



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN
Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE
HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN, PARA POSIBLE
INTERVENCIÓN PREVENTIVA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Richard Saenz Alva

Asesor:

Ing. Omar Tello Malpartida

Lima – Perú

2016

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Richard Saenz Alva**, denominada:

**“LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239
CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL
ANCÓN, PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA”**

Ing. Omar Tello Malpartida
ASESOR

Ing. Gabriel Cachi Cerna
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Mardonio Euscatigue Asencios
JURADO

Ing. Fanny Rita Valdivieso García
JURADO

DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar esta etapa tan importante en mi vida.

A la memoria de mi difunta abuelita, a mis padres quienes han sabido formarme como persona con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir siempre adelante.

A mi compañera Sonia, por su invaluable apoyo.

A mis Hijos Sofía, Mel y Máximo, por su paciencia, por su comprensión y por haber sufrido las consecuencias de mi desatención debido a los estudios en esta etapa de mi existencia. Los animo a mantener una visión de éxito en sus vidas, mediante el estudio continuo y la práctica de los valores.

A todos aquellos que apoyaron de alguna manera en la terminación de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Agradecerle a Dios por bendecirme y permitirme llegar hasta donde he llegado, gracias porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE por darme la oportunidad de estudiar en sus aulas y culminar otra carrera profesional en Ingeniería en el atardecer de mi vida.

A mis profesores durante toda mi carrera profesional a todos ellos por su esfuerzo y dedicación, quienes con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación han logrado que pueda terminar mis estudios con éxito.

En especial a mis profesores por sus consejos, su enseñanza y sobre todo por su calidad humana y capacidad profesional.

Un agradecimiento especial a mis amigos y compañeros de trabajo por su apoyo incondicional, por las oportunidades y calidad humana, a todos ellos por confiarme el manejo de sus proyectos y obras todos estos años en los que juntos fuimos creciendo y me han motivado durante mi formación profesional.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las quienes me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí vida, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

ÍNDICE

APROBACIÓN DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO 1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.1. Delimitación de la investigación	10
1.1.1. Social:	10
1.1.2. Espacial:	10
1.1.3. Temporal:.....	11
1.2. Formulación del problema y su Justificación.....	11
1.2.1. Problema general:.....	11
1.2.2. Problemas específicos:.....	11
1.2.3. Justificación:	11
1.3. Limitaciones:	14
1.4. Objetivos	14
1.4.1. Objetivo General.....	14
1.4.2. Objetivos Específicos.....	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes:	15
2.2. Bases Teóricas:.....	26
2.2.1. Conservación general y específica:	26
2.2.2. Acciones que afectan la durabilidad del concreto	28
2.2.3. Aparatos de apoyo:.....	29
2.2.4. Capacidad de Carga:	30
2.2.5. Carbonatación:.....	30
2.2.6. Corrosión en el Concreto Armado:.....	34
2.2.7. Desprendimientos:	35
2.2.8. Drenaje e impermeabilización:.....	35
2.2.9. Eflorescencias:.....	36
2.2.10. Fisura:.....	36
2.2.11. Infiltración:.....	37
2.2.12. Inspecciones:.....	37
2.2.13. Losa de aproximación:.....	38

2.2.14.	<i>Prueba de carbonatación:</i>	39
2.2.15.	<i>Prueba del esclerómetro (Martillo de Rebote) ASTM C 805:</i>	40
2.2.16.	<i>Principales partes de un Puente:</i>	42
CAPÍTULO 3.	HIPÓTESIS	46
3.1.	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	46
3.1.1.	<i>Hipótesis</i>	46
3.1.2.	<i>General</i>	46
3.1.3.	<i>Específicas</i>	46
3.1.4.	<i>Operacionalización de variables</i>	47
CAPÍTULO 4.	INVESTIGACIÓN	48
4.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	48
4.1.1.	<i>Investigación Documental:</i>	48
4.1.2.	<i>Investigación de Campo:</i>	48
4.1.3.	<i>Material de Estudio.</i>	48
	<i>Unidad de estudio:</i>	48
	<i>Población:</i>	49
	<i>Muestra: 49</i>	
4.1.4.	<i>Técnicas, procedimientos e instrumentos Para recolectar datos.</i>	49
4.2.	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN:	50
4.3.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y RESULTADOS	53
4.4.	EJECUCIÓN DE LA INSPECCIÓN	53
4.4.1.	<i>Inspección de la Superficie y equipamiento:</i>	55
4.4.2.	<i>Inspección de la Subestructura:</i>	57
4.4.3.	<i>Inspección de la Superestructura:</i>	61
4.5.	INFORMES DE INSPECCIÓN	62
CAPÍTULO 5.	RESULTADOS	63
5.1.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DEL PUENTE SOBRE EL RIO CHILLÓN	63
5.1.1.	<i>Superficie y Equipamiento</i>	63
5.1.2.	<i>Subestructura</i>	65
5.1.3.	<i>Superestructura</i>	67
5.2.	EVALUACIÓN LAS PATOLOGÍAS ENCONTRADAS EN EL PUENTE SOBRE EL RIO CHILLÓN	68
5.2.1.	<i>Evaluación de la inspección de la superficie y equipamiento</i>	68
5.2.2.	<i>Evaluación de la inspección de la Subestructura:</i>	71
5.2.3.	<i>Evaluación de la inspección de la Superestructura</i>	72
5.2.4.	<i>Ubicación de las patologías observadas, en el mapa de daños del puente</i>	
	<i>Chillón</i>	73
5.2.5.	<i>Mapa de daños</i>	94
5.2.6.	<i>Ensayos No Destructivos</i>	95
5.3.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO	105
5.3.1.	<i>Acciones Físicas</i>	106
5.3.2.	<i>Acciones Mecánicas</i>	107
5.3.3.	<i>Acciones Químicas</i>	108
5.3.4.	<i>Prueba del esclerómetro</i>	109

5.3.5.	<i>Prueba de carbonatación</i>	109
5.3.6.	<i>Espesor de recubrimiento</i>	110
5.4.	PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	111
5.4.1.	<i>Superficie y equipamiento</i>	111
5.4.2.	<i>Subestructura</i>	113
5.4.3.	<i>Superestructura</i>	113
5.4.4.	<i>Recomendaciones adicionales</i>	114
5.5.	EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO Y SOCIAL	115
5.5.1.	<i>Efectos directos</i>	115
5.5.2.	<i>Efectos indirectos</i>	116
CAPÍTULO 6.	CONCLUSIONES	121
CAPÍTULO 7.	RECOMENDACIONES	123
CAPÍTULO 8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
ANEXOS	128

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 - Avance 1era Etapa al 07.03.2016	18
Tabla 2 - Inversiones: 2012-2020	19
Tabla 3 - Operacionalización de Variables	47
Tabla 4 - Resultados de Esclerómetro en Estribo E1- PCH	95
Tabla 5 - Resultados de Esclerómetro en Estribo E2- PCH	96
Tabla 6 - Resultados de Esclerómetro en Pilares Interiores	96
Tabla 7 - Resultados de Esclerómetro en Pilares Exteriores	97
Tabla 8 - Resultados de Esclerómetro en Vigas y Riostras Lado Derecho	98
Tabla 9 - Resultados de Esclerómetro en Vigas y Riostras Lado Izquierdo	98
Tabla 10 - Resultados de Esclerómetro en Losa Maciza Lado Izquierdo	99
Tabla 11 - Resultados de Esclerómetro en Losa Maciza Lado Derecho	99
Tabla 12 - Profundidad de Carbonatación	101
Tabla 13 - Exposición de la estructura del Puente	105
Tabla 14 - Comparación de la Resistencia a la compresión del Concreto Reforzado	109
Tabla 15 - Comparación profundidad de Carbonatación Vs la del Acero de Refuerzo	110
Tabla 16 - Costos totales de construcción del nuevo Puente Chillón	116

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 01 - Formato de toma de datos: Cauce del Rio	74
Cuadro N° 02 - Formato de toma de datos: Cauce del Rio	75
Cuadro N° 03 - Formato de toma de datos: Juntas	76
Cuadro N° 04 - Formato de toma de datos: Juntas	77
Cuadro N° 05 - Formato de toma de datos: Veredas	78
Cuadro N° 06 - Formato de toma de datos: Veredas	79
Cuadro N° 07 - Formato de toma de datos: Barandas	80
Cuadro N° 08 - Formato de toma de datos: Barandas	81
Cuadro N° 09 - Formato de toma de datos: Drenaje	82
Cuadro N° 10 - Formato de toma de datos: Drenaje	83
Cuadro N° 11 - Formato de toma de datos: Pilares	84
Cuadro N° 12 - Formato de toma de datos: Pilares	85
Cuadro N° 13 - Formato de toma de datos: Pilares	86
Cuadro N° 14 - Formato de toma de datos: Tablero	87
Cuadro N° 15 - Formato de toma de datos: Tablero	88
Cuadro N° 16 - Formato de toma de datos: Vigas	89
Cuadro N° 17 - Formato de toma de datos: Vigas	90
Cuadro N° 18 - Formato de toma de datos: Vigas	91
Cuadro N° 19 - Formato de toma de datos: Vigas	92
Cuadro N° 20 - Formato de toma de datos: Vigas	93
Cuadro N° 21 - Prueba del Carbonatación en Pilar P7 – PCH, lado Norte	102
Cuadro N° 22 - Prueba del Carbonatación en Pilar P4 - PCH, lado Sur	103
Cuadro N° 23 - Prueba del Carbonatación en Estribo E2 - PCH, lado Norte	104

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Colapso del puente Topara el 16.07.2015	13
Figura 2 - Colapso del puente de la Av. Universitaria el 23.02.2013	13
Figura 3 - Colapso del puente Interestatal 35W Minnesota EE.UU. el 01.08.2007	17
Figura 4 - Estado situacional de los puentes en el Perú	21
Figura 5 – Ubicación del puente Chillón en la carretera concesiones	22
Figura 6 - Mapa vial del Perú: Carreteras de concesiones otorgadas y en proceso	23
Figura 7 - Situación de los puentes en las carreteras concesionadas	24
Figura 8 - Diseño Geométrico vial urbano del Puente Chillón	26
Figura 9 – Esquema de carbonatación	31
Figura 10 – Vida útil del concreto armado	34
Figura 11 - Corrosión del acero en viga transversal del puente Chillón	35
Figura 12 - Muestra No carbonatada	39
Figura 13 - Muestra carbonatada	39
Figura 14 - Posición correcta del esclerómetro	40
Figura 15 – Vigas longitudinales y transversales del puente Chillón	45
Figura 16 - Mapa de daños	94
Figura 17 - Prueba del esclerómetro en Estribo E1-PCH	100
Figura 18 - Prueba del esclerómetro en Pilar P4-PCH	100
Figura 19 - Consecuencias socioeconómicas del colapso de un puente	120

RESUMEN

El estudio consiste en una evaluación preliminar de la estructura del puente ubicado sobre el río Chillón en el km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte, con el Objetivo de verificar si la evaluación preliminar del Puente Chillón determina su intervención preventiva, a fin de mantener las condiciones de transitabilidad y serviciabilidad, asegurando su funcionalidad y garantizando el abastecimiento de la ciudad de Lima a través de los valles de la costa Norte y Oriente del país.

La primera etapa tuvo como propósito la recolección de la información necesaria para lograr un análisis eficiente y cumplir los objetivos del estudio. Se identificó, localizó y caracterizó las patologías presentes en el puente, con el objeto de diagnosticar el estado actual de la estructura del puente desde el punto de vista ingenieril.

La segunda parte del estudio consistió en una revisión bibliográfica, con el fin de proponer recomendaciones para la rehabilitación de la estructura en general. Esto se hizo a partir de los resultados obtenidos en la primera parte del estudio y de las recomendaciones que se encontraron en la literatura para cada problema estructural encontrado.

Para la recolección de información, se registraron los datos referidos al macroclima, microclima, humedad relativa, temperatura, dimensiones generales, etc.; Se realizaron ensayos no destructivos a la estructura tales como prueba de carbonatación, espesor de recubrimiento y prueba del esclerómetro (se utilizó el del laboratorio de la UPN). La estructura del puente se caracterizó a través de la inspección visual detallada y los registros fotográficos tomados en campo, acorde a las recomendaciones que brindó el asesor luego de la inspección preliminar.

La recolección de la información para la evaluación preliminar de la estructura se hizo bajo las recomendaciones hechas por la Guía para Inspección de Puentes del MTC, complementándola con el formato de tomas de datos propuesta.

Identificados y jerarquizados los puntos claves para el estudio, se procedió con la inspección visual detallada. En esta etapa se hizo una evaluación minuciosa de la estructura del puente, caracterizando las patologías a través de la observación

y pruebas no destructivas tales como prueba de carbonatación, espesor de recubrimiento y prueba del esclerómetro.

Las fotografías donde se apreciaban con mayor detalle los daños se utilizaron para llenar los formatos de tomas de datos, que sustentan la validez de la presente tesis.

Con los resultados obtenidos de la inspección visual detallada se hizo un levantamiento detallado de todas las patologías halladas en el estudio, los cuales tienen indicaciones precisas sobre el nivel de daño, características físicas, tipo de patología, etc.

Posteriormente, se realizaron los ensayos no destructivos antes mencionados que arrojaron los resultados mostrados en el análisis de resultados, y que sirvieron para determinar la resistencia, profundidad de carbonatación y espesor de recubrimiento de los componentes estructurales del puente.

Palabras Clave: Evaluación preliminar de puentes; Intervención de Puentes, Patologías en puentes; Ensayos no destructivos; Carbonatación del concreto; Esclerómetro.

ABSTRACT

The study consists in an evaluation preliminary of its structure of the bridge located on the river squeaky in the km. 24 239 of its road Pan American North, with the objective of check if its evaluation technical of the bridge squeaky determines its intervention, in order keep them conditions of trafficability and serviciabilidad, ensuring its functionality and guaranteeing the supply of its city of Lima through them valleys of the coast North and East of the country.

The first stage had as purpose the collection of the information necessary to achieve an analysis efficient and meet them objectives of the study. Are identified, located and characterized the pathologies present in the bridge, to diagnose the State current of the structure of the bridge from the point of view engineering.

The second part of the study consisted in a review bibliographic, to propose recommendations for the rehabilitation of the structure in general. This was done from the results obtained in the first part of the study and the recommendations that were found in the literature for each structural problem found.

For the collection of information, register data concerning to the macroclimate, microclimate, relative humidity, temperature, overall dimensions; Is conducted trials not destructive to the structure such as test of carbonation, thickness of coating and proof of the sclerometer (is used the of the laboratory of the UPN). The structure of the bridge is characterized through the inspection visual detailed and them records photographic taken in field, according to the recommendations that provided the Advisory after the inspection preliminary.

The collection of the information for the evaluation technical of the structure is made low them recommendations made by the Guide for inspection of bridges of the MTC, complementing it with the format of taking of data proposed.

Identified and hierarchical them points key for the study, they proceeded with the inspection visual detailed. A thorough assessment of the structure of the bridge, characterizing the pathologies through observation and nondestructive tests such as the test of carbonation, coating thickness and sclerometer test was made at this stage.

Photographs where as reflected in greater detail the damage were used to fill formats of taking of data, supporting the validity of this thesis.

With the results of detailed visual inspection was made a detailed survey of all the diseases found in the study, which have precise information on the level of damage, physical characteristics, type of Pathology, etc. subsequently, were the aforementioned non-destructive testing that threw the results shown in the analysis of results, and which served to determine the resistance Carbonation depth and thickness of coating of the structural components of the bridge.

Key words: Evaluation preliminary of bridges; Intervention of bridges, Pathologies in bridges; Non-destructive testing; Carbonation of the concrete; Sclerometer.

CAPÍTULO 1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.

Ámbito Internacional:

La infraestructura vial constituye un medio muy importante para generar progreso y asegurar el bienestar económico y social de los habitantes de un país, al permitir la transitabilidad e interconexión entre las principales ciudades y los centros de abastecimientos de productos agroindustriales. En ese sentido, es necesaria una correcta evaluación de los puentes para su adecuada conservación y serviciabilidad. (Varum Amorin, Fernandes, Nuñez, & Santos, 2007). Toda vez que en muchos casos, los Puentes son los componentes más vulnerables de una carretera, ya que frecuentemente son los elementos que influyen en que la continuidad del servicio de transporte se efectúe en forma permanente y segura, favoreciendo en general un apropiado funcionamiento del Sistema Nacional de Carreteras de un País.

El mundo de hoy requiere de diseños estructurales más realistas desde el punto de vista de durabilidad. Es menester tener claro como el medio ambiente, el aumento de las cargas y los fenómenos naturales afectan a las estructuras para así maximizar su vida útil y economizar en costos de mantenimiento y/o rehabilitación asegurando la integridad de las personas. (Bustamante Peña & Gonzales Morales, 2014).

Evaluar y diagnosticar, son los pasos más importantes en la evaluación de cualquier estructura de puentes, toda vez que al tener un adecuado diagnóstico del problema se le dará una correcta solución a las patologías causantes del problema y se definirá la intervención necesaria (Bustamante Peña & Gonzales Morales, 2014).

El desarrollo socioeconómico y social de un país está directamente relacionado con el estado de su infraestructura vial. La falla de un puente trae como consecuencia la interrupción total del flujo de pasajeros y bienes, generando

incalculables pérdidas materiales y sociales mientras se restituye el flujo vehicular (García Giraldo, Ospina Giraldo, & Graciano Gómez, 2014).

En la revista Ingeniería Solidaria, de ediciones Universidad Cooperativa de Colombia, los autores manifiestan que:

El desarrollo de las principales naciones está relacionado directamente con el buen funcionamiento de su infraestructura vial. Dentro de esta infraestructura, los puentes son elementos fundamentales para el normal flujo vehicular dentro de una malla vial. El cierre de una vía causa un colapso económico y social para una región por el deterioro generado en sus productos fruto de los taponamientos provocados por el derrumbe de los puentes y cierres en sus principales corredores viales, generando cuantiosas pérdidas económicas a sus habitantes y el detrimento a las finanzas públicas. El escaso mantenimiento que se realiza al sistema estructural del gran porcentaje de los puentes en el territorio colombiano aumenta la probabilidad de deterioro en su estructura y la generación de cierres parciales de la vía o el colapso del puente en casos extremos. (García Giraldo, Ospina Giraldo, & Graciano Gómez, 2014).

Los puentes forman parte principal de las obras de la infraestructura vial de un País, y por ende los objetivos de la Ingeniería, son asegurar su conservación, funcionamiento, serviciabilidad y seguridad. (Muñoz Díaz & Gómez Villasante, 2013).

El deterioro de puentes ocurre comúnmente debido a una amplia variedad de factores patológicos, con origen en cargas de tráfico inesperados, los impactos ambientales de vehículos, movimientos de tierra, ataque de cloruros, carbonatación efecto, la falta de mantenimiento, la degradación de los sistemas de drenaje, la calidad del pavimento etc. (Varum Amorin, Fernandes, Nuñez, & Santos, 2007). Todos estos factores externos deben ser tomados en cuenta en la evaluación preliminar de un puente.

En el año 2007, en Europa se publicó en el artículo científico “Common pathologies in RC bridge structures: a statistical analysis”, un estudio y análisis estadístico de las patologías más comunes en las estructuras de puentes, su origen y consecuencias, de forma tal que un total de 85 puentes de concreto

representativos de Portugal fueron analizados con tres objetivos principales: 1. Identificar las patologías más frecuentes presentadas en puentes. 2. Los componentes del puente que mayor grado de afectación tuvieron. 3. Las posibles causas de las patologías. Luego de cumplir sus objetivos procedieron a comparar con un estudio similar realizado a cerca de 100 puentes en Alemania. (Varum Amorin, Fernandes, Nuñez, & Santos, 2007).

Entre los resultados de esta comparación se estipuló dividir las patologías en dos grupos, en relación a si afectan o no los principales componentes estructurales del puente. En ambos estudios, se hizo evidente un número significativo de patologías análogas que traen consecuencias no solo estéticas en algunos componentes estructurales del puente, sino también efectos negativos ante la seguridad a largo plazo de la estructura. En este estudio se evidencia una falta de propuestas de intervención solo se encargan de identificar las patologías más comunes y las consecuencias a largo plazo para la estructura. (Varum Amorin, Fernandes, Nuñez, & Santos, 2007).

De ahí en adelante las universidades europeas han incursionado mucho más en el tema de patologías y rehabilitación de puentes, para el año 2010 la Universidad Politécnica de Catalunya publicó una tesis de máster (Valenzuela Saavedra, 2010), donde se proponía la intervención a puentes que presentan socavación grave. La limitación encontrada en este estudio, es la falta de análisis a otros agentes que igualmente influyen en el deterioro de la estructura.

Valenzuela concluye:

Con el presente estudio se comprueba la factibilidad de realizar un refuerzo mediante el cambio del esquema estático de puentes de largo medio de vigas continuas de concreto armado, utilizando para ello un arco atirantado con péndolas network en colaboración con péndolas verticales. Se entrega una nueva alternativa de refuerzo para puentes que presenten graves problemas de socavación o daño importante en

sus pilares, gracias a la posibilidad de eliminación de ellas. (Valenzuela Saavedra, 2010).

Como limitación en este estudio se identifica que solo se evidencia una intervención a puentes que presentan graves daños en sus pilares, implementando un sistema adicional de arco atirantado con dos tipos de péndolas, lo que lo hace una solución compleja y costosa.

En Brasil, en los últimos años se ha tenido varios adelantos en la evaluación y diagnóstico patológico de puentes, en el 2011 se llevó a cabo un estudio patológico de 4 puentes de gran importancia para esta región, el título de la investigación se define como "Identification and analysis of pathologies in bridges of urban and rural roads" (Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales). En la Universidad Estadual de Campinas, Brasil donde los investigadores plantearon evaluar las condiciones de conservación de puentes pequeños y medianos en la región urbana y rural de Campinas (SP)-Brasil. Se basaron en el estudio de cuatro puentes de esta región, presentando varios ejemplos sobre el terreno de las manifestaciones e identificaciones patológicas en puentes de concreto, acero y madera. (Tadeu Mascia & Lenz Sartorti, 2011).

Entre los resultados del estudio se observó que:

Existen puentes en Brasil con inadecuadas condiciones para el tráfico vehicular, esto confirmado por las patologías serias encontradas en las estructuras. Se sugirió que para cada uno de los puentes que presenten patologías graves, las entidades públicas deberían presentar soluciones inmediatas y viables. Y por último se concluyó que la prevención es la mejor manera de evitar y reducir condiciones patológicas. "La mantención preventiva es apoyada no sólo por un correcto diseño o apropiada implementación de acuerdo a parámetros de calidad, sino también por un programa de mantención estructural". (Tadeu Mascia & Lenz Sartorti, 2011).

En Ecuador, el sábado 28 de mayo del 2015 colapso el puente de concreto armado que une al cantón Baba con la parroquia Isla de Bejucal, a la altura del sector El Mango, y dejó incomunicadas a más de diez mil personas. La caída de este puente se dio como consecuencia de "la socavación de uno de sus estribos provocando un asentamiento súbito de dos metros de profundidad", lo cual afectó la

estructura. El colapso de este viaducto bloquea el paso por la carretera entre la cabecera cantonal de Baba e Isla de Bejucal. Además, esta vía es la utilizada para camiones que realizan recorridos entre Guayaquil y Babahoyo o Quevedo. (Guerrero, 2015).

El evento mencionado trajo como consecuencia un impacto social y económico muy grande, el mismo que pudo haberse evitado si se tomaba en cuenta la Evaluación preliminar y el estudio de patologías en puentes realizado el año 2009, en el Puente Camarones sobre río Baba ubicado en la provincia de Los Ríos, donde se plantea una solución de problemas presentados con la instalación de sistemas estructurales en acero. Este grupo investigativo propuso tres alternativas de rehabilitación, la primera es la reparación de la superestructura mediante el reemplazo de las vigas pos-tensadas por vigas de acero, la segunda la sustitución del sistema estructural de armadura y tablero de concreto armado y la última la reparación de la superestructura mediante la sustitución de las vigas de concreto armado originales con vigas tipo cajón de acero y tablero ortotrópico (Duran Yamuza, 2009).

En Colombia no se ha incursionado a fondo en la evaluación, el análisis, el diagnóstico e intervención de patologías en puentes, una de las pocas investigaciones que sobresalen en el tema, es la realizada a un puente de arco localizado en la región del Alto Cauca.

En el informe se concluye:

La conservación, mantenimiento y restauración de los puentes, requiere un estudio sistemático y cuidadoso, lo que necesariamente implica una colaboración interdisciplinaria. En ese sentido, es necesario identificar, durante una etapa inicial, sus principales patologías mediante una adecuada Evaluación Técnica y considerar las causas de tales patologías. (Galindo Díaz & Paredes López, 2011).

Ámbito Nacional:

En nuestro país, el año 2012 el Ing. Jack López Acuña en un Boletín informativo de ASOCEM 2012, manifiesta que:

El sistema actual se caracteriza porque los estudios de pre inversión de los puentes los realizan personas no siempre con la debida experiencia o especialización, en consecuencia, elaboran proyectos inadecuados y que no responden a las normas técnicas vigentes. Ante esta realidad el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) debería pronunciarse de algún modo.

Hace pocos años las concesiones de carreteras importantes como las interoceánicas y la panamericana se han trabajado con técnicas tradicionales: es decir, según lo definido en los estudios de pre inversión se reducía la longitud y profundidad de cimentación de los puentes para disminuir la inversión. Sin embargo, estas prácticas constituyen un error grave y perjudican al país, cuyas consecuencias negativas se comprobarán durante la ocurrencia de un sismo severo o el fenómeno de El Niño. Afortunadamente, también existen obras en las que se han aplicado los últimos adelantos de la ingeniería. Estas obras resultan funcionales, seguras, durables y con costos óptimos, manteniendo las condiciones de transitabilidad y accesibilidad, con menores costos operativos. (López Acuña, 2012).

Hay que señalar que para el diseño de puentes existen las normas respectivas, sin embargo no existen normas o metodologías, ni cursos o capítulos en las universidades que se dediquen a recomendar procedimientos, o normas para rehabilitar, reparar o reforzar puentes. Sin embargo existen esfuerzos que datan del año 2005, en que se está dando mayor importancia a los puentes, ya que antes no había normas, manuales, guías, ni especificaciones al respecto. (Montoya Ayasta, 2010).

En nuestro país, el puente Chillón, constituye una única alternativa de ruta a la Carretera Panamericana Norte, que permite la interconexión de los Valles del norte del país con la Ciudad de Lima, empleando la carretera Panamericana Norte, en el tramo en estudio. Esta vía permite abastecer permanentemente a la ciudad de Lima de productos agropecuarios provenientes de los valles del norte del país, así como también es el nexo entre los productos mineros que se exportan a

través del puerto del Callao, siendo además la única vía diseñada para este tipo de solicitud y uso. (MTC & Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2015).

El Plan de desarrollo concertado Lima metropolitana 2012-2025, aprobado por la ordenanza N° 1659 del 19 de febrero del 2013, considera que los problemas de articulación espacial entre la aglomeración urbana y varios recursos que se encuentran fuera de la ciudad como recursos en energía y recursos alimenticios han sido puestos en evidencia. Estos últimos provienen casi exclusivamente del exterior de la ciudad y el riesgo de dificultades de conexión entre Lima y Callao y el resto del país es muy alto en caso de terremoto de gran magnitud (carreteras agrietadas, deslizamientos que interrumpen las vías, colapso de puentes). (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2011).

En el 2011, se publicó el estudio SIRAD denominado: Recursos de Respuesta inmediata y de recuperación temprana ante la ocurrencia de un sismo y/o tsunami en Lima metropolitana y Callao, en el mismo se deja en evidencia que la vulnerabilidad estructural de los puentes evaluados técnicamente, entre ellos el puente Panamericana Norte sobre el río Chillón, se hizo mediante una inspección visual, sin aparatos ni equipos especiales. Para ello se recopilaron datos descriptivos de la estructura con un enfoque especial en las señales e indicios que permiten detectar rasgos en la fragilidad de la estructura. Los diferentes elementos a inspeccionarse fueron ordenados en tres grandes grupos: las cimentaciones, la superestructura y los dispositivos básicos de protección. (INDECI; PNUD; ECHO, 2011), lo cual indica que en nuestro país, puede darse en cualquier momento un evento como el sucedido en el Ecuador en mayo del 2015 (Guerrero, 2015), o lo ocurrido en nuestro país con la caída del puente Bolognesi de Piura durante el Fenómeno El Niño de 1998. La municipalidad fue advertida sobre la situación del puente en mención y las personas encargadas no tomaron la decisión. Lamentablemente, murió gente. (UDEP & Claudia Reto, 2013).

El 26 de febrero del 2016, tres puentes colapsaron en el sur del país, dejando aislados a los pobladores del distrito cuzqueño de Santa Teresa. (RPP Noticias, 2016). Así mismo la tarde del jueves 16 de julio del 2015, el puente Topara ubicado entre el límite de Cañete y Chincha, colapso por fallas estructurales (Peru21, 2015), hay que tener en cuenta que este puente fue inaugurado el año 2011, por lo que no se consideró una evaluación preliminar del puente oportuna. El sábado 20 de julio del 2013 el puente San Pedro en Lurín colapso por el paso de un camión cisterna (Laprensa, 2013), este puente tampoco contaba con una evaluación preliminar que hubiese alertado sobre su estado de solicitudes.

El Ing. Civil Luis Zegarra, profesor del Departamento de Ingeniería de la PUCP, afirma que el fenómeno de la socavación término por aflojar el apoyo de los cimientos del puente y en el caso del colapso del puente de la Av. Universitaria, fue el pilar del centro el que cedió, este no ha sido un problema del peso de la carga, la causa es el agua. Así mismo concluye que: “los puentes en Lima necesitan mantenimiento y con seguridad puedo decir que no se les da la atención necesaria”. (PUCP, 2013).

En la Revista PERUVIAS Edición 25 publicada en septiembre del 2015, el Ing. Luis Taipe Silva vocero de Provias Nacional, explica que en el año 2003 se tenía el Sistema Computarizado de Administración de Puentes (SCAP), el cual fue dejado de lado en ese entonces, siendo que a septiembre del 2015 la Oficina de Planeamiento Institucional, viene desarrollando el SCAP, para hacer un monitoreo constante de los puentes, el mismo que se encuentra en evaluación y actualización para hacerlo más amigable para todos los usuarios. (Robles Vives, 2015) , es decir 12 años después recién están empezando a aprender el manejo del programa.

El estado de los puentes en nuestro país requiere de un trabajo que necesita del compromiso verdadero de las autoridades a fin de mantener su operatividad. Por ende se debe impulsar con gran empeño la ejecución de los proyectos que permitan su reparación, mantenimiento y/o reposición. Es por tanto

muy necesario que se implemente un programa de especialización de los profesionales que están encargados de la ejecución y elaboración de los proyectos de puentes. (Robles Vives, 2015).

Las condiciones de los puentes de la Red Vial Nacional varían considerablemente. La mayoría de las estructuras con más de cincuenta años de uso, sufren daños por falta de un mantenimiento adecuado, más que por su antigüedad. Varias estructuras presentan un estado crítico con respecto a su estabilidad estructural y capacidad de carga. Los puentes también se ven afectados, por las sobre cargas, influencia del ambiente, fenómenos naturales como terremotos e inundaciones, lo que origina su deterioro. (MTC; Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2006).

El fenómeno climático conocido como “El Niño” es el factor de la naturaleza que más afecta la condición de la Red Vial Nacional, generando grandes precipitaciones e inundaciones que, frecuentemente, ocasionan altas pérdidas económicas y sociales, las que se reflejan en pérdidas en la infraestructura, en la producción y en la actividad económica general del Perú. Dicho fenómeno se repite periódicamente en forma intensa. El más reciente y con consecuencias funestas ocurrió el año 1998; en dicha ocasión muchas estructuras de puentes fueron afectadas. (MTC; Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2006).

Ámbito Local:

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene plena conciencia de los problemas aquí indicados, y ha considerado necesario, a través de las Políticas de Gestión de la Infraestructura Vial, tomar medidas para mejorar la condición de los niveles de seguridad y de servicio de la red vial, incluyendo los puentes. (MTC; Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2006). De allí la importancia que reviste la necesidad de contar con un instrumento que nos oriente y que nos sirva como guía para la evaluación preliminar de los puentes de la Red Vial

nacional, permitiéndonos conocer el estado actual de dichas estructuras, para determinar si es necesaria su intervención preventiva.

Este es justamente el tema principal de la presente Tesis, la evaluación preliminar del Puente Chillón, ubicado en la progresiva Km. 24+239 de la Carretera Panamericana Norte - Lima, para determinar su intervención preventiva, toda vez que en la actualidad, esta vía de comunicación viene soportando una carga muerta no contemplada en su diseño original (1954) lo que conlleva a que su capacidad pueda colapsar, además los fenómenos sociales de la zona pueden no permitir una serviciabilidad y transitabilidad continua, lo que ocasionaría pérdidas económicas y congestionamiento en la carretera. Es por ello que se ve la necesidad de plantear un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de ser el caso, para asegurar el funcionamiento permanente de las carreteras de alto volumen de tránsito, y así alcanzar niveles razonables de transitabilidad, a fin de que el transporte se efectúe en forma eficiente y seguro.

1.1. Delimitación de la investigación

1.1.1. Social:

Comprende a todo el sistema comercial de Lima Norte, cuya entrada de mercadería se da por esta única vía de acceso a ciudad, así como también el transporte interprovincial, e interdistrital que utilizan esta vía en el tramo en estudio, comprende también a todos los pobladores que se vean afectados por la falta de servicio del Puente Chillón. En otras palabras toda la zona de influencia del puente.

1.1.2. Espacial:

El puente en estudio se encuentra ubicado sobre el río Chillón, en el Km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte, distrito de Puente Piedra, provincia de Lima, departamento de Lima. Latitud: -11.9178, Longitud: -77.0736.

1.1.3. Temporal:

El estudio se inició en el primer semestre del 2014, culminándose en diciembre del mismo año como trabajo del curso de Tesis. Durante el año 2015 y el primer semestre del 2016 se amplió y actualizó el contenido del mismo al profundizar la investigación e incorporar los ensayos no destructivos, por lo que el trabajo final difiere con la propuesta planteada inicialmente en la forma mas no en el fondo, lo que permitió consolidar el trabajo final el mismo que se terminó en octubre del 2016.

1.2. Formulación del problema y su Justificación.

1.2.1. Problema general:

¿De qué manera, la evaluación preliminar del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich – intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva?

1.2.2. Problemas específicos:

- ¿De qué manera la resistencia actual del concreto del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich – intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva?
- ¿De qué manera el nivel de carbonatación del concreto del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich – intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva?
- ¿De qué manera los factores externos del concreto del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich – intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva?

1.2.3. Justificación:

Tomando como base los datos descritos en la realidad problemática, se puede observar que en todo el planeta han colapsado puentes de todo tipo, con algunas causas y consecuencias similares a los puentes del Perú. Como

consecuencia de ello, algunos países han tomado las correspondientes medidas correctivas y de prevención, mediante políticas claras de mantenimiento y conservación que pasan por una adecuada evaluación preliminar de los puentes, que finalmente se han traducido en sistemas de administración y gestión de puentes.

En el Perú han colapsado en forma total o parcial diversos puentes, lo cual se constituye en un problema que debe ser objeto de reflexión y análisis por parte de la ingeniería Nacional, Universidad, Colegio de Ingenieros y el Estado. Es urgente para nuestro país hacer una evaluación de sus principales causas, consecuencias y posibles soluciones, teniendo en cuenta que los efectos negativos que producen desde el punto de vista socioeconómico son realmente enormes, aquí deben converger las entidades públicas y privadas responsables de la administración como a los ingenieros que los diseñan y construyen.

En nuestro país, no ha existido, ni existe una política de planificación de conservación y reparación de puentes, una política seria que promueva la conservación de éstos, y en algunos casos no se tiene claro a qué entidad gubernamental le compete el mantenimiento periódico para conservarles sus buenas condiciones de transitabilidad y servicialidad.

Como sustento de lo descrito en el párrafo anterior tenemos que en la tarde del jueves 16 de julio del 2015, el puente Topara ubicado entre el límite de Cañete y Chincha, colapso por fallas estructurales (Peru21, 2015), hay que tener en cuenta que este puente fue inaugurado el año 2011, por lo que no se consideró una evaluación técnica del puente oportuna. Este puente tampoco contaba con una evaluación técnica preventiva, que hubiese alertado sobre su estado en tiempo real. (Ver fig. 1)



Figura 1: Colapso del puente Topara el 16.07.2015

Otro ejemplo de lo que no debe suceder es el caso del puente de la Av. Universitaria que colapso por la crecida del rio Rímac que socavo el pilar central la madrugada del 23 de febrero del 2013, donde se determinó, que la municipalidad de Lima y San Martín de Porres debieron preocuparse más por el cuidado del puente de la Av. Universitaria toda vez que por falta de cuidado y mantenimiento del puente de la avenida Universitaria provocó que la estructura colapsara. (Ver fig. 2).



Figura 2: Colapso del puente de la Av. Universitaria el 23.02.2013

1.3. Limitaciones:

El limitado acceso a la información de la base de datos que debería manejar el SCAP (Sistema Computarizado de Administración de Puentes).

La no existencia de normas o metodologías, ni cursos o capítulos en las universidades que se dediquen a recomendar procedimientos, o normas para rehabilitar, reparar o reforzar puentes. (Montoya Ayasta, 2010)

La no actualización de la “Guía para la Inspección de Puentes”, la cual debe ser actualizada para servir como una buena herramienta para iniciar un largo pero necesario trabajo de identificación de los problemas por atender a nivel nacional. (Flores Tantalean, 2011).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Explicar de qué manera, la evaluación preliminar del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich – intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Explicar de qué manera la resistencia actual del concreto del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich – intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva.
- Explicar de qué manera el nivel de carbonatación del concreto del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich – intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva.
- Explicar de qué manera los factores externos del concreto del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich – intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes:

Ámbito Internacional:

Los Puentes constituyen una infraestructura de conectividad estratégica, cuya intervención se debe programar para dar respuesta a las nuevas exigencias de crecimiento y desarrollo del País, incremento de cargas, tránsito seguro de vehículos y peatones (sobre todo en zonas aledañas a las urbes o centros poblados), distancias adecuadas de visibilidad en los accesos y la estructura, entre otros. (Provias Nacional - MTC & Vargas Avendaño, 2012).

(Cusba Morales, 2011) En su tesis “Estudio de las causas y soluciones estructurales del colapso total o parcial de los puentes vehiculares de Colombia desde 1986 al 2011, y la evaluación de las consecuencias del derrumbamiento de uno de ellos”, plantea el problema: ¿Conocemos verdaderamente las principales causas y consecuencias que han originado el colapso de los puentes vehiculares en Colombia desde el año de 1986 hasta la fecha y sus correspondientes soluciones?, teniendo en cuenta que se siguen presentando colapsos de este tipo de estructuras, por problemas de daños importantes sobre este tipo de estructuras relacionados con socavación, deficiencias estructurales, entre otros. Por la problemática antes mencionada, el INVIAS está haciendo labores de inspección, mantenimiento y rehabilitación basados en la metodología del Sistema de Administración de Puentes de Colombia – SIPUCOL, la cual ha evitado algunos colapsos, pero que se debe complementar e innovar para que no se sigan presentado este tipo de desastres.

El estudio concluyó lo siguiente: Se encontró que la principal causa por la cual colapsaron los puentes en Colombia en el período comprendido de 1986 hasta 2011 fue por crecientes y avalanchas 41%, seguido por socavación 35%, deficiencias estructurales y de diseño 15%, sobrecarga e impacto 7% y deficiencias en la construcción e interventoría 2%.

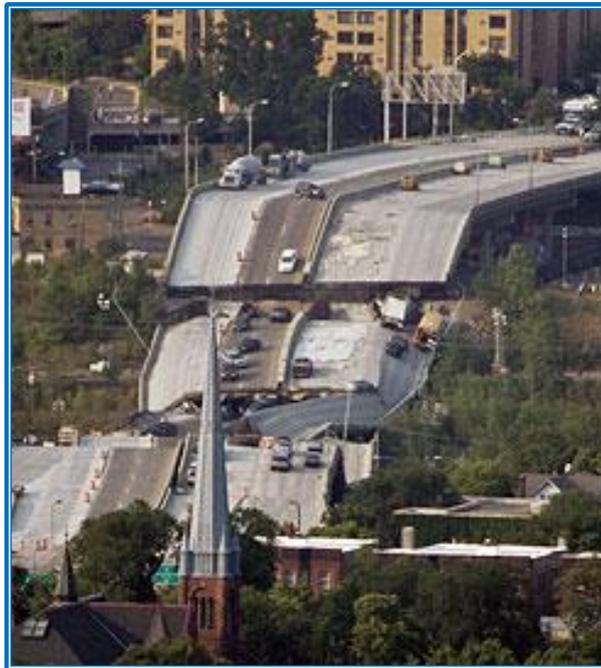
Como la causa principal del colapso de los puentes está relacionada con avalanchas, crecientes, es prioritario que las entidades administradoras de la infraestructura vial efectúen una evaluación general del efecto de la socavación de las estructuras más importantes, localizadas en los ríos con mayores caudales y posibilidades de socavación teniendo en cuenta la crisis invernal que se ha producido recientemente en el País. Además, estas entidades deben exigir a las empresas consultoras encargadas del diseño la realización de estudios hidrológicos, hidráulicos y de socavación detallados y técnicamente sustentados, que tengan como mínimo los aspectos recomendados por el Invías.

En Colombia la mayor parte de la carga pesada se transporta por vía terrestre. Ante este panorama, se sugiere reglamentar, en coordinación con las concesiones, un sistema más eficiente de control de pesos de los vehículos de carga, para evitar sobrecargas que puedan generar el colapso total o parcial de los puentes, y también para revisar la carga de diseño y de revisión de puentes que establece el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes.

Debido a que las empresas públicas son responsables de la continuidad y el mejoramiento de los programas de mantenimiento de puentes, es primordial que los programas que se hayan implementado tengan la continuidad y el apoyo económico permanente, para que sean eficientes en la solución definitiva del problema. En este sentido, ha sido importante el impulso y la continuidad que le ha dado el INVÍAS a esta área, a través de SIPUCOL y mediante las labores de inspección, mantenimiento y rehabilitación, que se vienen realizando constantemente cada año a los puentes de Colombia.

Por otro lado debemos mencionar que a raíz del trágico colapso el 01 de agosto del 2007 del Puente Interestatal 35W, en Minnesota (Estados Unidos), que cobró la vida de 13 personas y afectó directamente a otras 144, generó un caos por mucho tiempo en esta importante ciudad de Estados Unidos (Ver fig. 3), la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transportes

(AASHTO) publicó un reporte muy bien documentado sobre la situación y evaluación general de los puentes de Estados Unidos, incluyendo su proceso de restauración y reconstrucción. En este informe se puede ver que la realidad nacional y seguramente la de muchos países sobre la problemática en infraestructura vial incluyendo los puentes, salvando las grandes diferencias, presenta similitudes con la problemática de los Estados Unidos. (Flores Tantalean, 2011).



*Figura 3: Colapso del puente Interestatal 35W
Minnesota EE.UU. el 01.08.2007*

Ámbito Nacional:

El Programa Nacional de Puentes es una política del sector y forma parte de los programas estratégicos del gobierno del Perú. A través de este programa se proyectará la infraestructura de puentes que requiere el País, para su desarrollo económico, social y productivo. El objeto del programa es esbozar una misión para el desarrollo y fortalecimiento de una conectividad oportuna y segura de las carreteras de la Red Vial Nacional para el periodo 2012 - 2020. (Provias Nacional - MTC & Vargas Avendaño, 2012).

El desarrollo del Programa se está planteando en dos etapas, como sigue:

Primera Etapa: para el periodo 2012 – 2016

La Red Vial nacional en su primera etapa comprende el periodo 2012 - 2016, y considera la atención de 1,000 puentes en diversas intervenciones como sigue:

Se estima la instalación de 20 estructuras por Emergencia de puentes, ante el colapso de cualquier estructura en actual uso, de uno y dos carriles. Instalación de 630 puentes modulares de una vía, en reemplazo de puentes que son inapropiados (artesanales, estructuras antiguas).

Construcción de 250 puentes definitivos: Para aquellas estructuras que por su longitud y configuración requieran de estudios especializados.

Reinstalación de 50 puentes de segundo uso, retirados de Rutas Nacionales para su instalación en Rutas vecinales y departamentales.

Construcción de 50 puentes definitivos por Concesionarios.

Mantenimiento de puentes. (Provias Nacional - MTC & Vargas Avendaño, 2012). A la fecha se está por cumplir con el 100% de la primera Etapa con un avance del 86.5%.

Tabla 1

Avance 1era Etapa al 07.03.2016

DESCRIPCION	EJECUTADO (PVN)						SALDO PROGRAMADO A JULIO 2016 (PVN)	
	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL	MARZO A JUL 2016	TOTAL A JUL.2016
INSTALACIÓN DE PUENTES	24	56	68	134	25	307	231	538
Instalación de puentes modulares	24	56	68	134	25	307	231	538
CONSTRUCCIÓN DE PUENTES DEFINITIVOS	26	49	37	25	1	138	23	161
PIP puentes (Independientes)	1	3	3	6	0	13	3	16
Puentes en PIP de carreteras	25	46	34	19	1	125	20	145
Puentes por reemplazo concurso oferta*						0	178	0
TOTAL	50	105	105	159	26	445	254	699

Nota: Tomada de Provias nacional (2012)

Segunda Etapa: para el periodo 2016- 2020

En esta etapa se tiene programado atender 400 puentes en sus diferentes intervenciones. El programa contempla el desembolso total de

2,263'973,538.46 Soles, la distribución por periodo y concepto se observan en la Tabla N° 02: Inversiones: 2012-2020.

Así mismo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el año 2006 publicó la Directiva N° 01-2006-MTC "Guía para la Inspección de Puentes", la cual debe ser actualizada para servir como una buena herramienta para iniciar un largo pero necesario trabajo de identificación de los problemas por atender. (Flores Tantalean, 2011).

Tabla 2

Inversiones: 2012-2020

DESCRIPCION	UNI	CANT. TOTAL 2012-2020	Periodo 2012 -2016		Periodo 2016 - 2020		TOTAL
			CANT	INVERSION	CANT	INVERSION	
Emergencia de puentes							
Emergencia de puentes							
Puente modular de una via (51 mts)	Puente	10	10	12,600,000.00	-		12,600,000.00
Puente modular de doble via (51 mts)	Puente	10	10	22,000,000.00			22,000,000.00
Instalación de puentes modulares de una vía	Puente	780	630	422,826,923.08	150	100,673,076.92	523,500,000.00
Construcción de puentes definitivos	Puente	350	250	843,750,000.00	100	337,500,000.00	1,181,250,000.00
Reinstalación de puentes de segundo uso	Puente	100	50	30,000,000.00	50	30,000,000.00	60,000,000.00
Construcción de puentes en Concesiones	Puente	150	50	135,000,000.00	100	270,000,000.00	405,000,000.00
Mantenimiento de puentes	Puentes			15,000,000.00		15,000,000.00	30,000,000.00
FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL				29.623.538,46			
		1400	1000	1.510.800.461,54	400	753 173 076,92	2.263.973.538,46

Nota: Tomada de Provias nacional (2012)

En la Ingeniería vial, el mantenimiento de puentes y estructuras son unas de las actividades más importantes entre las que hay que realizar para llevar a cabo la conservación de una red de carreteras. Su objetivo final, como la de toda labor de conservación, es la del mantenimiento de todas las condiciones de servicio de la infraestructura en el mejor nivel posible. (Cusba Morales, 2011).

El mantenimiento de Puentes requiere la puesta en marcha de sistemas de gestión que permitan realizar un seguimiento, si es posible desde su puesta en servicio, de estas estructuras, con el objetivo de que alcancen el fin de su vida útil en adecuadas condiciones de funcionamiento y seguridad. Estos sistemas de gestión se basan en inventariar las estructuras y realizar una serie de evaluaciones preliminares e inspecciones de carácter periódico, programadas conjuntamente con las necesarias tareas de conservación, y en su caso los

trabajos de reparaciones, rehabilitaciones y refuerzos que puedan ser requeridos. (Cusba Morales, 2011).

En nuestro país, a fines del año 1998 se había concluido con el Estudio General de Puentes cuyas recomendaciones fueron aplicadas muy discretamente por la Dirección de Puentes. Los trabajos de la ex - Dirección de Puentes del MTC se orientaban a la construcción de puentes nuevos, a la atención de emergencias, y a rehabilitaciones de puentes de manera reactiva. (Provias Nacional - MTC & Vargas Avendaño, 2012).

En febrero del año 2003 Pro Vías Nacional, considera en su organización las funciones de Gestión de Puentes, sin reconocer las recomendaciones establecidas en el Estudio General de Puentes. Teniendo consolidada solo la Gestión de Carreteras, a través del Sistema de Gestión de Carreteras ROUTE 2000.

Paralelamente la inversión en los puentes lo realizaba la Unidad Gerencial de Estudios. Es decir:

- En el año 2003, se desconocía la cantidad de estructuras emplazadas en la Red Vial Nacional.
- El Sistema Computarizado de Administración de Puentes – SCAP (1996), no se utilizó por desconocimiento de su manejo.
- Se desconocía la metodología del SCAP para determinar indicadores que permiten establecer las acciones de Mantenimiento, Rehabilitación y Reemplazo en el tiempo de los puentes. (Provias Nacional - MTC & Vargas Avendaño, 2012).

Desde fines del año 2004 a través del área de mantenimiento de Puentes se da inició a la recuperación de la información de los puentes de la red vial nacional asfaltada (en ese entonces se contaba con 1086 puentes, 434 pontones y 89 cruces) y posteriormente con la implementación de los contratos de conservación por niveles de servicios de la red vial asfaltada (año 2009) se

consideró la actualización del estado situacional de cada una de las estructuras existentes. (Provias Nacional - MTC & Vargas Avendaño, 2012).

A esta información se sumó la procedente del inventario vial (métrica) realizado por la Dirección General Caminos y Ferrocarriles en el año 2011. De donde se desprende que el Perú, cuenta con aproximadamente 2,227 estructuras de Puentes en las carreteras de la Red Vial Nacional cuya longitud asciende a 23,072km que se distribuyen según la Figura 4. (Provias Nacional - MTC & Vargas Avendaño, 2012).

Se observa que el 24.83% de los puentes esta concesionado; mientras que el 75.17% No esta concesionado. Del total el 32.11% está bajo la supervisión del sistema nacional de Comunicaciones, Navegación y Vigilancia (CNS); solo el 2.15% está bajo la supervisión de EMAPE y el 40.91% se encuentra sin contrato.

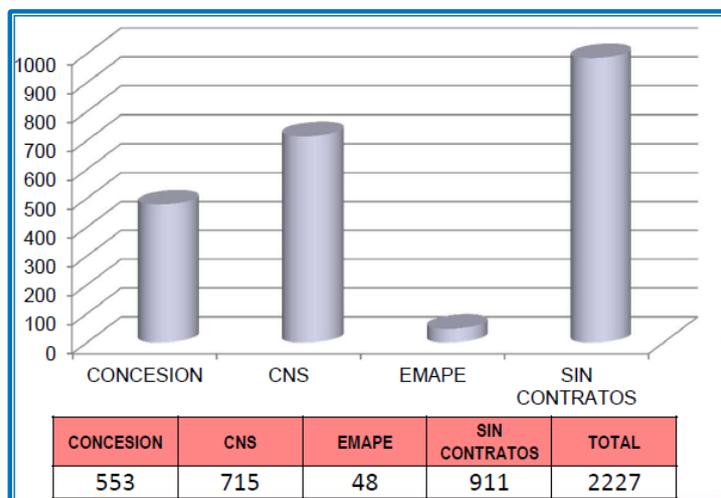


Figura 4: Estado situacional de los puentes en el Perú.

La distribución espacial se observa en la Figura 5, en la cual se tiene que el puente Chillón se encuentra dentro de la Red Vial 5 (color verde) que conecta el norte y el oriente del país con la ciudad capital a través de la Panamericana Norte utilizando el puente Chillón que es el único puente diseñado para el tipo de tráfico de carga pesada por el norte de la ciudad.

En la Figura 6 se tiene la ubicación del puente Chillón, dentro del contexto nacional.



Figura 5: Ubicación del puente Chillón en la Carretera concesionada.

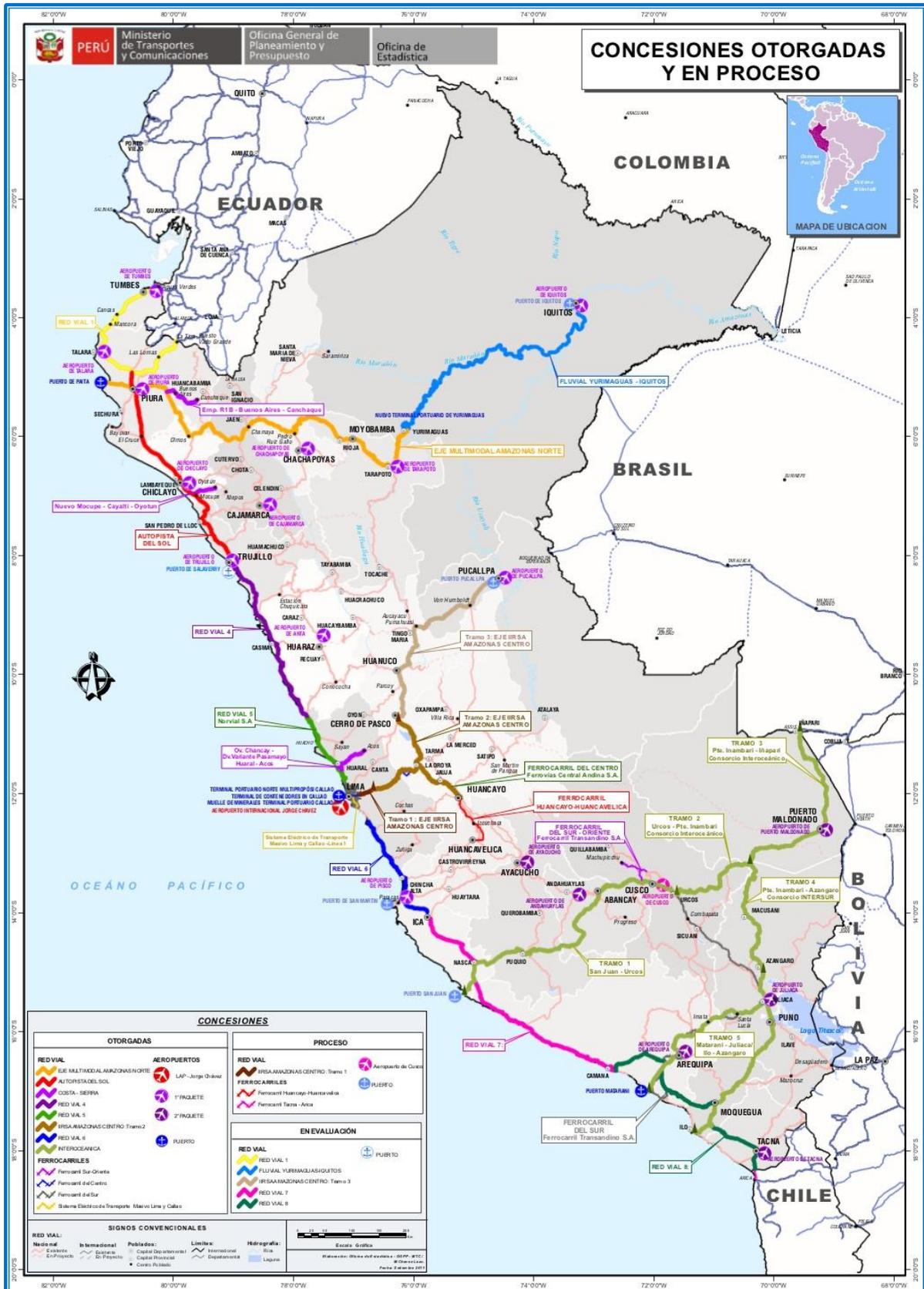


Figura 6: Mapa Vial del Perú: Carreteras de concesiones otorgadas y en proceso

En relación a las **carreteras concesionadas**, las estructuras de puentes que fueron construidos antes del final del siglo, están presentando diversos problemas, los mismos deben ser intervenidos para que se adapten a las actuales normas de diseño y de funcionalidad. (Provias Nacional - MTC & Vargas Avendaño, 2012). Cabe mencionar que el puente Chillón se encuentra dentro del tramo concesionado a rutas de Lima “Carretera Panamericana Norte Habich – Intercambio vial Ancón.

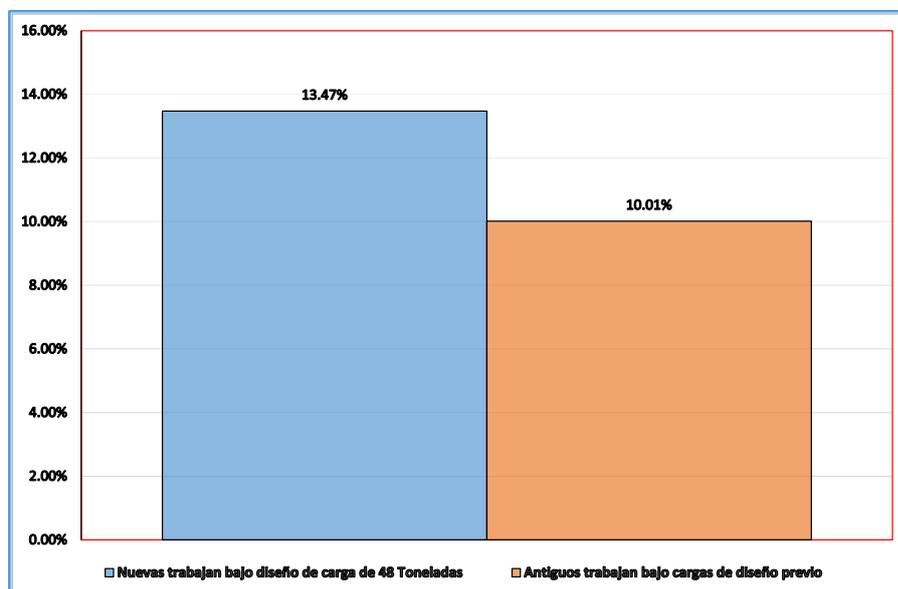


Figura 7: Situación de los puentes en las carreteras Concesionadas

Las diversas concesiones adjudicadas manejan 553 puentes, que representa el 24.83 % del total de 2,227 puentes, están en buen estado de conservación. De todas ellas 300 que representan el 13.47% del total, son nuevas, las cuales trabajan bajo un diseño de carga de 48 toneladas (según las exigencias de tráfico actuales) y el resto 223 puentes que representan el 10.01% del total, trabajan bajo cargas de diseño previas, (Ver fig. 7), siendo monitoreadas constantemente. (Provias Nacional - MTC & Vargas Avendaño, 2012). El Puente en estudio se encuentra dentro de esta clasificación, siendo que su construcción data del gobierno de Odría en 1954, es de suma importancia los resultados de este estudio.

La red vial nacional está constituida por carreteras pavimentadas y no pavimentadas. En relación a las carreteras pavimentadas, las estructuras de puentes que fueron construidos antes del final del siglo, están presentando diversos problemas, los mismos deben ser intervenidos para que se adapten a las actuales normas de diseño y de funcionalidad. La mayoría de las carreteras pavimentadas y no concesionadas fueron construidas hace mucho tiempo con normas de ese momento que consideraban en algunos casos la construcción de los puentes y las carreteras no pavimentadas por diversos motivos solo se habilitaban pases provisionales (puente de palos, badenes, etc.) los mismos que al transcurrir el tiempo se quedaron como definitivos. (Provias Nacional - MTC & Vargas Avendaño, 2012). Aquí, es necesario acotar, que se debe implementar una cultura de prevención de colapso de puentes en toda la Red Vial Nacional, toda vez que de darse las consecuencias socioeconómicas serán de gran impacto para nuestro país y sociedad.

Ámbito Local:

En nuestro país de acuerdo al Plan dentro del marco del programa Proyecto Perú del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se han firmado contratos con el fin de mejorar los niveles de serviciabilidad y transitabilidad en las Carreteras de la Red Vial Nacional y sus respectivos puentes. Así mismo se han realizado concesiones en los principales tramos de la Carretera Panamericana, entre ellos con el Consorcio Rutas de Lima en el tramo Panamericana Norte Habich – Intercambio Vial Ancón en la Red Vial 5.

Sin embargo tomando en cuenta el **Programa de Puentes “PRO – PUENTES 2012 – 2016”** de Provias Nacional – MTC. Se tiene que el Puente del Rio Chillón ubicado en la progresiva 24+239 de la Panamericana Norte, no está incluido, y no está incluido precisamente porque esta concesionado al consorcio Rutas de Lima. Dicho consorcio lo único que ha implementado como complemento del puente es 2 anillos como acceso a la Panamericana Norte en las dos direcciones Norte –Sur y Sur-Norte (Ver Figura 8).



Figura 8: Diseño Geométrico Vial Urbano del Puente Chillón

Dado el marco de circunstancias descrito, para la Evaluación Preliminar del puente ubicado sobre el río Chillón en el Km. 24+239 de la Panamericana Norte, que es el tema central de esta tesis, se hace necesario tener una fundamentación teórica sólida sobre la problemática que se trata, es por eso que se desarrolla un recuento de los conceptos, teorías y términos que fueron utilizados a lo largo del estudio.

2.2. Bases Teóricas:

2.2.1. Conservación general y específica:

Si bien técnicamente se puede entender la conservación general como aquellas actuaciones de conservación generales que deben llevarse a cabo para asegurar el nivel de conservación y servicio de la infraestructura de un puente, en los puentes y estructuras cobra una vital importancia, puesto que el nivel de conservación y servicio, a su vez influyen en el nivel de seguridad. No obstante, dentro de la conservación general se engloban todas aquellas operaciones que puedan llevarse a cabo por personal poco cualificado y de

forma sistemática, sin necesidad de proyecto, procedimiento o estudio y análisis previo. (Matute Rubio & Pulido Sánchez, 2012).

La conservación específica trata de atender las necesidades de conservación derivadas de la utilización de elementos fungibles en los puentes como pudieran ser las juntas de dilatación, los aparatos de apoyo, la pintura de los elementos metálicos, los sistemas de contención tanto de vehículos como de peatones, la reposición de la impermeabilización del tablero, el repavimentado de la estructura, etc. En nuestro caso, se ha de incidir en las tareas de conservación específica, puesto que son éstas las que, de alguna forma, pueden suponer una mejora en el nivel de conservación y de durabilidad de las estructuras. (Matute Rubio & Pulido Sánchez, 2012).

Desde el punto de vista de la conservación de las estructuras, a nivel general, revisten especial importancia dos actuaciones de conservación específica: la impermeabilización de los tableros y la estanqueidad de las juntas de dilatación. Resulta fundamental que los tableros de los puentes dispongan de un elemento de protección entre la losa y el pavimento, especialmente en el caso de puentes de carretera situados en zonas de vialidad invernal. La impermeabilización de los puentes es una barrera efectiva contra la corrosión de los tableros y dinteles, reduciendo de forma importante los daños por durabilidad en el tablero, ayudando a conseguir la vida útil de la estructura. En la actualidad existen diferentes sistemas de impermeabilización y cada uno de ellos tiene su campo de aplicación. (Matute Rubio & Pulido Sánchez, 2012).

El principal enemigo de los puentes es el agua, a nivel de infraestructura, produce el colapso de las estructuras por socavación; a nivel de superestructura, produce humedades y posibilita la degradación del concreto armado y la corrosión de las armaduras. Por este motivo, en los proyectos se deberá realizar un buen estudio hidráulico, hidrológico e hidrogeológico, disponiendo las medidas de protección adecuadas en las cimentaciones de forma que se garantice la estabilidad y seguridad de las cimentaciones y con ellas de las estructuras. En cuanto al agua de la superestructura, resulta de vital importancia dentro del proyecto de los puentes, estudiar y definir los

sistemas de drenaje y evacuación del agua de la plataforma, así como la impermeabilización de los tableros. (Matute Rubio & Pulido Sánchez, 2012).

Es importante recordar que para frenar todo proceso patológico en la estructura, es necesario identificar con claridad el tipo de afectación y sus causas, para poder erradicarlas. Las lesiones se dividen en dos grupos según sus causas:

Directas: Cuando son el origen inmediato del proceso patológico, como los esfuerzos mecánicos, agentes atmosféricos, contaminación, etc.

Indirectas: Cuando se trata de errores y defectos de diseño o ejecución. Son las que primero se deben tener en cuenta a la hora de prevenir. (Broto Comerma, 2006).

2.2.2. Acciones que afectan la durabilidad del concreto

Un conjunto de acciones que afectan la durabilidad del concreto y pueden aclarar muchos conceptos sobre los mecanismos de falla de una estructura de concreto son:

2.2.2.1. Acciones Biológicas:

Las superficies de concreto permiten una biorreceptividad, aparentemente por la disminución del PH sobre sus mismas superficies, por lo que se dan condiciones necesarias para la colonización, establecimiento y desarrollo de microorganismos de origen animal o de origen vegetal, que afectan la durabilidad del concreto. (Sánchez de Guzman, 2011).

2.2.2.2. Acciones Físicas:

Referidas esencialmente a los cambios volumétricos que experimenta el concreto, como consecuencia de cambios de humedad (agua líquida, vapor de agua, escarcha, hielo), y/o de temperatura (frio, calor, fuego). Pero también, las acciones físicas hacen referencia a las variaciones en su masa (cambios de peso unitario, porosidad, y permeabilidad). (Sánchez de Guzman, 2011).

2.2.2.3. Acciones Mecánicas:

Es la capacidad que tiene el concreto para reaccionar ante una fuerza externa que coloca a este en un complejo estado ya sea tensional o en un estado de compresión dependiendo cual sea las condiciones en las que se encuentre solicitada la estructura de concreto. La aplicación de una carga directa sobre un elemento constructivo implica una deformación. Si la carga provoca un esfuerzo mecánico demasiado intenso, la deformación tendrá como consecuencia la aparición de fisuras y grieta de hecho, este tipo de fenómeno es el que origina la mayor parte de estas lesiones en los elementos estructurales y en los materiales adheridos a ellos. (Sánchez de Guzman, 2011).

2.2.2.4. Acciones Químicas:

Entre las acciones químicas a tener en cuenta tenemos, el ataque de ácidos, la lixiviación por aguas blandas, la carbonatación, la formación de sales expansivas o ataque de sulfatos, eflorescencias y la expansión destructiva de las reacciones álcali - agregado. También se puede mencionar la corrosión de los metales, este se puede definir como un proceso de reacción entre el metal y alguna sustancia del medio ambiente que lo rodea y el resultado es una oxidación destructiva del material en cuestión. (Sánchez de Guzman, 2011).

2.2.3. Aparatos de apoyo:

Son los elementos encargados de transmitir las cargas y movimientos del tablero a la subestructura de los puentes: pilares y estribos. Existen diferentes tipologías de apoyos en función de las cargas y movimientos que han de transmitir: neopreno zunchado, neopreno confinado, esféricos, rodillos, etc. (Matute Rubio & Pulido Sánchez, 2012). En el puente Chillón se utilizó rodillos.

2.2.4. Capacidad de Carga:

En nuestro medio, la capacidad de carga del puente no es tenida en cuenta de forma individual como una variable para la valoración del estado de actual de puente. La capacidad de carga debe considerarse como un índice de la condición de un puente al evaluar la capacidad residual con la que cuenta el puente y de esta forma poder conocer otros aspectos de los puentes como:

- Una mejor comprensión del desempeño de puente bajo la carga viva.
- La identificación de los miembros más débiles de un puente.
- La identificación de los puentes débiles en la red de carreteras.
- Desarrollo de procedimientos de mejora del mantenimiento.
- Desarrollo de opciones de consolidación efectiva.
- Determinación del potencial de aumento de la carga legal.
- Aplicación de los resultados a otros puentes similares.
- Una mayor vida útil de los puentes.
- La reducción del número de puentes con restricciones a la carga.
- La capacidad de carga permite conocer los costos en que pueda incurrir un usuario al permitirle o no transitar por cierta vía y tener que desviarse para poder llegar a su destino. (Parra Palacio & Sedano Agudelo, 2011).

2.2.5. Carbonatación:

Es una reacción acida que transforma la cal libre del cemento en carbonato cálcico y se puede manifestar en todos los materiales que contengan cal como: cemento, piedra, ladrillo, concreto, etc. Se debe a la penetración por difusión del dióxido de carbono del aire atmosférico o del suelo en las estructuras porosas de la superficie del concreto. (Sánchez de Guzman, 2011).

La carbonatación del recubrimiento de concreto se produce por un descenso en la alcalinidad del concreto que puede ser debido a la circulación de aguas puras o ligeramente ácidas o por reacción de los componentes de carácter básico NaOH, KOH y Ca(OH)_2 de la fase acuosa del concreto con los componentes ácidos presentes en la atmósfera, dióxido de carbono (CO_2) y

azufre (SO₂), para producir carbonatos-sulfatos y agua (ver figura 9). El que normalmente se encuentra en la atmósfera es el CO₂ por lo que a este proceso de reducción de la alcalinidad se llama genéricamente “**carbonatación**”. (Instituto Peruano de Energía Nuclear & Babiche Ivan, 2004).

La pérdida de pH es un gran problema para el concreto, que con su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo contra la corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino. (Instituto Peruano de Energía Nuclear & Babiche Ivan, 2004).

Al avanzar la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y astillamiento del concreto. Aunque la difusión del dióxido de carbono a través de los poros de concreto necesita de años antes de que ocurra el daño por corrosión, puede ser devastadora y muy costosa de reparar. (Instituto Peruano de Energía Nuclear & Babiche Ivan, 2004).

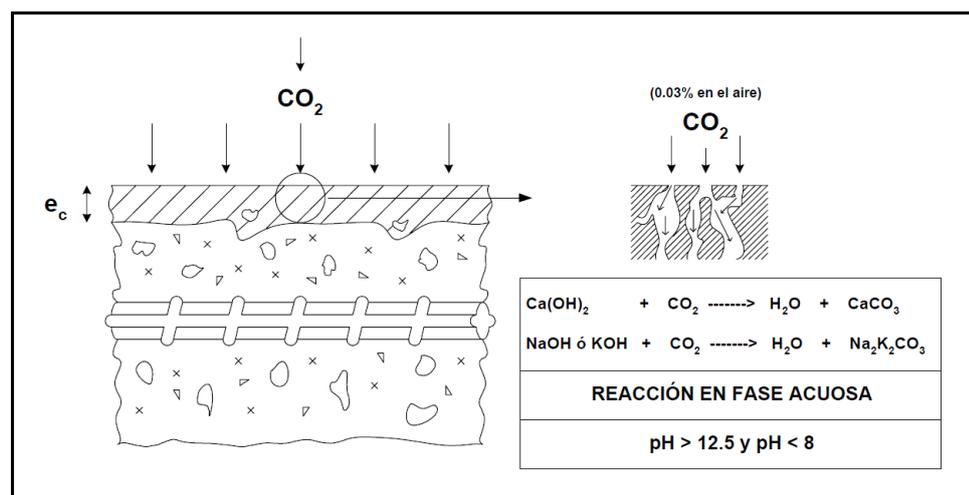


Figura 9: Esquema de carbonatación
Fuente: Instituto Peruano de Energía Nuclear.

Es muy importante tener presente que el proceso de carbonatación es completamente natural. Se ve afectado por variables naturales que se encuentran en el concreto. El aumento de carbonatación depende, en gran medida, del contenido de humedad y permeabilidad del concreto.

Contenido de humedad del concreto. Para que tenga lugar la carbonatación, es necesaria la presencia de humedad. La reacción de carbonatación avanza más rápidamente cuando la humedad relativa en el concreto se encuentra entre 50% y 55%. A humedad más baja, no hay suficiente agua en los poros del concreto para que se disuelvan cantidades significativas de hidróxido de calcio. Por encima del 75% de humedad, la situación se revierte y los poros se bloquean progresivamente con agua. Aunque esto permite que se disuelva libremente el hidróxido de calcio, evita en gran medida el ingreso del dióxido de carbono. Así se explica por qué diferentes lados de la fachada de un edificio de concreto, por ejemplo, pueden variar grandemente en la profundidad de sus frentes de carbonatación. Una fachada expuesta al mar puede tener poca carbonatación debido a su contenido constantemente alto de humedad, mientras que la carbonatación puede haber avanzado a niveles más profundos en los otros lados del edificio. (Instituto Peruano de Energía Nuclear & Babiche Ivan, 2004).

Permeabilidad del concreto. El concreto permeable se carbonatará rápidamente. Se debe preparar concreto de baja permeabilidad. Lo que implica el uso de relaciones bajas de agua/cemento, compactación apropiada por vibración, uso de puzolanas tales como ceniza volante o humo de sílice y curado apropiado. Con estas prácticas reducen la permeabilidad del concreto y se hace más difícil para que el dióxido de carbono se difunda a través de él. (Instituto Peruano de Energía Nuclear & Babiche Ivan, 2004).

Recubrimiento del concreto y defectos de superficie. La carbonatación también puede causar problemas de corrosión en los concretos de alta calidad. Un recubrimiento bajo de concreto y defectos de superficie tales como grietas y pequeñas hendiduras proporcionan una ruta directa al acero de refuerzo. Las pequeñas hendiduras pueden, a veces, dar como resultado

la pérdida de 12 mm o más del recubrimiento protector del concreto. (Instituto Peruano de Energía Nuclear & Babiche Ivan, 2004).

Los bordes del recubrimiento de concreto son notables por su susceptibilidad a la corrosión inducida por carbonatación. Los bordes o las esquinas tienen dióxido de carbono que se difunde hacia el acero de refuerzo en dos direcciones. Si el acero en estas áreas no tuviera un recubrimiento de concreto adecuado, la carbonatación conduciría a la corrosión y podría causar astillamiento en los bordes en muy pocos años. Durante la construcción original, las esquinas son también áreas donde con frecuencia el concreto no está bien compactado. Los huecos y los agregados expuestos de la superficie reducen el recubrimiento de concreto, permitiendo que la carbonatación alcance rápidamente el acero. (Instituto Peruano de Energía Nuclear & Babiche Ivan, 2004).

Períodos de incubación y propagación:

Al periodo de tiempo desde cuando se inicia la carbonatación hasta cuando las armaduras empiezan a corroerse se le denomina **Periodo de Incubación (ti)**, este período dependerá del espesor y de la calidad del recubrimiento, al tiempo correspondiente al avance de la corrosión propiamente dicha se le denomina **Periodo de Propagación (tp)** este tiempo depende básicamente de la humedad relativa en el concreto de recubrimiento ya carbonatado y de la conductividad eléctrica del concreto (ver figura 3). (Instituto Peruano de Energía Nuclear & Babiche Ivan, 2004).

Para pH inferiores a 11, se pierde la condición de pasividad de las armaduras y, si las condiciones del medio son favorables para la corrosión (humedad, oxígeno, temperatura), el acero se oxida, provocando un aumento localizado de volumen, fisuras y hasta descascaramiento del concreto que lo recubre. Al mismo tiempo, se va reduciendo la sección resistente de las armaduras, pudiendo llegarse a situaciones de riesgo y hasta colapso. Se acepta que los primeros signos aparecen cuando la profundidad de corrosión en el acero ha alcanzado el valor de 100 μm . O sea que la condición límite de diseño debe

ser tal que la profundidad de corrosión del acero alcance dicho valor a la edad proyectada para la vida útil. Ver figura 10, la vida útil en servicio será igual a la suma del tiempo de incubación más el de propagación; en nuestro caso: $t_i + t_p$. (Instituto Peruano de Energía Nuclear & Babiche Ivan, 2004).

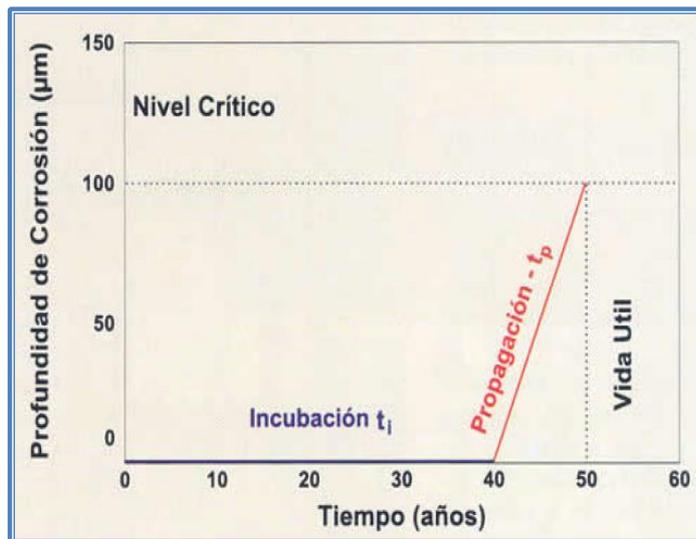


Figura 10: Vida útil del Concreto Armado
Fuente: Instituto Peruano de Energía Nuclear.

2.2.6. Corrosión en el Concreto Armado:

Es de suma importancia diferenciar la corrosión de elementos de acero a las barras o cables de acero en puentes de concreto. La corrosión se presenta en los refuerzos de acero cuando el recubrimiento pierde su función por efectos de carbonatación o cloruros. (Parra Palacio & Sedano Agudelo, 2011). Este fenómeno se observa en la Fig. 11.

(Matute Rubio & Pulido Sánchez, 2012). El fenómeno de la carbonatación tiene lugar al reaccionar el CO_2 de la atmosfera con el hidróxido cálcico del concreto armado, lo que produce carbonato cálcico:



La corrosión por la carbonatación es un proceso más lento que la corrosión por cloruros, y conduce a una corrosión uniforme del acero que acelera la formación de grietas y reduce la vida útil de servicio de la estructura. (Parra Palacio & Sedano Agudelo, 2011).



Figura 11: Corrosión del Acero en Viga transversal del Puente Chillón
Fuente: Elaboración propia

En ambientes tropicales no marinos, la corrosión por carbonatación es el principal mecanismo de corrosión en concreto. El fenómeno de la corrosión en el concreto una de las debilidades más importantes que se encuentran en estos componentes, por ende deben ser supervisadas y controladas en el menor tiempo posible, para evitar pérdidas materiales y además reducir costos de intervenciones más avanzadas o la reconstrucción total del componente o de la estructura completa (Parra Palacio & Sedano Agudelo, 2011).

2.2.7. Desprendimientos:

Separación no controlada de elementos integrales de la edificación a causa de eventos locales como grietas, procesos físicos, químicos o por sucesos puntuales, como tormentas, sismos, asentamientos, entre otros. (Broto Comerma, 2006).

2.2.8. Drenaje e impermeabilización:

El buen diseño y ejecución de los drenajes, están directamente relacionados con las patologías futuras y, por ende, con las necesidades de conservación y actuación. En función de la tipología estructural, el fallo de los sistemas de

drenaje y desagüe de la estructura y de la impermeabilización del tablero, pueden producir una serie de daños. Así, por ejemplo, al fallar la impermeabilización en un tablero de vigas de concreto armado implica, en principio, menos daños que en el caso de un cajón de concreto armado. (Matute Rubio & Pulido Sánchez, 2012).

2.2.9. Eflorescencias:

Los depósitos de sales, usualmente blancas que se forman en las superficies, las cuales son descritas como decoloración se pueden atribuir a la eflorescencia del calcio. Esto se da cuando la humedad disuelve las sales en el concreto y las lleva a través de la acción capilar (capilaridad) hacia la superficie. Cuando se evapora la humedad, deja tras de sí un depósito de mineral. Aunque la eflorescencia no es un problema estructural, puede ser estéticamente objetable. (Sánchez de Guzman, 2011).

2.2.10. Fisura:

Es la separación incompleta entre dos o más partes con o sin espacio entre ellas, puede ser longitudinal, transversal, vertical, diagonal, o aleatoria. Si bien su sintomatología es similar a la de las grietas, su origen y evolución son diferenciados, considerándose en algunos casos, una etapa previa a la aparición de las grietas. En el caso del concreto armado debido a que su armadura tiene la capacidad de retener los movimientos deformantes, se producen fisuras, de no ser así se formarían grietas. (Broto Comerma, 2006).

Las fisuras se pueden dividir en 2 grupos:

Por Reflejo del Soporte: Esta fisura se produce sobre el elemento de soporte cuando se da una discontinuidad constructiva debido a una junta, por falta de adherencia o por deformación, cuando el soporte es sometido a un movimiento que no está diseñado a resistir.

Inherente al acabado: La fisura se produce por movimientos de dilatación - contracción, en el caso de enchapados y por retracción en el caso de los morteros. (Broto Comerma, 2006).

2.2.11. Infiltración:

Este es uno de los fenómenos más difíciles de controlar en las estructuras, la infiltración está localizada en aquellos puntos donde el agua no tiene una buena circulación, esa acumulación de agua en busca de una salida hace que los materiales de los diversos elementos sufran cambios químicos que les hacen perder sus características iniciales. La infiltración se presenta necesariamente en aquellos puntos en donde la estructura tiene dilataciones por construcción y con el paso del tiempo esta infiltración deteriorara la estructura si no se tiene un mantenimiento periódico de la misma, inicialmente a los elementos de concreto los mantiene húmedos hasta tal punto que se ven manchas en su superficie y se genera el nacimiento de materia orgánica localizada en aquellos puntos donde el agua o los organismos están situados por un periodo de tiempo determinado. (Parra Palacio & Sedano Agudelo, 2011).

Por otro lado la infiltración es delicada cuando se trata de estructuras con elementos que presentan grietas pues esta agua transportadas entraran dentro de la grieta provocando una corrosión en el acero de refuerzo, así que se recomienda siempre hacerle un buen seguimiento a la estructura en todos los temas relacionados con el medio ambiente y en especial este que tiene contacto con el agua que es principal enemigo de los elementos de acero. (Parra Palacio & Sedano Agudelo, 2011).

2.2.12. Inspecciones:

Son un conjunto de operaciones de carácter técnico orientados a la obtención de los datos necesarios para la evaluación del estado en el que se encuentra la estructura de un puente en un instante dado. Se conocen tres niveles de inspección:

Inspecciones básicas: Su objetivo es hacer un seguimiento del estado de las estructuras, para detectar tempranamente posibles fallos aparentes que podrían originar gastos importantes de conservación o reparación si no son

corregidos a tiempo. Se recorren las distintas partes de la obra de paso, su estado de conservación y la evolución de los posibles deterioros. (Matute Rubio & Pulido Sánchez, 2012)

Inspecciones principales:

La inspección aborda la totalidad de la estructura: cimentaciones y subestructura, superestructura, equipamientos y accesos. Con objeto de evitar la subjetividad de la inspección se utiliza los “Catálogos de deterioros”, para 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) En este caso, la periodicidad es de 01 a 03 años según la Directiva N°01-2006-MTC/14 “Guía para Inspección de Puentes” del MTC. Este tipo de inspecciones suele ser recomendables tras sucesos excepcionales como sismos o avenidas.

Inspecciones Especiales:

Se realizan ante situaciones singulares, producidas por las propias características o dimensiones de las estructuras (altura importante del pilar, obras de paso sobre cauces,...) o como resultado de una decisión tomada a la vista del informe de una Inspección Principal, en donde se puedan apreciar deterioros de importancia que exige un estudio y análisis de las patologías, así como la redacción del documento, normalmente proyecto, de reparación. Son inspecciones puntuales y deben realizarse por personal altamente cualificado en patología y reparación de puentes. (Matute Rubio & Pulido Sánchez, 2012).

2.2.13. Losa de aproximación:

Son losas que conectan al puente con la vía en ambos lados del mismo y deben estar a nivel con el tablero. Si la transición no es suave, los efectos del impacto pueden aumentar la energía de las cargas que ingresan al puente, causando daño estructural.

El pavimento de los accesos debe observarse para detectar la presencia de baches, asentamientos o excesiva rugosidad. La junta entre las losas de aproximación y los estribos, diseñada para el movimiento causado por las

variaciones de temperatura, debe ser examinada para comprobar su debida abertura y sello apropiado. En la evaluación de los accesos al puente se considerará también el estado de los guardavías, las bermas, taludes y drenaje. (MTC; Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2006).

2.2.14. Prueba de carbonatación:

Esta prueba se realiza con la Fenolftaleína al 1% en alcohol, compuesto muy útil para detectar la profundidad de carbonatación del concreto en las estructuras, se puede realizar por rociado o por aplicación con gotero.

Al aplicar la fenolftaleína a un trozo de concreto recién extraído a una superficie recién expuesta, se puede determinar que porción del concreto no está carbonatada, toda vez que esta porción se teñirá de un color rosa-fucsia intenso si $\text{PH} > 9.5$; (Ver fig. 12); parte carbonatada, presentara el aspecto de concreto humedecido. (Ver fig.13).

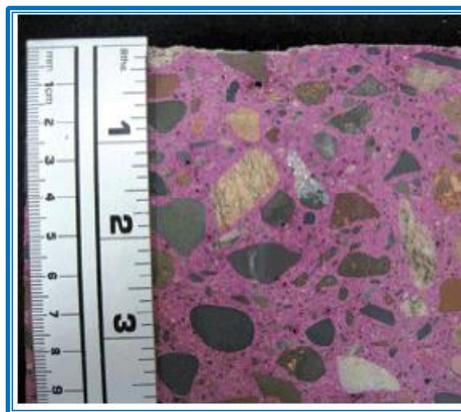


Figura 12: Muestra No Carbonatada

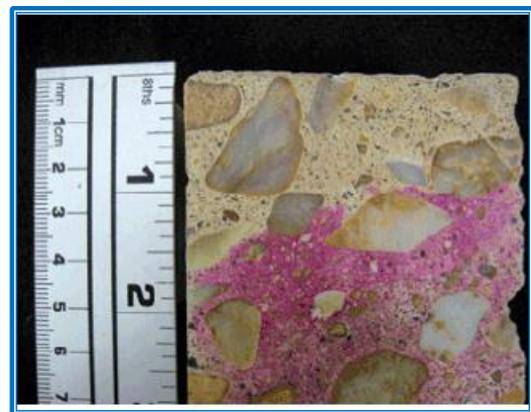


Figura 13: Muestra Carbonatada

En el hipotético caso de que el concreto haya estado expuesto a algún ácido o que debido a fenómenos externos haya disminuido mucho su PH, el concreto se teñirá de naranja. (Rivera Trochez, 2012).

La Fenolftaleína, es un compuesto químico inorgánico que se obtiene por reacción del fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) y el anhídrido ftálico ($\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_3$), en presencia de ácido sulfúrico. Este compuesto es muy útil para detectar la profundidad de carbonatación del concreto en las estructuras. (Rivera Trochez, 2012).

Se debe mencionar, que la profundidad de carbonatación se puede calcular de forma aproximada, y se puede decir que un concreto estructural estándar tarda unos 20 años en carbonatar 2 cm que es la media de recubrimiento geométrico de las estructuras construidas en el siglo pasado. Este dato nos puede servir para determinar ciertos parámetros como edad y resistencia del concreto de nuestra obra en base a las mediciones que podemos conseguir con la prueba de fenolftaleína. (Rivera Trochez, 2012).

2.2.15. Prueba del esclerómetro (Martillo de Rebote) ASTM C 805:

La prueba del martillo de rebote, desarrollada por Ernst Schmidt. También se conoce como la prueba de martillo de impacto o Esclerómetro. La misma está basada en el principio de que el rebote de una masa elástica depende de la dureza de la superficie sobre la que golpea la masa. Tenemos una masa impulsada por un resorte tiene una cantidad fija de energía que se le imprime al extender el resorte hasta una posición determinada; esto se logra presionando el émbolo contra la superficie del concreto que se quiere probar. Al liberarlo, la masa rebota del émbolo que aún está en contacto con el concreto y la distancia recorrida por la masa, expresada como porcentaje de la extensión inicial del resorte, es lo que se llama número de rebote y es señalado por un indicador que corre sobre una escala graduada. El número de rebote es una medida arbitraria, ya que depende de la energía almacenada en el resorte y del volumen de la masa. (Mejía R. & Universidad de Piura, 2003).



*Figura 14: Posición correcta del Esclerómetro
Fuente: Elaboración propia.*

El martillo tiene que utilizarse sobre una superficie plana, de preferencia cimbrada; por lo tanto, no es posible probar concreto de textura abierta.

Las superficies llanadas deben frotarse hasta que queden lisas. Cuando el concreto a prueba no forma parte de una masa mayor, debe sujetarse firmemente, pues los golpes durante la prueba pueden dar como resultado una disminución del número de rebote registrado. (Mejia R. & Universidad de Piura, 2003).

La prueba del martillo de rebote o esclerómetro, es sensible a variaciones locales en el concreto; por ejemplo una partícula grande de agregado inmediatamente debajo del émbolo daría como resultado un número de rebote anormalmente elevado; por el contrario, la presencia de un vacío en el mismo lugar daría un resultado demasiado bajo. Es por ello, recomendable tomar 10 o 12 lecturas bien distribuidas en el área puesta a prueba y considerar un valor promedio como representativo del concreto. El error estándar de la media es más elevado que cuando la resistencia se determina mediante la prueba de compresión, pero el ahorro en esfuerzo, tiempo y costo es considerable. (Mejia R. & Universidad de Piura, 2003).

El émbolo siempre debe estar en posición normal respecto a la superficie del concreto a prueba, pero la posición del martillo respecto a la vertical afecta el número de rebote. Esto se debe a la acción de la gravedad sobre el recorrido de la masa en el martillo. Así pues, el número de rebote de un piso será menor que el de una viga peraltada, y las superficies inclinadas y verticales rendirán valores intermedios. (Mejia R. & Universidad de Piura, 2003).

La prueba del martillo de rebote o esclerómetro, determina, en realidad, la dureza de la superficie del concreto y, aunque no existe una relación especial entre la dureza y resistencia del concreto, puede determinarse relaciones empíricas para concretos similares curados de tal manera, que tanto las superficies probadas con el martillo y las regiones centrales, cuya resistencia es lo importante, tengan la misma resistencia. Los cambios que afectan sólo a la superficie del concreto, tales como el grado de saturación en la superficie o

la carbonización, serían engañosos en lo que respecta a las propiedades del concreto dentro de la estructura. (Mejia R. & Universidad de Piura, 2003).

En resumen, el modo de operación consiste en la aplicación de energía a una masa impulsada que choca contra el concreto y la distancia de rebote medida en el instrumento se asume como índice esclerométrico. A cada índice corresponde un valor de resistencia, lo que depende del fabricante del equipo (se deberán tomar un mínimo de diez (10) datos para realizar los análisis estadísticos). Es de suma importancia la aplicación de criterios a la hora de valorar los resultados puesto que al ser una prueba superficial no es posible estimar si el sitio de análisis escogido es un agregado o un vacío; por ende es susceptible a obtener resultados que no valoren realmente la resistencia del concreto. Mediante esta prueba se establece el índice esclerométrico, el cual permite correlacionar resultados de núcleos a la compresión con nuevos ensayos sin afectar la estructura. (Universidad de Alicante I.T.O.P., 2009).

2.2.16. Principales partes de un Puente:

Superficie de rodadura de un Puente:

Es la parte de la superestructura que está destinada a la circulación de vehículos, se compone de uno o más carriles. Estructuralmente representa la superficie de desgaste del tablero de un puente. (MTC, 2016).

Juntas:

Separación establecida entre dos partes contiguas de una obra, para permitir su expansión o retracción por causa de las temperaturas ambientes. (MTC, 2016).

La Junta de Dilatación, Tiene capacidad de absorber las deformaciones verticales y horizontales entre la zona de acceso y el tablero del puente. El aumento de las cargas legales previstas, producen un inevitable deterioro y posterior falla parcial o total de la junta; la exposición de agentes químicos inadmisibles que afectan la masilla empleada para su instalación.

Las juntas de dilatación son las que permiten a las estructuras moverse

libremente debido a las deformaciones impuestas, dando continuidad a la carpeta de rodadura, no existiendo discontinuidad entre terraplenes y estructura o entre los diferentes tramos de éstas. Por ende, las juntas de dilatación se disponen sobre discontinuidades estructurales resultando un elemento crítico desde el punto de vista funcional y de la conservación. (Matute Rubio & Pulido Sánchez, 2012)

Veredas y Sardineles:

Acera generalmente elevada situada a los lados de la vía del puente para tránsito peatonal. Veredas y sardineles generalmente están expuestos a despostillamiento por su propia ubicación en la carpeta de rodadura.

Estribos:

Apoyos extremos de un puente, que tienen por finalidad principal soportar la superestructura, transmitir las cargas al terreno y sostener el relleno de los accesos. (MTC, 2016).

Estructura ubicada en cada extremo de un puente. Sostiene parte de la superestructura. Puede ser cerrado (actúa además como contención frontal del terraplén) o abierto (deja caer el terraplén con su talud natural; requiere protección de taludes). (Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos, 2007)

Pilares:

Apoyos intermedios que tienen por finalidad principal soportar la superestructura y transmitir las cargas al terreno. (MTC, 2016).

Los pilares tienen la misma función que los estribos, con la diferencia que están colocadas en el claro del puente y no soportan empuje de tierra o relleno. Sus partes son:

Viga cabezal: es la parte superior de la pila, en donde descansan las vigas de las dos superestructuras que soporta; puede ser plana totalmente o con pedestales en una de sus mitades, en el caso de estar cargando dos superestructuras de diferente largo.

Columna o cuerpo: es la parte en donde se apoya la viga cabezal y traslada las cargas al suelo. Esta puede ser un muro de gravedad, una columna o varias, o pilotes.

Cimiento: es la sustentación final de la estructura, directamente sobre el suelo o sobre pilotes. (SIECA & CEPREDENAC, 2010).

Conos y Taludes:

Referido a los taludes adyacentes a los estribos del puente, cuyo deslizamiento pueden afectar la seguridad del puente; Los taludes se afectan por socavación lateral y/o por acumulación de basuras en los taludes aledaños que afectan su estado y conservación.

Alas:

Son estructuras lamiares solidarias con las cortinas y con una geometría adecuada para la contención lateral de los terraplenes de acceso. Las alas deben tener un espesor no menor a 0.25m y confinar preferentemente toda la losa de transición. (MTC & DGCF, 2003).

Tablero:

Elemento estructural, que soporta directamente las cargas dinámicas (trafico) y por medio de su armadura transmite sus esfuerzos a estribos y pilas, las que transmiten las cargas hacia los cimientos, donde se disipan en el terreno circundante. (Escuela Politécnica Superior de Avila, 2012).

Vigas de Apoyo:

Es el elemento horizontal que recibe directamente los extremos de las vigas de la superestructura, sobre ella se colocan los apoyos que pueden ser: planchas de neopreno, apoyo de balancín o apoyo de rodillo. Cuando es necesario, se construye sobre esta, pedestales para apoyar las vigas cercanas a la línea central de la superestructura, ya que la pendiente de la losa de rodadura en este punto es más alta. (SIECA & CEPREDENAC, 2010).

Vigas Longitudinales y Transversales: Permiten salvar las luces de los vanos, pueden tener una gran variedad de formas como las vigas rectas, arcos pórticos, reticulares, vigas Vierendeel, etc.



Figura 15: Vigas longitudinales y transversales del puente Chillón
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

3.1.1. Hipótesis

3.1.2. General

- La evaluación preliminar del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich - intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva de manera inmediata.

3.1.3. Específicas

- La resistencia actual del concreto del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich – intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva de manera inmediata.
- El nivel de carbonatación del concreto del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich – intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva de manera inmediata.
- Los factores externos del concreto del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich – intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva de manera inmediata.

3.1.4. Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Evaluación preliminar	Valoración de indicadores in situ, que determinan situación actual del puente en estudio.	Resistencia	Kg/cm ²
		Nivel de carbonatación	Nivel de Ph
		Factores externos	Permeabilidad Porosidad Deslizamiento Asentamiento Carbonatación Corrosión
Intervención preventiva	Determinación de la intervención del puente en estudio, en función a la valoración de indicadores in situ.	Inmediata Mediano Plazo Largo Plazo	Calidad de la estructura

Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4. INVESTIGACIÓN

Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo No Experimental (toda vez que el investigador se limitó a observar los acontecimientos sin intervenir en los mismos), pues las variables no fueron manipuladas por el investigador, más aún solo fueron observadas in situ.

Por otra parte la formulación de la problemática, indica que la investigación corresponde a un trabajo correlacional causal, o explicativo, (tienen como propósito determinar y evaluar la relación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular, su principal utilidad es determinar cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas.) el mismo que obedece a un diseño longitudinal, pues las observaciones se dieron en un intervalo de 2 años desde el 2014 al 2016.

4.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

4.1.1. Investigación Documental:

Parte de la investigación se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos.

4.1.2. Investigación de Campo:

Consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna. En nuestro caso se realizara el trabajo de campo pertinente para la evaluación del puente en estudio.

4.1.3. Material de Estudio.

Unidad de estudio:

El Puente Chillón, sobre el rio del mismo nombre ubicado en la Panamericana Norte Km 24+239. Latitud: -11.9178, Longitud: -77.0736.

Población:

En nuestro caso la población es igual a la muestra, y este es el Puente Chillón, toda vez que es el único puente en la delimitación geográfica del estudio.

Muestra:

En nuestro caso la población es igual a la muestra, y este es el Puente Chillón, toda vez que es el único puente en la delimitación geográfica del estudio.

4.1.4. Técnicas, procedimientos e instrumentos Para recolectar datos.

Técnicas:

Inspección: Es el conjunto de acciones de campo y gabinete, desde la toma de datos, hasta la toma de decisiones en campo a fin de conocer el estado del puente en un determinado instante.

Instrumentos

Formatos de Inspección del MTC (Ver Anexo N°03) y formato complementario propuesto (ver Anexo N° 04).

En este estudio se realizó una evaluación preliminar y determinación de la intervención preventiva del puente ubicado sobre el río Chillón en el km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte.

La primera etapa del trabajo de grado tuvo como propósito la recolección de la información necesaria para lograr un análisis eficiente y cumplir los objetivos del estudio. Se identificó, localizó y caracterizó las patologías presentes en el puente, con el objeto de diagnosticar el estado actual de la estructura del puente desde el punto de vista ingenieril. Para ello, se identificaron las patologías estructurales mediante una inspección preliminar y detallada del puente, incluyendo registros fotográficos e identificación de lesiones, las cuales se plasmaron en un plano de planta del puente y se caracterizaron para determinar el estado de daño actual de la estructura.

La segunda parte del estudio consistió en una revisión bibliográfica, con el fin de proponer recomendaciones para la rehabilitación de la estructura en general. Esto se hizo a partir de los resultados obtenidos en la primera parte del estudio y de las recomendaciones que se encontraron en la literatura para cada problema estructural encontrado. Estas recomendaciones se plantean en los casos que el daño estructural lo amerite, es decir, en los casos que la vida de las personas que utilizan el puente podrían estar en riesgo o la integridad estructural del puente se encontrara comprometida.

4.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN:

Para la recolección de información de la estructura del puente localizada sobre el río Chillón en el km. 24+239 en la carretera Panamericana Norte, se registraron los datos referidos al macroclima, microclima, humedad relativa, temperatura, dimensiones generales, etc.; tomando como referencia la Guía Para la inspección de Puentes del MTC. Se realizaron ensayos no destructivos a la estructura tales como prueba de carbonatación, espesor de recubrimiento y prueba del esclerómetro. La estructura del puente se caracterizó a través de la inspección visual detallada y los registros fotográficos tomados en campo, acorde a las recomendaciones que brindó el asesor luego de la inspección preliminar.

Por medio de una carta dirigida a la directora de carrera de Ingeniería Civil de la UPN, se obtuvo el permiso para usar el Esclerómetro del laboratorio para las respectivas pruebas no destructivas; Así mismo se coordinó con Comisaria de Puente Piedra, siendo posible obtener los permisos pertinentes para fotografiar los distintos elementos estructurales del puente y además hacer los ensayos no destructivos que se realizaron para sustentar el presente trabajo de grado.

La recolección de la información para la evaluación preliminar de la estructura se hizo bajo las recomendaciones hechas por la Guía para Inspección de Puentes elaborada por la Dirección Nacional de Caminos y Ferrocarriles del MTC, aprobado por Resolución Directoral N° 012-2016-MTC/14 del 14 de

marzo del año 2006. Y complementándola con el formato de toma de datos propuesto.

La recolección de información se inició con una inspección preliminar, la que tuvo como propósito evaluar de manera inicial las condiciones en que se encontraba la estructura del puente en estudio. Se realizó un recorrido por todo el puente y sus accesos, identificando los puntos claves para el desarrollo de la investigación que sustenta la presente tesis.

En esta inspección se tomaron 55 fotografías generales de la estructura, distribuidas en todos sus elementos estructurales, para así dejar registro del estado en que se encuentran las estructuras del puente y servir de base para la planificación del trabajo. El equipo utilizado para ello fue una cámara Canon PowerShot SX200 IS con 12.1 MP Y 12x Optical Zoom, lo que garantiza unas fotos de óptima calidad para el estudio realizado.

Identificados y jerarquizados los puntos claves para el estudio, se procedió con la inspección visual detallada. En esta etapa se hizo una evaluación minuciosa de la estructura del puente, caracterizando las patologías a través de la observación y pruebas no destructivas tales como prueba de carbonatación, espesor de recubrimiento y prueba del esclerómetro. Todas estas pruebas fueron hechas siguiendo los lineamientos sugeridos en la literatura y las recomendaciones y pautas dadas por la Guía para Inspección de Puentes, complementando con estudios similares hechos en países como Argentina, Colombia y España.

Así mismo, en esta etapa se realizó un registro fotográfico, mucho más detallado que el anterior, para dejar evidencia del trabajo realizado y memoria del estado en que se encontró el puente en estudio. Las fotografías fueron tomadas con una cámara Canon PowerShot SX200 IS con 12.1 MP Y 12x Optical Zoom, y una cámara auxiliar de dispositivo móvil de excelente calidad, un Smartphone Android el LG G4 con cámara de 16 MP y foco laser. Para el

estudio de los elementos que se encontraban a una altura mayor a 2 metros se utilizaron escaleras y demás equipos pertinentes para el trabajo en altura. Esto permitió observar con mayor precisión los elementos estructurales como vigas transversales, riostras, estribos, pilares y losa. En esta fase fueron tomadas 117 fotografías distribuidas como se presenta a continuación:

- Estribos: 27 fotos.
- Pilares: 29 fotos.
- Vigas transversales y riostras: 22 fotos.
- Losa maciza: 21 fotos.

Las fotografías donde se apreciaban con mayor detalle los daños se utilizaron para llenar los formatos de tomas de datos, que sustentan la validez de la presente tesis, anexados a un recuento del estado actual del puente en estudio, en el cual se especifica el elemento estructural en riesgo, daño que presenta, nivel de daño y observaciones de ser necesario.

Con los resultados obtenidos de la inspección visual detallada se hizo un levantamiento detallado de todas las patologías halladas en el estudio, los cuales tienen indicaciones precisas sobre el nivel de daño, características físicas, tipo de patología, etc.

Posteriormente, se realizaron los ensayos no destructivos antes mencionados que arrojaron los resultados mostrados en el análisis de resultados, y que sirvieron para determinar la resistencia, profundidad de carbonatación y espesor de recubrimiento de los componentes estructurales del puente.

Para determinar la resistencia de los componentes estructurales del puente se utilizó la prueba de esclerómetro en estribos, pilares, losas, vigas transversales y riostras; en cada de estos elementos se hacía una cuadrícula de 4x4 para hacer un total de 16 puntos, para luego eliminar los 3 valores extremos y cumplir con el mínimo establecido de 10 puntos por elemento. Luego se hallaba el promedio de estos 10 puntos, con ello se halla el índice de rebote y estimar la resistencia del concreto de dicho elemento en kg/cm².

Para la prueba de carbonatación se utilizó un cincel hexagonal de punta y un martillo para extraer las muestras en estribos, pilares, placa, vigas

transversales y riostras; la muestra se extrajo picando hasta que el acero de refuerzo estuviera a la vista y luego fue llevada al laboratorio donde se le aplicó fenolftaleína y se obtuvo el frente de carbonatación a la profundidad donde se tornó de un color morado.

El espesor de recubrimiento se verificó luego de hacer la prueba de carbonatación toda vez que se había picado hasta llegar al acero de refuerzo, de esta manera se identificó el diámetro de varilla y el espesor del recubrimiento que se encontró para cada elemento. Luego se procedió a resanar con concrelito.

4.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y RESULTADOS

El análisis de la información obtenida se realizó con el apoyo del asesor de la tesis y de asesores externos. El análisis de la información se llevó a cabo según las recomendaciones dadas por la Guía para Inspección de Puentes elaborada por el MTC, complementando según la particularidad del Puente Chillón en lo relacionado a la evaluación y diagnóstico patológico de estructuras del puente, y a las consideraciones planteadas en las normas técnicas peruanas y en la bibliografía consultada para la investigación. A partir de la información obtenida en la inspección visual detallada, se clasificó el nivel de daño estructural en el puente según las consideraciones planteadas en la literatura, tomando como base las fotografías recolectadas en el paso anterior, así como la realización de planos patológicos, donde se plasmaron todas las lesiones apreciadas durante el estudio. Una vez finalizados, se apreciaron los patrones de patología. Determinando si es necesaria la intervención preventiva del Puente Chillón.

4.4. EJECUCIÓN DE LA INSPECCIÓN

La inspección visual detallada nos permite determinar el estado actual del puente, ubicando y cuantificando agrietamientos, corrosión, las deformaciones y las flechas en la estructura del puente. La cual se complementa con ensayos

no destructivos y un adecuado registro fotográfico. Los elementos del sistema a ser inspeccionados son:

a) Superficie y equipamiento; b) Subestructura y c) Superestructura.

Superficie y equipamiento: Los dispositivos básicos de protección también necesitan una constante inspección, que comprenden a los siguientes: barreras de concreto, barandas, dispositivos básicos de transición y contención, losas de aproximación, estribos, alas, juntas de dilatación, drenaje, pavimentación, aparatos de apoyo y señalización. (MTC; Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2006).

Subestructura: Usualmente la inaccesibilidad a la cimentación conlleva a que las fallas tengan que ser detectadas indirectamente, a través de signos en la superestructura o en forma de movimientos excesivos, fisuración, etc.

La inspección del cauce y los daños que este puede presentar varían notablemente en función al tipo de río y de puente a evaluar.

A fin de detectar fallas en la cimentación se recomienda realizar la nivelación del tablero y las inspecciones subacuáticas. (Es recomendable para verificar lo obtenido indirectamente).

En los estribos, pilares y sistemas de apoyo usualmente se encuentra una gran variedad de defectos y deterioros observables a simple vista, los cuales puedan ser indicios de otros problemas relacionados con la cimentación, estabilidad, infiltración y el mal funcionamiento de apoyos, etc. (MTC; Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2006).

Superestructura: La inspección de los elementos de la superestructura y los daños que estos presentan varían notablemente en función al tipo de puente.

Es recomendable tener en cuenta las siguientes consideraciones para la inspección de un puente que cruza un río:

4.4.1. Inspección de la Superficie y equipamiento:

4.4.1.1. Superficie de rodadura

La superficie de rodadura, debe observarse con mucho cuidado para buscar evidencia del deterioro del tablero. En algunos casos se recomienda remover pequeñas secciones para facilitar una mejor investigación. Las acciones del tráfico vehicular inciden directamente sobre la superficie de rodadura, esto genera agotamiento por fatiga o el desgaste de sus componentes.

El deterioro por desgaste o abrasión son causados usualmente por el exceso de cargas, descarrilamiento de autos, colisiones del tráfico con las estructuras, etc. Se debe registrar en el formato de evaluación, el grado de desgaste que presenta, describiendo los daños, complementando la información con fotografías, de forma tal que se pueda monitorear en caso no hayan sido reparados oportunamente los daños. (MTC; Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2006).

4.4.1.2. Juntas de Dilatación

Los posibles tipos de daño que se presentan en las juntas de dilatación son:

Obstrucción en Junta de Dilatación:

Se genera por la presencia de obstáculos o basuras (sólidas) en las juntas de dilatación, que le quita funcionalidad, es decir que afecta los movimientos horizontales y verticales que deben soportar. Se puede dar además por el deterioro del sello, lo que permite el paso del agua a través de la junta, afectando la durabilidad de los apoyos, estribos y pilares del puente.

Verificar la acumulación de obstáculos, obstrucción, rotura o ausencia de sello; verificar la falta de mantenimiento rutinario. (Figueroa Infante, y otros, 2007).

Deterioro Junta de Dilatación:

Daños que limitan a la junta de su capacidad de absorber los movimientos relativos (deformaciones verticales, horizontales, asentamientos, contracción, etc.) entre las dos partes en el puente, ocasionadas por cargas actuantes. Estos movimientos se generan entre: El terraplén de acceso y el tablero del

puente (Juntas externas en zona de estribos). Y las partes del tablero (Juntas intermedias en zona de pilares).

Verificar: asentamientos en los terraplenes de acceso que producen un desnivel con el tablero de la superestructura del puente. Verificar si el tipo de junta seleccionado es el adecuado, dependiendo del tipo de puente, su tipología y longitud; Que las juntas estén adecuadamente ancladas a los componentes del puente, tales como los diafragmas del estribo, la losa, etc.; Problemas de empozamiento de agua por un inadecuado diseño de la zona alrededor de las juntas. Falla de los anclajes que unen los componentes del dispositivo de las juntas con las partes adyacentes del puente (losa, diafragma, etc.); Inadecuada construcción de los guardavías; Aumento de las cargas legales previstas; Caída de agentes químicos inadmisibles que afectan la masilla empleada para su instalación. (Figuroa Infante, y otros, 2007).

4.4.1.3. Veredas y Sardineles:

Deterioro de Veredas y Sardineles

Observar las fallas o desperfectos del concreto de veredas y sardineles del puente, lo cual afecta su funcionalidad, dificultando el paso de los peatones. Verificar la presencia de aceros expuestos, producto de deficiencias en su proceso constructivo y/o diseño; Grietas estructurales; Grietas no estructurales producidas por contracción, retracción de fraguado, etc.; Daños por deficiencias en la durabilidad del concreto, producida en algunos casos por carbonatación (baja de pH), sulfatos, materia orgánica y cloruros. Aceros expuestos acompañados con óxido e indicios de corrosión. (Figuroa Infante, y otros, 2007).

4.4.1.4. Barandas:

Deterioro de barandas

Observar las fallas o desperfectos de sus principales partes (pasamanos, postes, anclajes, etc.) de las barandas de los puentes, cuyos daños afectan

su funcionalidad. Verificar la presencia de Impactos producidos por accidentes de todo tipo de vehículos, que afectan a cualquier tipo de baranda (acero, concreto, mixta, etc.); Procesos constructivos deficientes, que se evidencia por la presencia de aceros expuestos de los componentes de las barandas de concreto; Deficiencias en la durabilidad del concreto, producida por carbonatación o baja de pH., fenómenos de corrosión. (Figueroa Infante, y otros, 2007).

4.4.1.5. Iluminación

Verificar la existencia de un sistema de iluminación aérea o a desnivel, determinando si es funcional, así como la disposición del mismo y de las luminarias que puedan asegurar la correcta iluminación del puente y sus accesos.

4.4.1.6. Señalización

Verificar que cuente con una señalización horizontal y vertical que cumplan con las especificaciones técnicas normadas por el MTC. Las mismas deben estar en perfecto estado de conservación. La principal señal vertical es la capacidad de carga del puente que debe estar en ambas direcciones del mismo.

4.4.1.7. Drenajes

Verificar la existencia y funcionalidad de un adecuado sistema de drenaje hacia ambos lados del puente, las respectivas salidas del sistema de drenaje deben de estar siempre limpias, libres de todo obstáculo, toda vez que un empozamiento afectaría al puente entre otras patologías por infiltración, con el consiguiente ataque al concreto y su armadura.

4.4.2. Inspección de la Subestructura:

4.4.2.1. Cauce

Con la anticipación a los problemas y tomando adecuadas medidas de

protección, se pueden minimizar serias dificultades posteriores. Con ese motivo, es conveniente investigar las siguientes condiciones:

- Si existe adecuado espacio bajo el puente para permitir el paso de las aguas. Los depósitos de arena y/o grava, pueden reducir este espacio.
- Si hay estabilidad y buen comportamiento de los bordes y protección de orillas.
- Posible obstrucción del cauce con maleza, palizadas o crecimiento de plantas que puedan contribuir a la socavación o riesgo posible de incendio.

Un registro del perfil del cauce da información valiosa sobre la tendencia del río a erosionar, cambiar de curso, de gradiente, etc.

El registro debe mantenerse actualizado, particularmente cuando existan variaciones de importancia. Estas indicaciones ayudan a proyectar protecciones a los pilares o estribos, sobre todo a sus cimentaciones. (MTC; Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2006).

4.4.2.2. Estribos

Entre los tipos daños que afectan a los estribos tenemos:

Asentamiento o socavación de estribo:

Observar la posible inestabilidad estructural del estribo originado por asentamiento y/o socavación, toda vez que pone en riesgo la estabilidad de la superestructura, las alas y el terraplén de acceso del puente. Un daño por asentamiento, se manifiesta por la rotación de la estructura del estribo, separación entre el estribo y la aleta, grietas en los estribos, grietas en las alas, etc. Cuando es un daño por socavación, este se manifiesta por la pérdida de soporte de la cimentación de los estribos, observándose por ejemplo: pilotes descubiertos, huecos o vacíos por debajo de las zapatas de cimentación, etc. También se manifiesta cuando la luz del puente no es suficiente (poca área hidráulica) y el cauce afecta los terraplenes de acceso y la cimentación de las alas y de los estribos. (Figueroa Infante, y otros, 2007).

Deterioro de estribos:

Observar el deterioro y falta de capacidad de carga de los estribos, Lo cual se manifiesta por medio de grietas o fisuras estructurales, lo que afecta su durabilidad.

Se debe verificar la presencia de grietas especialmente a flexión (grietas en la zona de los apoyos). Estas grietas deben observarse a través del tiempo para ver si aumentan, cuando estas grietas se pronuncian, indican que hay movimiento estructural que puede ser causado por problemas de cimentación; presencia de aceros expuestos en el estribo; carbonatación del concreto o baja de su pH. Alto contenido de sulfatos, lo que se refleja a través de grietas no estructurales o cambios de color cerca donde haya indicios de humedad; Falla por aplastamiento del concreto del estribo en la zona de apoyos, por la falta de capacidad de soportar este tipo de cargas; Deterioro del concreto de los estribos por infiltración proveniente de las juntas de dilatación (sin sello y permeable), lo cual afecta su durabilidad; Acumulación de maleza o basura que afecta a mediano plazo la durabilidad el material de este componente. (Figueroa Infante, y otros, 2007).

4.4.2.3. Pilares

Los Pilares, generalmente están expuestas a socavación y/o asentamiento. La inestabilidad estructural del pilar, es producida por el asentamiento o la socavación, que se identifica por irregularidades en la nivelación longitudinal del tablero de la superestructura. También por la formación de remolinos en el cauce cerca de la cimentación de los pilares, lo que representa una socavación en proceso.

Verificar las deformaciones o rotaciones de los pilares producto del asentamiento de su cimentación, para lo cual este componente no está preparado estructuralmente. Este tipo de asentamiento se evidencia por las deformaciones longitudinales en las barandas; Deterioro del concreto en la línea de agua; Deterioro del concreto en la zona de los apoyos; Desplomes

generados por la socavación lateral del cauce sobre las cimentaciones de los pilares. (Figueroa Infante, y otros, 2007).

4.4.2.4. Conos y Taludes:

Entre los daños que afectan a los conos y taludes tenemos:

Erosión o socavación de conos y taludes.

Se da por la inestabilidad de los taludes adyacentes a las alas y estribos de los puentes, producto de la erosión y/o socavación. Esto se detecta por movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La superficie del terreno presenta escalonamientos y los troncos de árboles se inclinan en el sentido del movimiento. El material cae desplazándose principalmente por el aire pero con algunos golpes, rebotes y rodamiento.

Verificar deslizamientos aledaños a los estribos de los puentes que pueden afectar la seguridad del puente; Afectación de los taludes por el efecto de socavación lateral; Acumulación de basuras en los taludes aledaños que afectan su estado y conservación; Erosión de los taludes adyacentes a los estribos, ocasionado por la falta de dispositivos funcionales para el manejo de las aguas de escorrentía provenientes de la carretera en época de invierno. Estos dispositivos pueden ser: cunetas o disipadores de energía. (Figueroa Infante, y otros, 2007).

4.4.2.5. Alas

El tipo de daño que se puede presentar en las alas son:

Asentamientos o socavación en alas

Observar la inestabilidad estructural de las alas de los puentes producidas por asentamiento y/o socavación, que pone en cierto riesgo la estabilidad de los terraplenes de acceso. Este se identifica a través de grietas en las alas y/o rotaciones identificadas visualmente.

Verificar: Deformaciones y/o rotaciones de las alas producidas por los asentamientos de su cimentación, para lo cual estos componentes no están

preparados estructuralmente; Movimiento y desplomes por problemas de socavación lateral del cauce sobre las cimentaciones de las alas; Erosión producida por la inestabilidad de los taludes aledaños que afectan estabilidad de las alas; Asentamientos de los terraplenes de acceso que afectan la estabilidad de las alas. (Figuroa Infante, y otros, 2007).

4.4.3. Inspección de la Superestructura:

4.4.3.1. Tableros de concreto

Los tableros deben examinarse para determinar si hay riesgo de deslizamiento de los vehículos sobre su superficie debido a falta de rugosidad en el piso. Debe observarse que no haya empozamiento de agua por la obstrucción de los drenes. Verificar que estos funcionen sin afectar partes estructurales o al tráfico que pasa en un nivel inferior.

Deben examinarse para detectar grietas, descascaramientos u otros signos de deterioro. Debe observarse con cuidado el acero de refuerzo para determinar su estado. Las grietas en el concreto permiten que la humedad afecte al acero de refuerzo el cual al oxidarse se expande y causa desprendimiento del concreto.

4.4.3.2. Vigas y riostras de concreto

Los problemas específicos que deben ser investigados son:

- Desintegración de la losa de una viga de sección T.
- Inoperancia de los aparatos de apoyo.
- Exposición del acero de refuerzo por corrosión.
- Grietas en los extremos de las vigas.

4.4.3.3. Losa de Aproximación

Se debe verificar que estén a nivel con el tablero. Si la transición no es suave, los efectos del impacto pueden aumentar la energía de las cargas que ingresan al puente, causando daño estructural.

El pavimento de los accesos debe observarse para detectar la presencia de baches, asentamientos o excesiva rugosidad. La junta entre las losas de aproximación y los estribos, diseñada para el movimiento causado por las variaciones de temperatura, debe ser examinada para comprobar su debida abertura y sello apropiado. En la evaluación de los accesos al puente se considerará también el estado de los guardavías, las bermas, taludes y drenaje.

4.4.3.4. Capacidad de carga:

La determinación de la capacidad de carga de los puentes y sus restricciones, complementado por con un adecuado control de la capacidad de carga, se pretende identificar si los puentes son débiles y servir de herramienta en la administración de permisos para cargas especiales.

Verificar si existen los letrero que indiquen la capacidad máxima de carga del puente en estudio (Parra Palacio & Sedano Agudelo, 2011).

4.5. INFORMES DE INSPECCIÓN

Los informes, resultado de la inspección, incluyen una calificación numérica del estado del puente. El archivo de datos de cada puente debe estar conformado por dos módulos: Una información invariable (inventario) y otra que es constantemente modificada con el transcurso del tiempo (datos de inspección).

Los datos fundamentales que comprenden un informe de inspección son:

- Identificación.
- Características geométricas.
- Características estructurales.
- Calzada y elementos auxiliares.
- Estado de conservación.
- Observaciones y recomendaciones.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

En este estudio se realizó una evaluación preliminar de la estructura del puente ubicado sobre el río Chillón en el km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte, los resultados se presentaran en 4 partes:

La primera es la descripción del sistema del puente sobre el río Chillón, es decir de los elementos que componen la estructura, el cauce y la losa de aproximación, lo cual se logró con ayuda de la inspección visual detallada realizada al sitio de estudio. La segunda es la evaluación de las patologías encontradas en el puente sobre el río chillón, donde se muestran las patologías encontradas durante la investigación y los resultados obtenidos de las pruebas no destructivas realizadas. La tercera parte comprende el análisis de los resultados de la segunda parte. La cuarta y última parte contempla la propuesta de intervención preventiva generada a partir de los resultados. A continuación se amplía lo expuesto anteriormente.

5.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DEL PUENTE SOBRE EL RIO CHILLÓN.

La descripción de los elementos que constituyen el puente se realizó basados en la Guía para Inspección de Puentes elaborada por el MTC, Según esta guía el puente sobre el río Chillón presenta una sección longitudinal que lo clasifica como un puente de losa con viga continua y según su sección transversal se clasifica como viga cajón con peralte variable. A continuación se presentaran los diferentes elementos que constituyen el sistema del puente sobre el río Chillón en el orden recomendado por la Guía para Inspección de Puentes elaborada por el MTC y complementado en función del puente en estudio:

5.1.1. Superficie y Equipamiento

5.1.1.1. Superficie de rodadura

El puente sobre el río Chillón tiene como material de superficie de rodadura pavimento mixto: rígido + flexible, lo que califica la estructura como tipo Losa con Vigas, superficie en pavimento flexible sobre un tablero superior recto de

losa de concreto armado, las condiciones de borde son continuas, su sección transversal viga cajón con peralte variable.

La estructura cuenta con seis (06) losas en concreto reforzado con sistema de juntas de contracción transversal y adicionalmente acero de refuerzo ubicado en el eje neutro de la losa para controlar la fisuración de ésta. Las dimensiones promedios de las losas del lado sur son de 9.60m de ancho y 25.75m de largo cada una; las losas del lado norte son de 9.60m de ancho y 17.05m de largo cada una y para las losa intermedias se tiene 9.60m de ancho y 36.25 de largo.

La carpeta de rodadura ha sido cambiada recientemente, encontrándose en buen estado.

5.1.1.2. Juntas

Son juntas de dilatación, del tipo selladas, todas con un ancho de 2", el largo es variable dependiendo del elemento estructural analizado.

Así tenemos Las juntas verticales externas en el encuentro de las losas extremas con las losas centrales, las juntas entre el encuentro de las viga transversales que se observan bajo el tablero; una junta longitudinal en el centro del puente, las juntas horizontales en las veredas y sardineles están cubiertas en su totalidad.

En las progresivas 0+25.75 y 0+42.80 en la dirección norte sur, partiendo desde el estribo lado norte, se observan que las juntas de dilatación del tablero pasan en diagonal a las veredas.

5.1.1.3. Veredas y Sardineles

Las veredas de ambos costados presentan dimensiones iguales, 0.80 metros de ancho y 79.05 metros de largo para el andén peatonal; el andén o berma central es de 1.50 metros de ancho y 79.05 metros de largo, con juntas de dilatación que las cruzan diagonalmente en las progresivas 0+25.75 y 0+42.80.

5.1.1.4. Barandas

Presenta barandas de concreto moduladas cada 2.40m, los parantes están empotradas a nivel de la losa maciza del tablero, en las veredas laterales, son de 15cm de sección, se encuentra presentes a ambos lados y a lo largo de todo el puente y los laterales de la losas de aproximación.

5.1.1.5. Iluminación

El puente fue diseñado con dos (02) postes cada uno con 2 brazos, ubicados a la altura de los estribos en la berma central de la losa de aproximación del puente, en cada extremo del puente Chillón, no se observa otro tipo de iluminación adicional sobre el tablero del puente.

5.1.1.6. Señalización

A lo largo del puente encontramos hacia el lado derecho en la dirección norte-sur, solo 01 señal vertical que indica la presencia del puente; en esa misma dirección hacia el lado izquierdo se encuentra solo el parante de la señalización vertical; no existen señales de limitación de velocidad, ni de capacidad de carga; si existe la señalización horizontal.

5.1.1.7. Drenajes

El sistema de drenaje está compuesto por 12 salidas de tubos de fierro galvanizado de cada lado repartidos de manera longitudinal a lo largo de la estructura principal del puente con un diámetro de 2".

5.1.2. Subestructura

5.1.2.1. Cauce

Se puede observar que el cauce natural del río ha disminuido, al haber sido despojado de su capacidad natural de ampliarse al haberse construido los 2 anillos de aproximación y retorno. Se observa maleza, desmonte y basura en todo el talud a ambos lados del cauce del río, en las bases de las pilas y sobre el relleno de las zapatas.

5.1.2.2. Estribos

La estructura presenta dos (02) estribos en concreto reforzado tipo “b”, según la clasificación de la Guía para inspección de puentes del MTC. Las mismas que soportan un relleno controlado. Sus dimensiones son 8.40m y 15.60m los laterales y 19.20m de ancho el tramo sobre el que se apoya el tablero; todos con una altura de 4.75 desde el nivel del terreno.

5.1.2.3. Pilares

Cuenta en total con ocho (08) pilares macizos de sección rectangular de 1.30m x 0.90m ochavada en los cuatro (04) vértices, cuatro (04) a cada lado del puente, dos (02) para cada losa, las cuatro (04) pilares están unidas por una zapata de 3.20m de ancho x 22.00m de largo y 1.25m de alto, Los pilares se unen con la superestructura a través de dos (02) vigas transversales, que se encuentran en el eje del longitudinal del puente, separadas por una junta de dilatación.

5.1.2.4. Conos y Taludes:

La estructura presenta un talud consolidado aledaño a cada ala de cada estribo.

5.1.2.5. Alas

La estructura presenta dos (02) alas por cada estribo en concreto reforzado tipo “b”, según la clasificación de la Guía para inspección de puentes del MTC. Las mismas que soportan el relleno sobre el cual se desarrolla la losa de aproximación. Sus dimensiones son 8.40m y 15.60m los laterales con una altura de 4.75 desde el nivel del terreno la cual visualmente está en pendiente con respecto a la horizontal.

5.1.3. Superestructura

5.1.3.1. Tablero:

El tablero es una losa maciza con capa de rodadura en pavimento flexible de 2", con una longitud de 79.05m y un ancho de 19.20m, el tablero está formado con seis (06) losas en concreto reforzado con sistema de juntas de contracción transversal y adicionalmente acero de refuerzo ubicado en el eje neutro de la losa para controlar la fisuración de ésta. Las dimensiones promedios de las losas del lado sur son de 9.60m de ancho y 25.75m de largo cada una; las losas del lado norte son de 9.60m de ancho y 17.05m de largo cada una y para las losa intermedias se tiene 9.60m de ancho y 36.25 de largo.

El tablero, se apoya sobre ocho (08) vigas longitudinales en cada losa, cuatro (04) a cada lado del eje longitudinal del puente y veinticuatro (24) riostras, las mismas que se apoyan sobre dos (02) estribos y cuatro (04) vigas transversales, que a su vez se apoyan sobre cuatro (04) pilares macizos de sección rectangular de 1.30m x 0.90m ochavada en los cuatro (04) vértices y espaciamiento de 6.40m de eje a eje.

5.1.3.2. Vigas:

Las vigas longitudinales están alineadas con el tablero. El Puente está compuesto por ocho (24) vigas longitudinales cuatro (12) a cada lado del eje del puente distribuidos en las seis (06) losas que conforman el tablero del puente, sus longitudes son 25.75m, 17.05m y 36.25m. Además de veinticuatro (24) riostras, las mismas que se apoyan sobre dos (02) estribos y cuatro (04) vigas transversales, que a su vez se apoyan sobre cuatro (4) pilares macizos de sección rectangular de 1.30m x 0.90m.

5.2. EVALUACIÓN LAS PATOLOGÍAS ENCONTRADAS EN EL PUENTE SOBRE EL RIO CHILLÓN.

A continuación se describen las patologías encontradas y los datos recolectados durante toda la investigación, con respectiva cuantificación. Para mejor análisis de los mismos se organizan en el mismo orden del inciso anterior, es decir por elemento que forma parte del sistema del puente sobre el río Chillón que se está evaluando.

Se presenta una descripción detallada de todo lo observado durante la evaluación preliminar del sistema del puente Chillón. Se desarrolla un recuento de las patologías encontradas registradas en el formato de Inspección visual de puentes propuesto.

Las patologías identificadas en la estructura fueron registradas en un formato de toma de datos implementados para la presente evaluación preliminar del puente Chillón.

5.2.1. Evaluación de la inspección de la superficie y equipamiento

5.2.1.1. Capa de rodadura

La carpeta de rodadura ha sido cambiada recientemente, encontrándose en buen estado, sin embargo el nivel de la misma ha sido elevado de manera tal que está obstruyendo el sistema de drenaje, esto lo podemos verificar en el cuadro N° 15; se puede entonces determinar que se está sobrecargando al puente con el consiguiente aumento de solicitaciones a la estructura del puente. Los usuarios del puente manifiestan una sensación de vibración del mismo.

5.2.1.2. Juntas

Obstrucción de las juntas de dilatación: Las juntas verticales externas en el encuentro de las losas extremas con las losas centrales, se encuentran con maderas, no se ha sellado adecuadamente, por lo que no están trabajando adecuadamente, permitiendo el paso del agua a través de la junta, afectando la durabilidad de los apoyos, estribos y pilares del puente. (Ver cuadro N° 03).

Las juntas horizontales en las veredas están cubiertas en su totalidad por material no adecuado, presentando ausencia del sello. Lo anterior indica la falta de un adecuado mantenimiento rutinario, en épocas de lluvia, el agua se empozara.

En las progresivas 0+25.75 y 0+42.80 en la dirección norte sur, partiendo desde el estribo lado norte, se observan que las juntas de dilatación del tablero del puente no presentan el adecuado relleno y sello, por lo que en estos puntos se observa lesiones que son necesarias intervenir.

Se puede observar que la junta longitudinal en el eje del puente, está cubierta por los bloques de concreto que han sido colocados a lo largo del puente, solicitándola a una carga muerta adicional a su diseño original. (Ver Cuadro N° 04).

5.2.1.3. Veredas y Sardineles

Las Veredas a ambos lados del puente presentan dimensiones no reglamentarias para el tránsito peatonal. Los daños encontrados en estos fueron el despostillamiento. (Ver Cuadro N° 05).

En la dirección norte sur, partiendo desde el estribo lado norte; en las 0+25.75 y 0+42.80 progresivas, se observa desprendimiento de trozos de veredas, por la falta de un sello adecuado de la junta del tablero, lo cual afecta la funcionalidad de las veredas. Se observan daños por deficiencias en la durabilidad del concreto en las progresivas 0+25.75 y 0+42.80 en la dirección norte sur. (Ver Cuadro N° 06).

5.2.1.4. Barandas

En las barandas de concreto sobre la losa de aproximación hacia el oeste, se puede observar que algunos de los parantes presentan acero vertical expuesto, 01 tramo de la horizontal presenta fisuras diagonales. El 35% de las barandas de concreto presentan despostillamiento; Se verifica la presencia de Impactos producidos por accidentes de todo tipo de vehículos,

que afectan a las barandas de concreto, así como desgaste del concreto en los parantes de las barandas. (Ver Cuadro N° 07)

Hacia el oeste en las progresivas 0+25.75 y 0+42.80 en la dirección norte sur, partiendo desde el estribo lado norte, se observan justo donde están las juntas de dilatación del tablero del puente que las horizontales de concreto de las barandas sobre las losas centrales presentan un asentamiento, lo que implica que es la estructura del puente la que se está asentando. (Ver Cuadro N° 08).

5.2.1.5. Iluminación

La iluminación del puente es muy escasa, cuenta con dos (02) postes cada uno con 02 brazos a cada lado de la vía haciendo un total de 04 luminarias, ubicados a la altura de los estribos en la berma central de la losa de aproximación del puente, en cada extremo del puente Chillón, no se observa otro tipo de iluminación adicional sobre el tablero del puente.

5.2.1.6. Señalización

En cuanto a la señalización vertical del puente se puede decir que se encuentran descuidada. No así la señalización horizontal.

A lo largo del puente encontramos hacia el lado derecho en la dirección norte-sur, solo 01 señal vertical que indica la presencia del puente; en esa misma dirección hacia el lado izquierdo se encuentra solo el parante de la señalización vertical; no existen señales de limitación de velocidad, ni de capacidad de carga, siendo esta última de principal importancia para la evaluación preliminar del puente; si existe la señalización horizontal.

5.2.1.7. Drenajes

El sistema de drenaje está compuesto por 12 salidas de tubos de fierro galvanizado de cada lado repartidos de manera longitudinal a lo largo de la estructura principal del puente con un diámetro de 2". Estos puntos de drenaje han sido sellados en el tablero, al momento de elevar el nivel de la

carpeta de rodadura se han obstruido. (Ver Cuadro N° 10) En el cuadro N° 09, observamos que en la fotografía de marzo del 2014 (Foto N°14), el sistema de drenaje estaba ya semi-obstruido y en la foto de octubre del 2016 (Foto N° 15), han sido sellados totalmente, por lo cual el sistema de drenaje original ya no es funcional, estando expuesto a un alto riesgo toda vez que a futuro un empozamiento afectaría al puente entre otras patologías por infiltración, con el consiguiente ataque al concreto y su armadura.

5.2.2. Evaluación de la inspección de la Subestructura:

5.2.2.1. Evaluación de la inspección del cauce

El cauce natural del río ha disminuido, al haber sido despojado de su capacidad natural de ampliarse al haberse construido los 2 anillos de aproximación y retorno, esto puede ser peligroso en una precipitación pluvial sobre los registros históricos en la cuenca del río Chillón. (Ver cuadro N° 01). A la fecha en todo el talud a ambos lados del cauce del río se observa desmonte, basura y desechos en las bases de las pilas sobre el relleno de las zapatas, lo cual genera un alto riesgo de posible incendio. Se observa crecimiento de plantas que pueden contribuir a la socavación. (Ver cuadro N° 02), así mismo se observa Por otro lado hay estabilidad y buen comportamiento de los bordes y protección de orillas.

5.2.2.2. Estribos

Los estribos en concreto reforzado tipo "b" en los extremos del puente sobre el río Chillón, aparentemente se encuentran en buen estado.

El análisis de respectivo espesor del recubrimiento, su resistencia a la compresión, y la posible presencia de carbonatación se presenta en los ensayos no destructivos en el ítem 5.2.6.

5.2.2.3. Pilares

Se observan grietas y fisuras en los pilares 3 y 4, además los pilares tiene una capa de un material impermeabilizante, sin embargo el ataque al

concreto sigue su curso, lo cual puede comprometer la armadura de los pilares. (Ver Cuadro N° 11).

Se observan grietas y fisuras con desprendimiento de concreto en los pilares 3 y 4. Las deformaciones longitudinales en las barandas y estas grietas pueden indicar deformaciones y/o rotaciones en los pilares producto del asentamiento de su cimentación. (Ver Cuadro N° 12).

Los Pilares están presentando deformaciones o rotaciones producto del asentamiento de su cimentación, para lo cual este componente no está preparado estructuralmente. Este tipo de asentamiento se evidencia por las deformaciones longitudinales en las barandas entre otros. (Ver Cuadro N° 13).

El análisis de respectivo espesor del recubrimiento, su resistencia a la compresión, y la posible presencia de carbonatación se presenta en los ensayos no destructivos en el ítem 5.2.6.

5.2.2.4. Conos y Taludes

No se verifica deslizamientos aledaños a los estribos del puente que pueden afectar la seguridad del mismo; no se observa afectación de los taludes por el efecto de socavación lateral; Se observa acumulación de basuras en los taludes aledaños que afectan su estado y conservación.

5.2.3. Evaluación de la inspección de la Superestructura

5.2.3.1. Tablero sobre vigas

Se encuentra aparentemente en buen estado, sin embargo se puede observar que el nivel de la carpeta asfáltica ha sido elevado en ambos lados de la vía en promedio 10cm, esto lo verificamos en la Cuadro N° 14, donde se observa la fotografía tomada en marzo del 2014 y la tomada en octubre del 2016; Así mismo se han colocado bloques de concreto a lo largo del eje del puente (Ver cuadro N° 15), estos dos evento están sobrecargando al puente con el consiguiente aumento de sollicitaciones de diseño. En la parte

inferior del tablero sobre el estribo del lado sur se ha generado una grieta considerable.

Más adelante se analiza su resistencia, espesor de recubrimiento del acero y la posible presencia de carbonación a través de los ensayos no destructivos practicados a este elemento.

5.2.3.2. Vigas

La viga longitudinal que forman parte del tablero norte ubicada al oeste, presentan exposición del acero de los estribos por corrosión y humedecimiento por la obstrucción del sistema drenaje. (Ver Cuadro N° 16). Hacia el oeste en las progresivas 0+42.80 en la dirección norte sur, partiendo desde el estribo lado norte se observa exposición del acero de refuerzo por corrosión igualmente en la viga central del mismo paño. (Ver Cuadro N° 17). El Aparato de Apoyo de la viga central en la progresiva 0+78.90 presenta inoperancia, toda vez que ha sido reemplazado por madera. (Ver Cuadro N° 18). Las Vigas transversales que se apoyan sobre los pilares presentan fisuras en los extremos, se observa que las juntas no están selladas. (Ver Cuadros N° 19 y N° 20).

5.2.4. Ubicación de las patologías observadas, en el mapa de daños del puente Chillón.

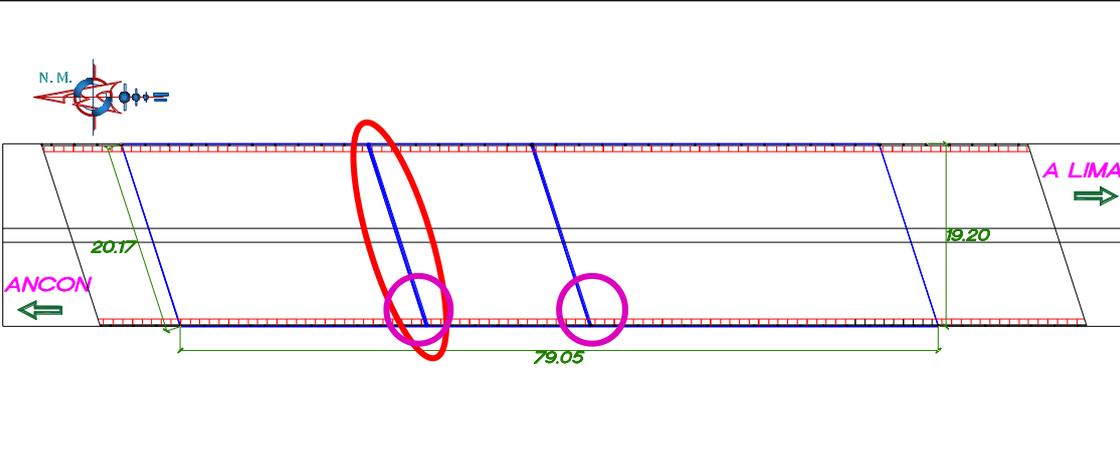
A continuación, a través del formato de toma de datos, se muestra la ubicación de las distintas patologías antes mencionadas en el plano en planta del puente situado sobre el río Chillón, se especifica el elemento, el daño que presenta y así mismo se valora el nivel de severidad de dicho daño, complementado con fotografías que refuerzan lo descrito.

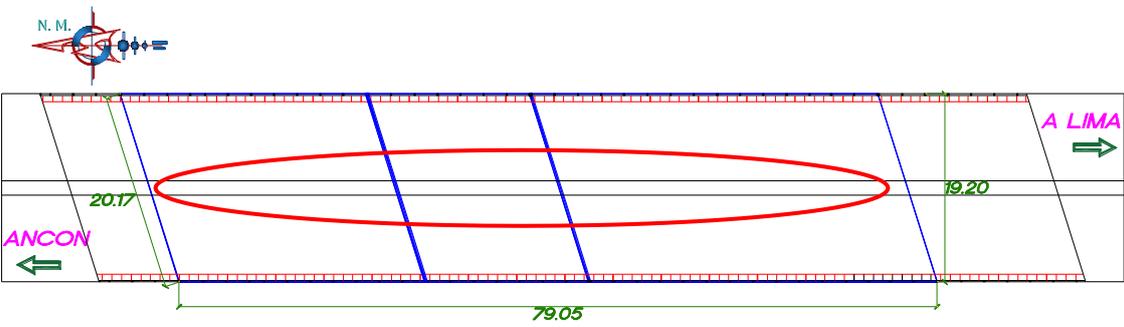
5RD5RD

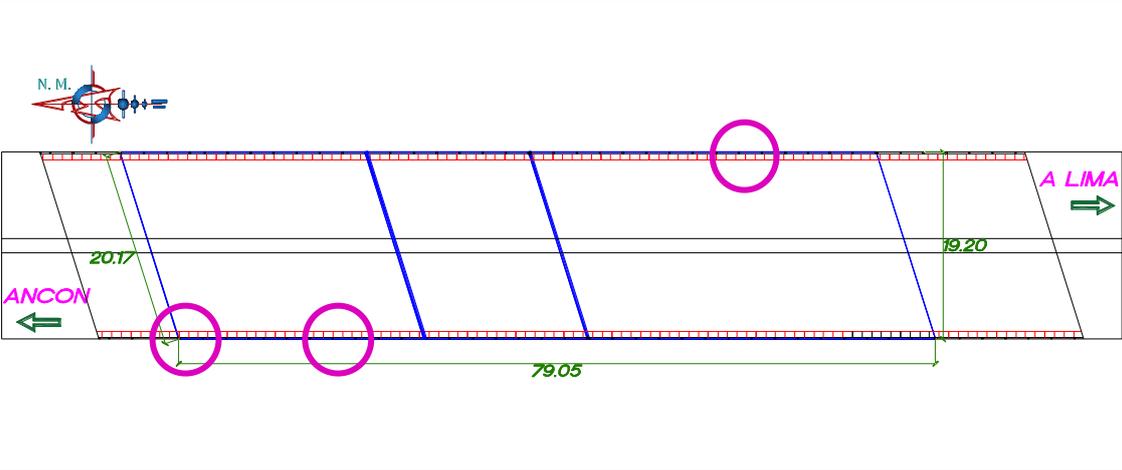
Cuadro N° 01			
Formato de toma de datos: Cauce del Río			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el río Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Disminucion del cauce natural	Elemento del Sistema	Cauce del Río
Nivel de Severidad	Medio	Fecha y Hora	28/10/2016 09.35 am
FOTOGRAFIA N° 01			
		Fotografía del cauce tomada en octubre del 2014, se observa el cauce natural del río	
FOTOGRAFIA N° 02			
		Fotografía del cauce tomada en octubre del 2016, se observa la construcción de los anillos que han disminuido el cauce natural del río	

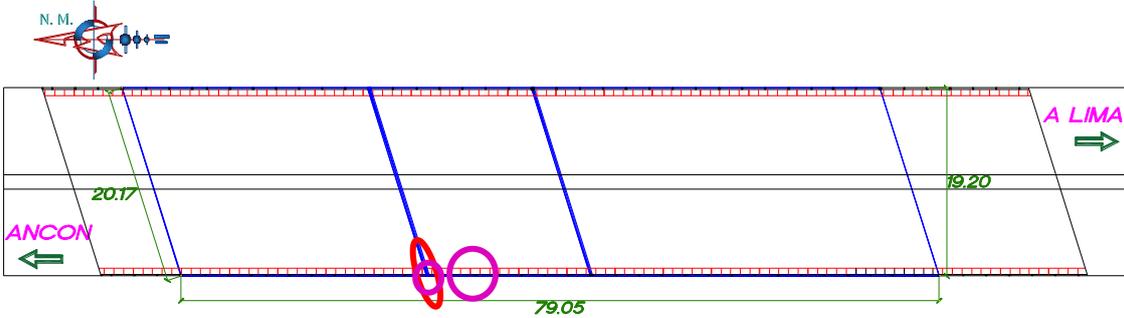
Fuente: Elaboración propia

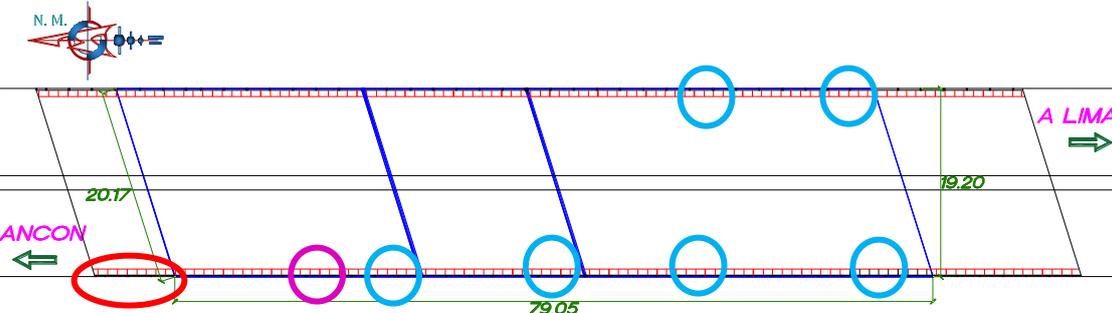
Cuadro N° 02			
Formato de toma de datos: Cauce del Río			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el río Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Acumulacion de basura y maleza en las bases de las pilas	Elemento del Sistema	Cauce del Río
Nivel de Severidad	Bajo	Fecha y Hora	28/10/2016 09.38 am
FOTOGRAFIA N° 03			
			
FOTOGRAFIA N° 04			
			
Fuente: Elaboración propia			

Cuadro N° 03			
Formato de toma de datos: Juntas			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Ausencia de sellos en las juntas	Elemento del Sistema	Junta
Nivel de Severidad	Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 11.55 am
FOTOGRAFIAS N° 05 y N° 06			
			
Se observa que las juntas verticales externas en el encuentro de las losas extremas con las losas centrales, se encuentran con maderas. Las juntas horizontales en las veredas están cubiertas en su totalidad por material no adecuado, presentando ausencia del sellos.			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

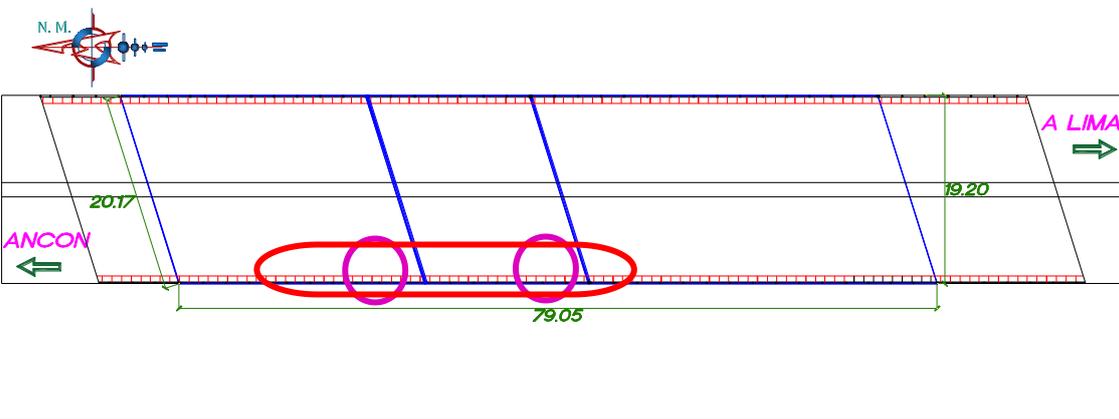
Cuadro N° 04			
Formato de toma de datos: Juntas			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Obstrucción de las juntas de dilatacion con bloques de concreto en el eje del puente	Elemento del Sistema	Junta
Nivel de Severidad	Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 12.10 pm
FOTOGRAFIA N° 07			
			
Se observa que las juntas de dilatacion longitudinal en el eje del puente han sido obstruidas por los bloques de concreto, que ademas estan sobrecargando el tablero del puente.			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

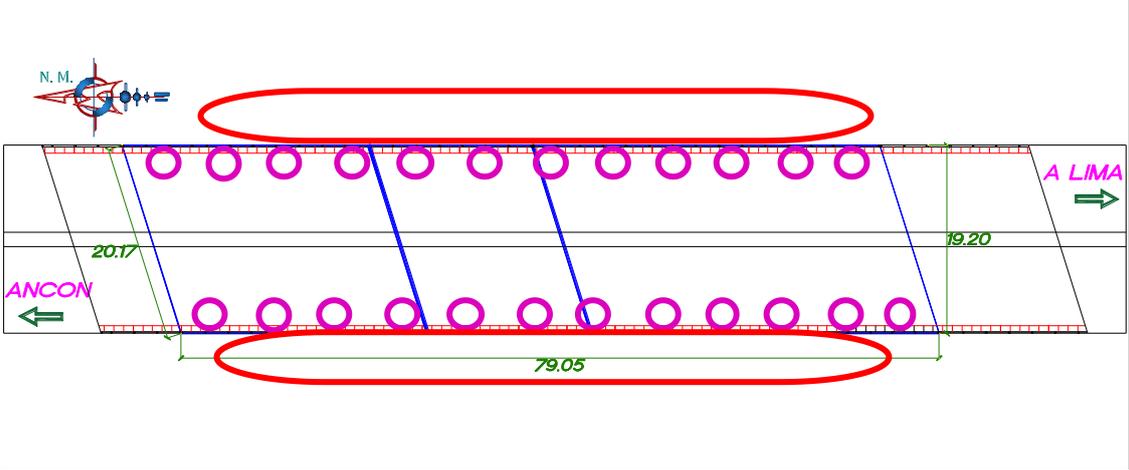
Cuadro N° 05			
Formato de toma de datos: Veredas			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Despostillamientos	Elemento del Sistema	Veredas
Nivel de Severidad	Medio	Fecha y Hora	28/10/2016 12.20 pm
FOTOGRAFIAS N° 08 y N° 09			
			
Despostillamiento de veredas			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

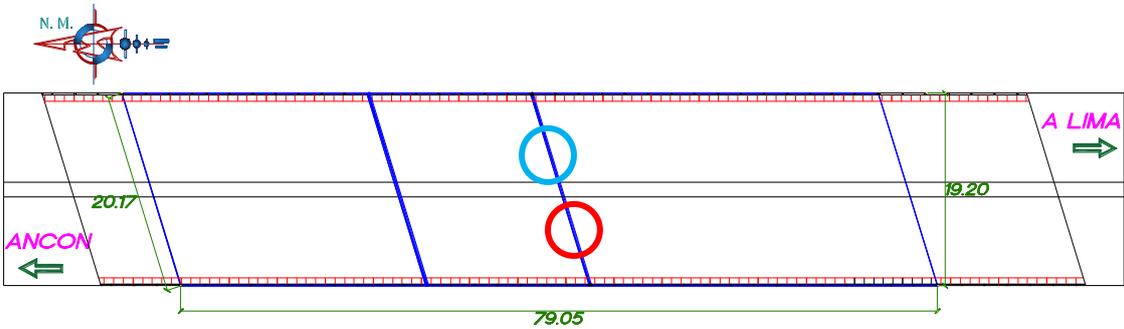
Cuadro N° 06			
Formato de toma de datos: Veredas			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLON Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Ausencia de sellos en juntas de dilatación del tablero	Elemento del Sistema	Veredas
Nivel de Severidad	Medio	Fecha y Hora	28/10/2016 12.25 pm
FOTOGRAFIA N° 10			
			
Se observa la ausencia del sellos en la junta de dilatacion del tablero lo que ocasiona el deterioro de las veredas, entre otras manifestaciones tenemos el desprendimiento de trozos de vereda.			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

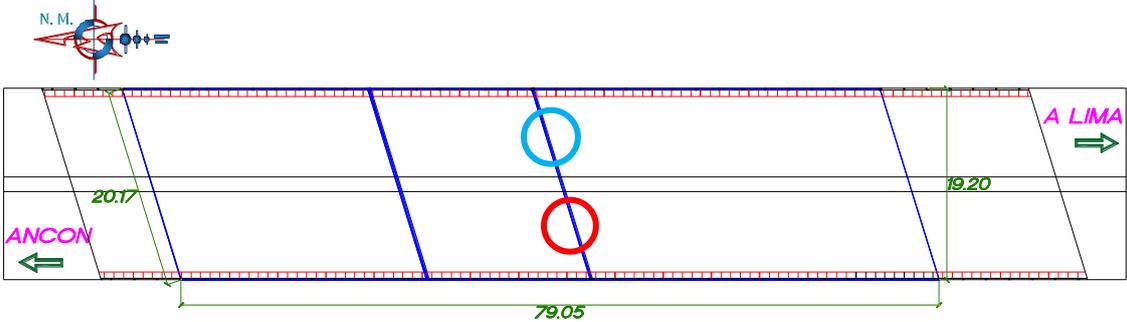
Cuadro N° 07			
Formato de toma de datos: Barandas			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el río Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Despostillamiento, acero expuesto y desgaste del concreto de los parantes.	Elemento del Sistema	Barandas
Nivel de Severidad	Medio	Fecha y Hora	28/10/2016 12.30 pm
FOTOGRAFIA N° 11			
			
Se observa sobre la losa de aproximación hacia el oeste, acero vertical expuesto. En la otra toma se observa fisuras diagonales, despostillamiento y desgaste del concreto en las barandas de concreto sobre el puente.			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

Cuadro N° 08			
Formato de toma de datos: Barandas			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Asentamiento de la estructura horizontal de las barandas de concreto	Elemento del Sistema	Barandas
Nivel de Severidad	Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 12.35 pm
FOTOGRAFIAS N° 12 y N° 13			
			
Se observa que las horizontales de concreto de las barandas sobre las losas centrales presentan un asentamiento, lo que implica que es la estructura del puente es la que se está asentando.			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

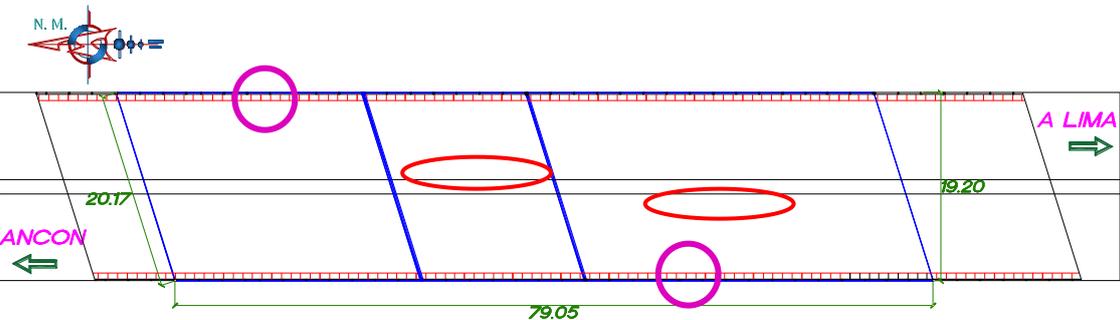
Cuadro N° 09			
Formato de toma de datos: Drenaje			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el río Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Sellado del Sistema de drenaje	Elemento del Sistema	Drenaje
Nivel de Severidad	Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 12.38 pm
FOTOGRAFÍAS N° 14 y N° 15			
			
Foto marzo 2014		Foto octubre 2016	
Se puede observar en la foto de marzo del 2014, la existencia del sistema de drenaje, el cual a quedado totalmente sellado al elevar el nivel de la carpeta asfáltica en ambos lados de la vía, tal como lo muestra la foto de octubre del 2016, este evento esta sobrecargando al puente.			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

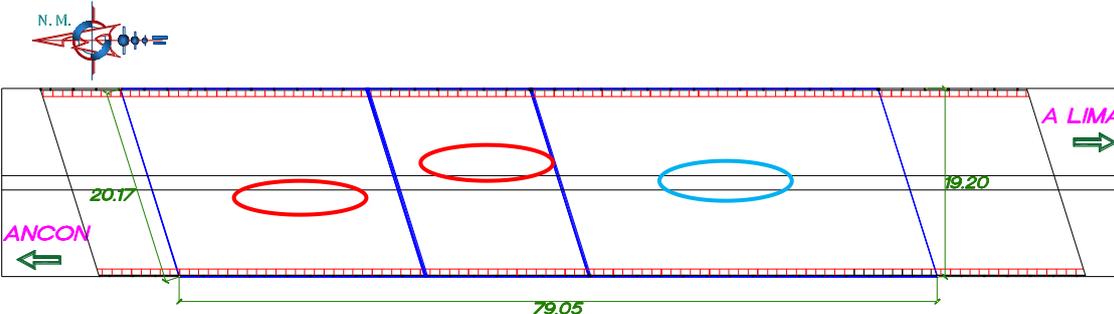
Cuadro N° 10			
Formato de toma de datos: Drenaje			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Humedecimiento del tablero parte inferior por sello de los puntos de drenaje	Elemento del Sistema	Drenaje
Nivel de Severidad	Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 10.15 am
FOTOGRAFIAS N° 16 y N° 17			
			
Se observa que la parte inferior del tablero esta humedecida por haberse sellado los puntos de drenaje al aumentar el espesor de la carpeta asfaltica, el riesgo es alto hacia la patología por infiltración, con el consiguiente ataque al concreto y su armadura			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

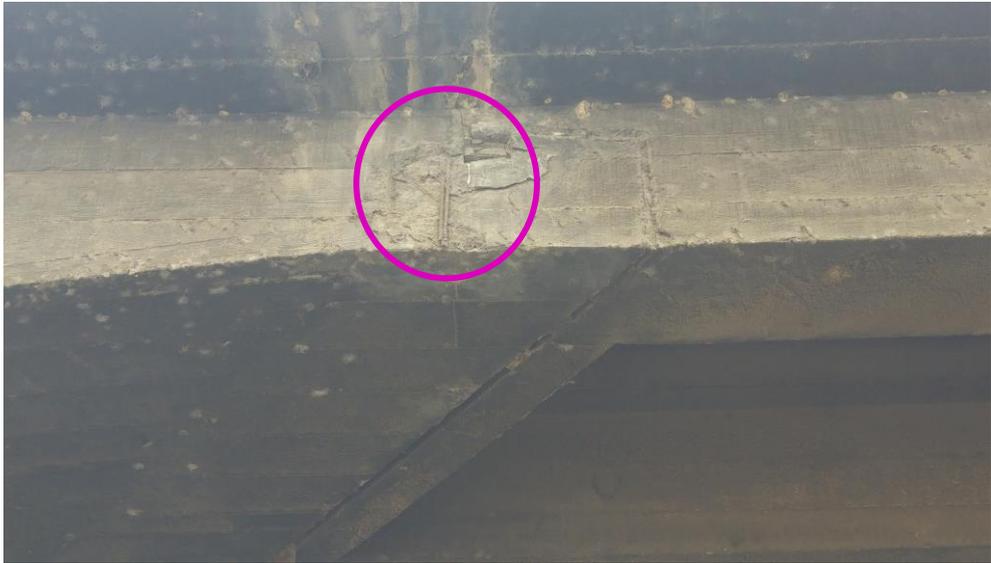
Cuadro N° 11			
Formato de toma de datos: Pilares			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Grietas y Fisuras	Elemento del Sistema	Pilares
Nivel de Severidad	Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 11.00 am
FOTOGRAFIAS N° 18 y N° 19			
			
Se observan grietas y fisuras en los pilares 3 y 4, se puede observar ademas que los pilares tiene una capa de un material impermeabilizante, sin embargo el ataque al concreto sigue su curso, lo cual puede comprometer la armadura de los pilares.			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

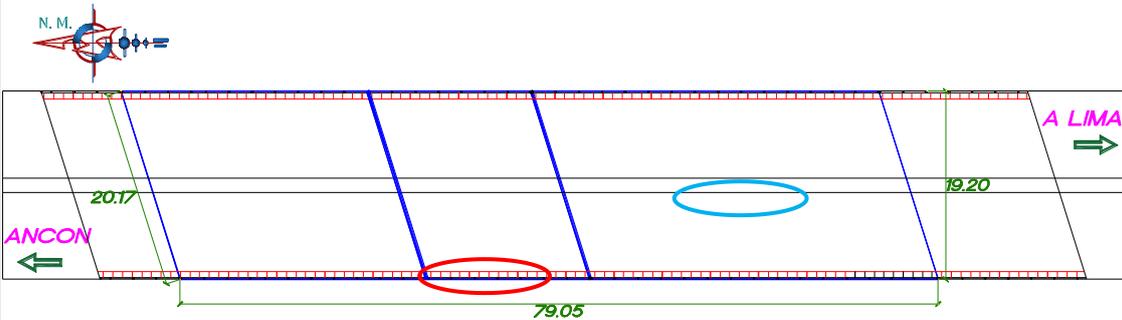
Cuadro N° 12			
Formato de toma de datos: Pilares			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Grietas y desprendimiento de concreto	Elemento del Sistema	Pilares
Nivel de Severidad	Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 11.10 am
FOTOGRAFIAS N° 20, N° 21 y N° 22			
			
<p>Se observan grietas y fisuras con desprendimiento de concreto en los pilares 3 y 4. Las deformaciones longitudinales en las barandas y estas grietas pueden indicar deformaciones y/o rotaciones en los pilares producto del asentamiento de su cimentación.</p>			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

Cuadro N° 13			
Formato de toma de datos: Pilares			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Deformaciones y/o rotacion en Pilares producto del asentamiento de su cimentación	Elemento del Sistema	Pilares
Nivel de Severidad	Muy Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 11.40 am
FOTOGRAFIAS N° 23 y N° 24			
			
Se observa la deformación longitudinal en la baranda y la grieta en parte inferior del tablero, producidos por deformaciones y/o rotaciones en los pilares producto del asentamiento de su cimentación. Los pilares no están preparados estructuralmente para este evento.			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

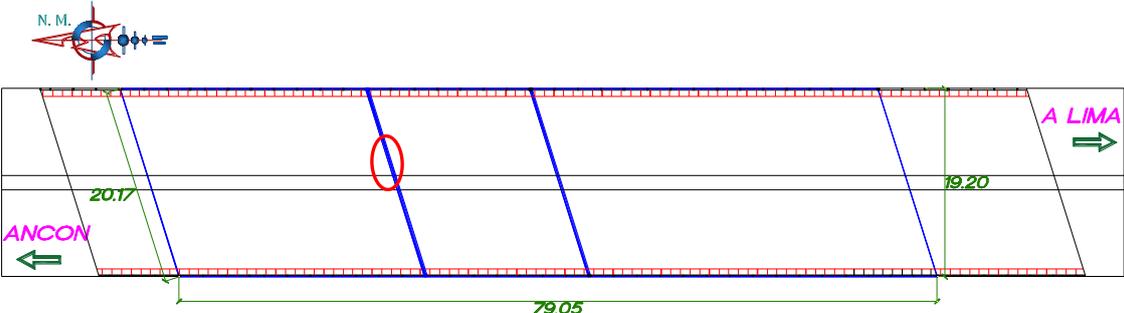
Cuadro N° 14			
Formato de toma de datos: Tablero			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el río Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Aumento de carga muerta, aumentando la sollicitaciones de la estructura.	Elemento del Sistema	Tablero
Nivel de Severidad	Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 12.40 pm
FOTOGRAFIAS N° 25 y N° 26			
 <p style="text-align: center;">Foto marzo 2014</p>		 <p style="text-align: center;">Foto octubre 2016</p>	
<p>Se puede observar que el nivel de la carpeta asfáltica ha sido elevado en ambos lados de la vía; observar el nivel de las veredas laterales y lo que queda en la berma central, este evento esta sobrecargando al puente con el consiguiente aumento de sollicitaciones de diseño.</p>			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

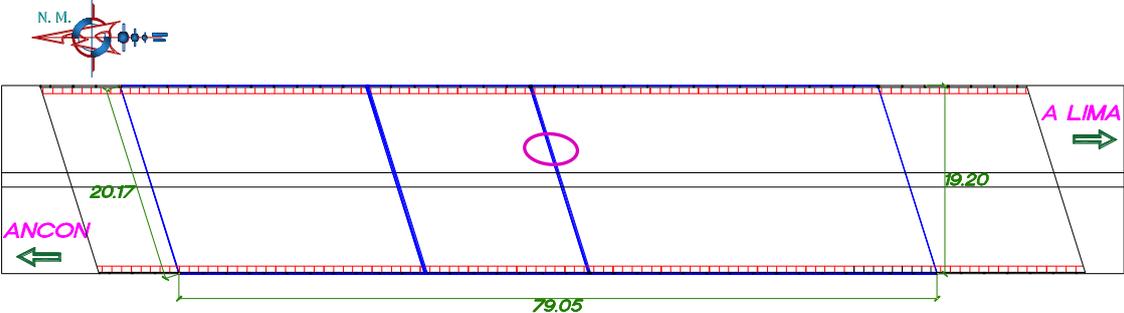
Cuadro N° 15			
Formato de toma de datos: Tablero			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Aumento de carga muerta, aumentando la sollicitaciones de la estructura.	Elemento del Sistema	Tablero
Nivel de Severidad	Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 12.45 pm
FOTOGRAFÍAS N° 27 y N° 28			
			
Se puede observar que el nivel de la carpeta asfáltica ha sido elevado en ambos lados de la vía; Así mismo se han colocado bloques de concreto a lo largo del eje del puente, estos dos eventos están sobrecargando al puente con el consiguiente aumento de sollicitaciones de diseño.			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

Cuadro N° 16 Formato de toma de datos: Vigas			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Exposicion de acero de estribos por corrosión	Elemento del Sistema	Vigas
Nivel de Severidad	Medio	Fecha y Hora	28/10/2016 10.20 am
FOTOGRAFIA N° 29			
			
La viga longitudinal que forman parte del tablero norte ubicada al oeste, presentan exposición del acero de los estribos por corrosión y humedecimiento por la obstrucción del sistema drenaje			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

Cuadro N° 17			
Formato de toma de datos: Vigas			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el río Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Exposicion de acero de refuerzo por corrosión	Elemento del Sistema	Vigas
Nivel de Severidad	Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 10.30 am
FOTOGRAFIAS N° 30 y N° 31			
			
<p>Las juntas verticales externas en el encuentro de las losas extremas con las losas centrales, se encuentran con maderas. Se observa que las juntas horizontales en las veredas están cubiertas en su totalidad por material no adecuado, presentando ausencia del sellos.</p>			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

Cuadro N° 18			
Formato de toma de datos: Vigas			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Inoperancia de Aparato de apoyo	Elemento del Sistema	Vigas
Nivel de Severidad	Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 10.35 am
FOTOGRAFIAS N° 32 y N° 33			
			
Se observa que el Aparato de Apoyo de la viga central en la progresiva 0+78.90 presenta inoperancia, toda vez que ha sido reemplazado por madera. Tambien observamos la grieta generada en la parte inferior del tablero.			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

Cuadro N° 19			
Formato de toma de datos: Vigas			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Fisura y desprendimiento de concreto	Elemento del Sistema	Viga Transversal
Nivel de Severidad	Medio	Fecha y Hora	28/10/2016 10.45 am
FOTOGRAFÍAS N° 34			
			
La Viga transversal que se apoya sobre los pilares del lado norte presenta fisura en el extremo y desprendimiento de concreto, se observa que las juntas no están selladas.			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

Cuadro N° 20 Formato de toma de datos: Vigas			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Fisura en Vigas	Elemento del Sistema	Viga Trasversal
Nivel de Severidad	Alto	Fecha y Hora	28/10/2016 10.45 am
FOTOGRAFÍAS N° 35			
			
La Viga transversal que se apoya sobre los pilares del lado Sur presenta fisura en el extremo, se observa que las juntas no están selladas.			
PLANO DE PLANTA			
			
Fuente: Elaboración propia			

5.2.5. Mapa de daños

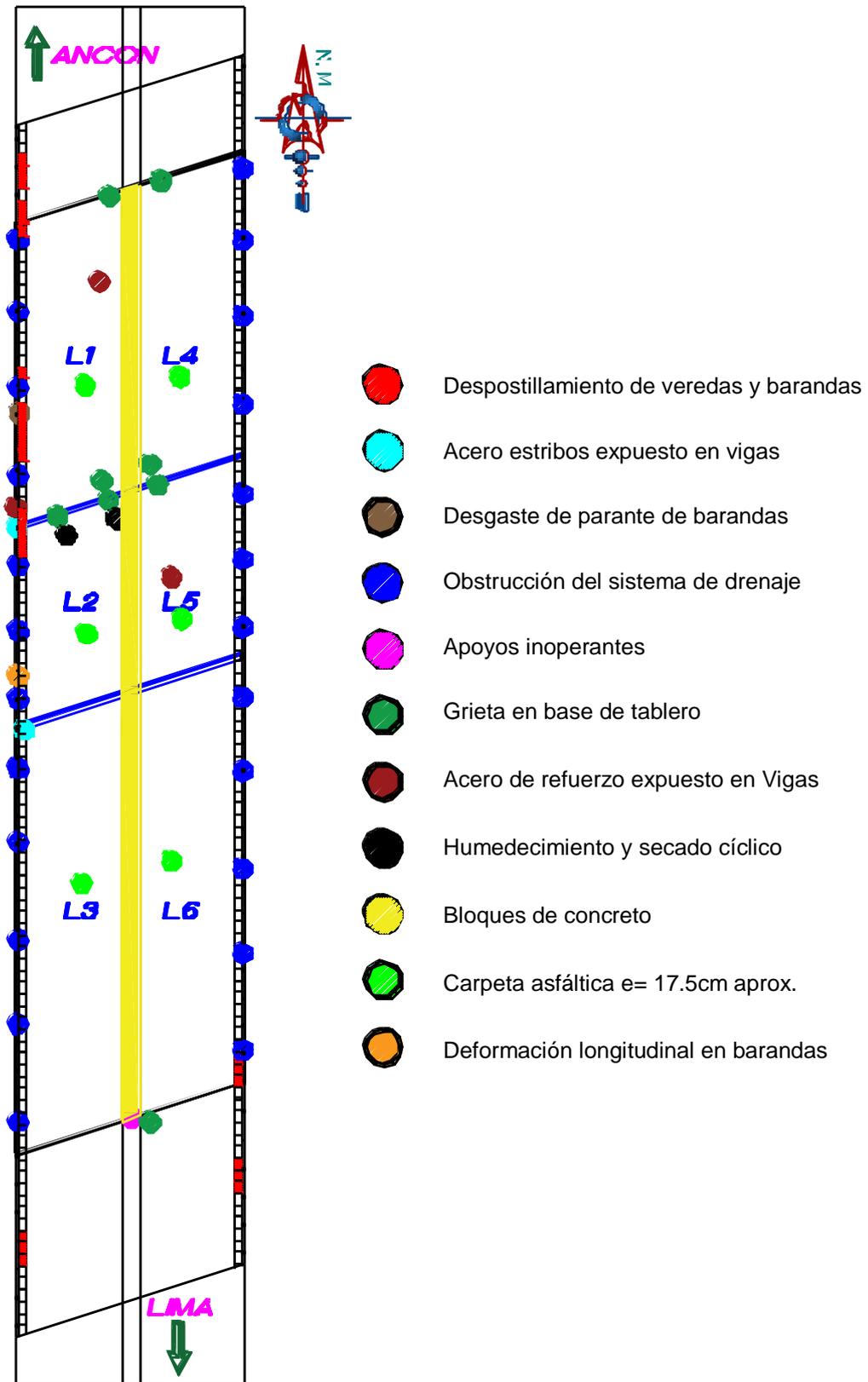


Figura 16: Mapa de daños en el puente Chillón
 Fuente: Elaboración propia

5.2.6. Ensayos No Destructivos

5.2.6.1. Prueba del Esclerómetro

Para la realización de este ensayo se empleó un martillo de rebote Esclerómetro, este dispositivo nos permitió estimar la dureza y resistencia del concreto. Mediante esta prueba se establece el índice esclerométrico, el cual permite correlacionar resultados de núcleos a la compresión con nuevos ensayos sin afectar la estructura. Para determinar la resistencia de cada componente estructural del puente se utilizó la prueba de esclerómetro en estribos, pilares, placa, vigas longitudinales y riostras; para ello, en cada de estos elementos se dibujó una cuadrícula de 4x4 para hacer un total de 16 puntos, los cuales se registraron en los formatos de recopilación de datos propuesto (ver anexo 04), luego se eliminaron los 3 valores extremos para cumplir con el mínimo establecido de 10 puntos por elemento. Luego se calcula el promedio de estos 10 puntos, con ello se halla el índice de rebote y estimar la resistencia del concreto de cada elemento en kg/cm² (ver tablas N°04 - N°11).

Tabla 4

Resultados de esclerómetro en estribo E1- PCH

Elemento : Estribos				E1: Estribo lado Sur				E2: Estribo lado Norte				PCH: Puente Chillón		
												Angulo de Impacto 0°		
E1 - PCH1				E1 - PCH1								Indice de rebote	kg/cm ²	
49	35	39	38	49		39	38					43	X =	400
32	45	45	35		45	45						43.7		414
44	50	35	50	44		35						44		420
49	44	49	49	49	44	49								
E1 - PCH2				E1 - PCH2								Indice de rebote	kg/cm ²	
39	36	38	39	39		38	39					43	X =	400
46	44	37	36	46	44							43.5		410
43	48	42	48	43	48	42	48					44		420
50	48	50	49		48									
E1 - PCH3				E1 - PCH3								Indice de rebote	kg/cm ²	
42	39	37	38	42	39		38					43	X =	400
38	46	47	37		46	47						43.9		418
44	49	50	42	44			42					44		420
47	46	48	50	47	46	48								
												Xprom = 414 kg/cm²		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5

Resultados de esclerómetro en estribo E2- PCH

Ensayo con el Esclerometro (Martillo de rebote ASTM C-805)								NTP 339.181		
E2 - PCH1				E2 - PCH1				Indice de rebote		kg/cm ²
44	42	35	48	44	42	47	39	43		400
46	36	47	39	41				43.6	X =	412
41	50	48	49		39	43	47	44		420
38	39	43	47							
E2 - PCH2				E2 - PCH2				Indice de rebote		kg/cm ²
50	42	41	44		42	41	44	43		400
37	39	43	38	46	42	45		43.7	X =	414
46	42	45	50	48		47		44		420
48	49	47	39							
E2 - PCH3				E2 - PCH3				Indice de rebote		kg/cm ²
47	39	41	49	47		41	49	44		420
42	35	47	38	42		47	38	44.8	X =	428
49	43	45	47		43	45	47	45		430
50	49	50	41		49					
								Xprom = 418 kg/cm²		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

Resultados de esclerómetro en pilares interiores

Ensayo con el Esclerometro (Martillo de rebote ASTM C-805)								NTP 339.181		
Elemento : Pilares		Pi: i=1...4		Pilares lado Sur		PCH: Puente Chillón		Angulo de Impacto 0°		
		Pi: i=5...8		Pilares lado Norte						
P2 - PCH				P2 - PCH				Indice de rebote		kg/cm ²
56	56	52	58	56	56	52	58	56		600
62	60	56	56			56	56	56.2	X =	600
52	46	50	46			50		57		600
60	62	60	58	60		60	58			
P3 - PCH				P3 - PCH				Indice de rebote		kg/cm ²
59	46	58	52	59		58		56		600
60	64	52	54		64	52	54	56	X =	600
52	62	56	62	52		56		57		600
54	55	44	56	54	55		56			
P6 - PCH				P6 - PCH				Indice de rebote		kg/cm ²
50	52	54	57	50	52	54	57	55		600
56	49	60	57	56			57	55.2	X =	600
57	46	48	61	57				56		600
60	56	54	59		56	54	59			
P7 - PCH				P7 - PCH				Indice de rebote		kg/cm ²
46	52	53	35		52	53		52		550
45	48	58	50		48	58	50	52.4	X =	556
59	50	48	59		50	48		53		565
52	55	60	58	52	55		58			
								Xprom = 589 kg/cm²		

Fuente: Elaboración propia

La resistencia a la compresión del concreto en los Estribos, en promedio arroja un valor de 414 kg/cm² para E1. (Ver tabla 4), y 418 kg/cm² para E2. (Ver tabla 5).

La resistencia a la compresión del concreto en los pilares interiores en promedio arroja un valor de **589 kg/cm²**, siendo 600kg/cm² para P2, P3 y P6 556kg/cm² para P7. (Ver tabla 6).

Tabla 7

Resultados de esclerómetro en pilares exteriores

P1 - PCH				P1 - PCH				Indice de rebote	kg/cm ²
54	57	54	59	58	59	61	57	55	600
58	59	61	57	48			48	55.8	X = 600
53	48	52	48	59			57	56	600
59	60	57	60						
P4 - PCH				P4 - PCH				Indice de rebote	kg/cm ²
52	48	56	55	52		56	55	54	580
54	56	52	52	54	56	52	52	54.6	X = 592
60	62	58	60				58	55	600
54	49	48	57	54			57		
P5 - PCH				P5 - PCH				Indice de rebote	kg/cm ²
48	60	58	39	48		58		53	565
54	58	48	60	54	58	48		53.2	X = 568
58	48	54	41	58	48	54		54	580
59	58	48	37		58	48			
P8 - PCH				P8 - PCH				Indice de rebote	kg/cm ²
53	55	54	59	53	55	54		52	550
56	36	37	48	56			48	52.8	X = 562
58	44	48	57			48	57	53	565
58	49	50	60	58	49	50			
								Xprom = 580.5 kg/cm²	

Fuente: Elaboración propia

La resistencia a la compresión del concreto en los pilares exteriores en promedio arroja un valor de **580.50 kg/cm²**, siendo 600kg/cm² para P1, 592kg/cm² para P4, 568kg/cm² para P5 y 562 kg/cm² para P8. (Ver tabla 7).

La resistencia a la compresión del concreto en las Vigas y Riostras lado Derecho, en promedio arroja un valor de **408.00 kg/cm²**. (Ver tabla 8).

Tabla 8

Resultados de esclerómetro en vigas y riostras lado derecho

V2 - PCH1				V2 - PCH1				Indice de rebote	kg/cm ²
50	46	37	49		46				
48	45	46	46		45	46	46	43	400
39	39	45	38	39		45		43.6	X = 412
38	42	44	45	38	42	44	45	44	420
V2 - PCH2				V2 - PCH2				Indice de rebote	kg/cm ²
38	44	39	47	38	44	39	47		
39	46	37	48	39	46			43	400
47	50	35	46	47			46	43.3	X = 406
48	42	45	36		42	45		44	420
V2 - PCH3				V2 - PCH3				Indice de rebote	kg/cm ²
44	42	39	39	44	42				
50	39	40	40			40	40	43	400
48	44	44	50	48	44	44		43.3	X = 406
39	48	50	44	39	48		44	44	420

Fuente: Elaboración propia

Xprom = 408 kg/cm²

Tabla 9

Resultados de esclerómetro en vigas y riostras lado izquierdo

Ensayo con el Esclerómetro (Martillo de rebote ASTM C-805)				NTP 339.181					
Elemento :		V1: Vigas lado izquierdo		PCH: Puente Chillón					
Vigas y Riostras		V2: Vigas lado Derecho		Angulo de Impacto 0°					
V1 - PCH1				V1 - PCH1				Indice de rebote	kg/cm ²
46	39	38	36	46	39				
35	50	49	46			49	46	43	400
39	47	38	39	39	47	38	39	43.4	X = 408
50	49	50	42		49		42	44	420
V1 - PCH2				V1 - PCH2				Indice de rebote	kg/cm ²
35	42	50	40		42	50	40		
48	46	39	43	48	46	39	43	43	400
50	38	37	50					43.8	X = 416
46	37	49	47	46	37		47	44	420
V1 - PCH3				V1 - PCH3				Indice de rebote	kg/cm ²
40	50	42	36	40		42			
36	49	39	39		49	39	39	43	400
49	41	48	37	49	41	48		43.3	X = 406
50	38	49	48		38		48	44	420

Fuente: Elaboración propia

Xprom = 410 kg/cm²

La resistencia a la compresión del concreto en las Vigas y Riostras lado Izquierdo, en promedio arroja un valor de **410.00 kg/cm²**. (Ver tabla 9).

Tabla 10

Resultados de esclerómetro en losa maciza lado izquierdo

Ensayo con el Esclerómetro (Martillo de rebote ASTM C-805)								NTP 339.181	
Elemento :				L1: Losa maciza lado Izquierdo	PCH: Puente Chillón				
Losa maciza				L2: Losa maciza lado Derecho	Angulo de Impacto 90°				
L1 - PCH1				L1 - PCH1				Indice de rebote	kg/cm ²
36	40	42	39		40	42	39	40	400
34	42	44	40		42	44	40	40.9	X = 409
42	34	41	46	42		41		41	410
37	48	46	42	37			42		
L1 - PCH2				L1 - PCH2				Indice de rebote	kg/cm ²
41	36	34	42	41			42	41	410
40	35	44	45	40		44	45	41.2	X = 413
48	43	39	48		43	39		42	425
39	42	49	37	39	42		37		
								Xprom = 411 kg/cm²	

Fuente: Elaboración propia

La resistencia a la compresión del concreto en la Losa maciza lado Izquierdo, en promedio arroja un valor de **411.00 kg/cm²**. (Ver tabla 10).

Tabla 11

Resultados de esclerómetro en losa maciza lado derecho

Ensayo con el Esclerómetro (Martillo de rebote ASTM C-805)								NTP 339.181	
Elemento :				L1: Losa maciza lado Izquierdo	PCH: Puente Chillón				
Losa maciza				L2: Losa maciza lado Derecho	Angulo de Impacto 90°				
L2 - PCH1				L2 - PCH1				Indice de rebote	kg/cm ²
40	39	35	49	40	39			40	400
39	36	38	44	39		38	44	40.5	X = 405
46	35	39	47			39		41	410
42	43	42	39	42	43	42	39		
L2 - PCH2				L2 - PCH2				Indice de rebote	kg/cm ²
46	43	36	42		43		42	41	410
44	40	39	38	44	40	39	38	41.2	X = 413
38	42	37	47	38	42			42	425
40	36	48	46	40			46		
								Xprom = 409 kg/cm²	

Fuente: Elaboración propia

La resistencia a la compresión del concreto en la Losa maciza lado Derecho, en promedio arroja un valor de **409.00 kg/cm²**. (Ver tabla 11).

A continuación se muestra la evidencia fotográfica:



Figura 17: Prueba del Esclerómetro en Estribo E1- PCH

Fuente: Elaboración propia

En el lado izquierdo se puede observar la cuadrícula de 30x30, en el lado derecho se realiza la prueba del Esclerómetro para el estribo E1 lado sur.



Figura 18: Prueba del Esclerómetro en Pilar P4 – PCH

Fuente: Elaboración propia

En el lado izquierdo se puede observar la cuadrícula de 30x30, en el lado derecho se realiza la prueba del Esclerómetro para el Pilar P4 lado sur.

5.2.6.2. Prueba de Carbonatación

La carbonatación es un proceso natural que se desarrolla todos los días en los diferentes tipos de estructuras. En el concreto con acero de refuerzo, este proceso químico aparentemente inofensivo, avanza lenta y progresivamente desde la superficie expuesta del concreto, encontrando dentro de la masa de concreto al acero de refuerzo generando una posible corrosión del mismo. Es por esta razón que se realiza este ensayo no destructivo a través de una solución química llamada fenolftaleína con una concentración del 1%, con los resultados así obtenidos se determinara si la estructura se encuentra o no afectada por carbonatación. Los resultados cuales se registraron en los formatos de recopilación de datos propuesto (ver anexo 04).

Tabla 12

Profundidad de Carbonatación

Componente del Puente Ensayado	Profundidad de Carbonatación
Estribos	1.00 cm
Pilares	2.00 cm
Vigas Transversales	1.40 cm
Vigas Longitudinales	1.40 cm
Tablero	1.00 cm

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos se desprende que la estructura no presenta problemas alarmantes de carbonatación, el valor de carbonatación más alto, alcanza una profundidades de 2.00 cm, el cual es aceptable para una estructura con más de 60 años de edad como es el caso del puente sobre rio Chillón. (Ver tabla 12).

La evidencia fotográfica se presenta, a continuación:

Cuadro N° 21			
Formato de toma de datos: Carbonatación			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Carbonatación a 16mm	Elemento del Sistema	Pilar P7 - PCH lado Norte
Nivel de Severidad	medio	Fecha y Hora	29/10/2016 10.00 am
FOTOGRAFIAS N° 36			
			
Descripción de la Lesión:			
Realizada la inspección Visual para revisar el nivel de carbonatación presente en la estructura del puente Chillón, observandose que presenta carbonatación a 16mm de la capa superficial			
Ensayo:			
Prueba con Fenolftaleina, Inspección visual			
Observación:			
Presento despues de 90 segundos coloracion rosacea solo en cierta zona, lo cual indica que presenta carbonatación en la capa de recubrimiento a 16mm del la cara exterior.			
Analisis de la causa			
De la causa:			
El dióxido de carbono, componente químico que penetra por los capilares del concreto hasta llegar al medio alcalino en el cual se encuentra el acero de refuerzo cambiando su nivel de PH a			
Del efecto			
Se analiza el estado de la estructura debido a la continua exposición continua del dióxido de carbono el cual actua como elemento agresor en la pasta de cocrreto corroyendo al acero de refuerzo.			
Fuente: Elaboración propia			

Cuadro N° 22			
Formato de toma de datos: Carbonatación			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Carbonatación a 12mm	Elemento del Sistema	Pilar P4 - PCH lado Sur
Nivel de Severidad	medio	Fecha y Hora	29/10/2016 9.40 am
FOTOGRAFÍAS N° 37			
			
Descripción de la Lesión:			
Realizada la inspección Visual para revisar el nivel de carbonatación presente en la estructura del puente Chillón, observándose que a 12mm esta totalmente carbonatado al mostrar un aspecto totalmente humedecido.			
Ensayo:			
Prueba con Fenolftaleina, Inspección visual			
Observación:			
Presento despues de 50 segundos aspecto totalmentehumecido, lo cual indica que presenta carbonatación en la capa de recubrimiento a 12mm del la cara exterior.			
Análsis de la causa			
De la causa:			
El dióxido de carbono, componente químico que penetra por los capilares del concreto hasta llegar al medio alcalino en el cual se encuentra el acero de refuerzo cambiando su nivel de PH a ácido.			
Del efecto			
Se analiza el estado de la estructura debido a la continua exposición continua del dióxido de carbono el cual actua como elemento agresor en la pasta de cocrreto corroyendo al acero de refuerzo.			
Fuente: Elaboración propia			

Cuadro N° 23			
Formato de toma de datos: Carbonatación			
LA EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PUENTE CHILLÓN Km. 24+239. CARRETERA PANAMERICANA NORTE HABICH – INTERCAMBIO VIAL ANCÓN PARA POSIBLE INTERVENCIÓN PREVENTIVA			
Autor	Richard Saenz Alva	Asesor	Ing. Omar Tello Malpartida
Puente	Ubicado sobre el rio Chillón Km. 24+239 Panamericana Norte	Longitud Total	79.05 m.
Daño y/o patología	Carbonatación a 10mm	Elemento del Sistema	EStribo E2 - PCH lado Norte
Nivel de Severidad	bajo	Fecha y Hora	29/10/2016 10.20 am
FOTOGRAFIAS N° 38			
			
Descripción de la Lesión:			
Realizada la inspección Visual para revisar el nivel de carbonatación presente en la estructura del puente Chillón, observandose que no presenta carbontación a 10mm de la capa superficial.			
Ensayo:			
Prueba con Fenolftaleina, Inspección visual			
Observación:			
Presento despues de 60 segundos coloracion rosacea indiando que su PH es basico, por lo tanto no presenta carbontación a ese nivel.			
Análsis de la causa			
De la causa:			
Buena proteccion superficial del concreto que no permitio que el dióxido de carbono penetre por los capilares del concreto.			
Del efecto			
Se analiza el estado de la estructura debido a su PH basico.			
Fuente: Elaboración propia			

5.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ESTUDIO

El puente ubicado sobre el río Chillón ubicado en el Km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte, se encuentra sometido a una humedad relativa promedio anual de 80% y a una temperatura promedio del día de 19.20 °C, el mes más caluroso del año con un promedio de 23.20°C es febrero. La precipitación es de 13 mm al año; su macroclima es de atmósfera urbana y su microclima es de humedad relativa que oscila de 66% a 92% con riesgos de humedecimiento y secado de la estructura; además se encuentra salvando un río que desemboca en el Océano Pacífico y es la única conexión existente entre la Ciudad de Lima y el Norte del País diseñada para tal fin. (Ver tabla 13).

De acuerdo a las características anteriormente mencionadas y clasificando la agresividad del medio ambiente, se puede decir que el puente está sometido a un ambiente moderado expuesto a ciclos de humedecimiento y secado.

Tabla 13

Exposición de la estructura del puente

Descripción	Datos
Altitud	113 msnm
Latitud	-11.9178
Longitud	-77.0736
Hito Kilométrico	Km 24+239
Temperatura promedio	19.20 °C
Humedad Relativa promedio	80.00%
Macroclima	Semiurbano
Microclima	Humedad Relativa entre 65.00% y 92.00% con riesgos de humedecimiento y secado.
Agresividad del ambiente	Ambiente moderado
Exposición de la estructura del puente	Ciclos de Humedecimiento y secado

Fuente: Elaboración propia

Los mecanismos de daño que afectan la durabilidad del concreto y por ende de la estructura del puente sobre el río Chillón, se pueden dividir en cuatro tipos de Acciones: acciones físicas, químicas, mecánicas y biológicas. A continuación se analizan cada uno de estos factores que representan un peligro para la integridad del sistema del puente en evaluación:

5.3.1. Acciones Físicas

5.3.1.1. Veredas y Sardineles

En la dirección norte sur, partiendo desde el estribo lado norte; en las 0+25.75 y 0+42.80 progresivas, se observa desprendimiento de trozos de veredas, por la falta de un sello adecuado de la junta del tablero, lo cual expone a las veredas a humedecimiento y secado por las precipitaciones pluviales, las cuales no tienen donde drenar toda vez que el respectivo sistema de drenaje ha sido sellado al elevar el nivel de la carpeta asfáltica. (Ver Cuadro N° 06).

5.3.1.2. Barandas

Se observa desgaste del concreto en los parantes de las barandas sobre el puente Chillón. (Ver Cuadro N° 07).

5.3.1.3. Pilares

En el puente ubicado sobre el río Chillón se puede apreciar en ambas pilares interiores que se encuentran sujetas a humedecimiento y secado lo que conlleva a la aparición de un desgaste y microfisuramiento por el mojado y secado cíclicos.

Se observan grietas y fisuras en los pilares 3 y 4, (Ver Cuadro N° 11).

5.3.1.4. Tablero

El concreto, como la mayoría de materiales de construcción, se dilata con los aumentos de temperatura y se contrae cuando esta baja. Este cambio volumétrico se ha presentado en el lugar de estudio y debido a la obstrucción que se da en las juntas de expansión, no se ha permitido ninguno de estos dos movimientos antes mencionados lo que ha generado una grieta de 1.5cm de amplitud en la parte inferior de la losa.

5.3.1.5. Vigas

Las Vigas transversales que se apoyan sobre los pilares presentan fisuras en los extremos, debido al cambio volumétrico que se ha presentado debido a la obstrucción que se da en las juntas de expansión, al dilatarse con los aumentos de temperatura y contraerse cuando esta baja no se ha permitido ninguno de estos dos movimientos. (Ver Cuadros N° 19 y N° 20).

5.3.2. Acciones Mecánicas

5.3.2.1. Cauce del Río

El cauce natural del río ha disminuido, al haber sido despojado de su capacidad natural de ampliarse al haberse construido los 2 anillos de aproximación y retorno, esto puede ser peligroso en una precipitación pluvial sobre los registros históricos en la cuenca del río Chillón. (Ver Cuadro N° 01). Esto es latente durante los 03 meses que dura el periodo de avenidas (Enero a Marzo), periodo en el que el río Chillón descarga el 63.3% de su volumen promedio anual.

Se observa que hay estabilidad y buen comportamiento de los bordes y protección de orillas gracias a los enrocados que se están colocando en ambas riberas del río. (Ver Cuadro N° 02)

5.3.2.2. Juntas

En el caso del puente estudiado en este trabajo casi la totalidad de las juntas de la carpeta de rodadura tiene las juntas cubiertas por la carpeta asfáltica, las juntas en la parte inferior del tablero del puente y entre los demás elementos estructurales no presentan ningún tipo de sello.

5.3.2.3. Veredas y Sardineles

Las Veredas a ambos lados del puente presentan despostillamiento. (Ver Cuadro N° 05).

5.3.2.4. Barandas

Hacia el oeste en las progresivas 0+25.75 y 0+42.80 en la dirección norte sur, partiendo desde el estribo lado norte, se observan justo donde están las juntas de dilatación del tablero del puente que las horizontales de concreto de las barandas sobre las losas centrales presentan un asentamiento, lo que implica que es la estructura del puente la que se está asentando. (Ver Cuadro N° 08).

5.3.2.5. Pilares

Los Pilares están presentando deformaciones o rotaciones producto del asentamiento de su cimentación, para lo cual este componente no está preparado estructuralmente. Este tipo de asentamiento se evidencia por las deformaciones longitudinales en las barandas entre otros. (Ver Cuadro N° 13).

5.3.2.6. Tablero

Se puede observar el aumento del espesor de la carpeta asfáltica en un promedio de 10cm; y la colocación de bloques de concreto a lo largo del eje del puente (Ver Cuadro N° 14).

5.3.3. Acciones Químicas

5.3.3.1. Vigas

Las vigas longitudinales presentan acero expuesto por corrosión, lo que ha reventado el concreto en esa zona. (Ver Cuadro N° 17).

5.3.3.2. Pilares

Se observan grietas y fisuras con desprendimiento de concreto en los pilares, lo cual puede ser producido por la corrosión del acero de refuerzo 3 y 4. (Ver Cuadro N° 12).

5.3.3.3. Acciones Biológicas

No se presentan problemas notables por factores biológicos, no se observaron humedades ni vegetación creciente en la mayoría de los componentes estructurales del puente, salvo al pie de los pilares. Se encontraron nidos de palomas en la parte inferior del tablero del puente y el excremento de estos animales puede dañar el concreto con el tiempo.

5.3.4. Prueba del esclerómetro

A continuación se tabula la resistencia obtenida en cada elemento estructural analizado:

Tabla 14

Comparación de la Resistencia a la Compresión del Concreto Reforzado

Componente Estructural	Resistencia promedio obtenida con el Esclerómetro (Kg/cm ²)	Resistencia Según MTC(Kg/cm ²)
Estribos Lado Sur	414 kg/cm ²	350 kg/cm ²
Estribos Lado Norte	418 kg/cm ²	350 kg/cm ²
Pilares Lado Sur	589 kg/cm ²	350 kg/cm ²
Pilares Lado Norte	580.5 kg/cm ²	350 kg/cm ²
Vigas Lado Oeste	410 kg/cm ²	350 kg/cm ²
Vigas Lado Este	408 kg/cm ²	350 kg/cm ²
Tablero	409 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos (Ver tabla 14), se desprende que la resistencia a la compresión obtenida es mayor en un 31.77% de la que se diseña en nuestro país, el cual es aceptable para una estructura con más de 60 años de edad como es el caso del puente sobre río Chillón.

5.3.5. Prueba de carbonatación

Para analizar la carbonatación que se presenta en el puente se determinó la profundidad de carbonatación y se comparó con la profundidad a la cual se encuentra el acero de refuerzo para así verificar que el frente de carbonatación se encuentra lo suficientemente distante para que no se pierda

la capa pasivadora que protege el recubrimiento del concreto y así no se llegue a afectar el acero de refuerzo.

Tabla 15

Comparación profundidad de Carbonatación Vs la del Acero de Refuerzo

Componente del Puente Ensayado	Profundidad de Carbonatación	Profundidad del acero de refuerzo
Estribos	1.00 cm	5.00 cm
Pilares	2.00 cm	5.00 cm
Vigas Transversales	1.40 cm	3.00 cm
Vigas Longitudinales	1.40 cm	4.00 cm
Tablero	1.00 cm	4.00 cm

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados mostrados (Ver tabla 15), la profundidad de carbonatación de hasta 2.00 cm y el acero se encuentra a una profundidad de hasta 5cm, lo cual es aceptable para una estructura con más de 60 años de edad, por lo cual podemos decir que el puente sobre el rio Chillón está en muy buen estado con un frente de carbonatación que se encuentra lo suficientemente lejos del acero de refuerzo por lo que este no se ve comprometido ni en riesgo de una posible corrosión.

5.3.6. Espesor de recubrimiento

Después de verificar los espesores de recubrimiento apreciados en la estructura con los especificados del MTC de los diferentes componentes estructurales del puente, se concluyó que éstos se encuentran dentro de lo esperado.

5.4. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Según lo planteado en el análisis de los resultados de la evaluación preliminar del puente Chillón ubicado en el Km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte, se proponen las siguientes intervenciones para los componentes estructurales:

5.4.1. Superficie y equipamiento

5.4.1.1. Capa de rodadura

Se debería verificar la losa del tablero que soporta la carpeta de rodadura, toda vez que esta intervenida constantemente para la reparación de los baches, que aseguren la prolongación de la vida útil y una adecuada superficie para el tránsito vehicular. Actualmente cuenta con una carpeta asfáltica en caliente con un espesor que ha sido incrementando sucesivamente, lo cual ha incrementado significativamente la carga muerta de la estructura. Y ha obstruido todo el sistema de drenaje del puente.

5.4.1.2. Juntas de dilatación

La obstrucción y/o no presencia de las juntas del puente permite la entrada de agua a los estribos de la estructura, lo que podría afectarse por infiltración. Se propone evaluar este dilema técnico toda vez que se permita el buen movimiento de las losas. Adicionalmente a esto, se recomienda realizar mantenimiento rutinario para evitar la obstrucción de las juntas de dilatación con arena, piedras o basuras que afectan los movimientos horizontales y verticales a los que se ve sometida y conlleva al deterioro del sello lo que genera infiltración de agua hacia los pilares de la estructura. También se plantea el retiro de los bloques de concreto colocados sobre el eje del puente sobre las juntas de dilatación, toda vez que esto incrementa significativamente la carga muerta de la estructura.

5.4.1.3. Veredas y Sardineles

Las veredas de la estructura presentan despostillamiento en un 29.52% del total de veredas y el 18.46% corresponde al lado izquierdo donde también se encuentra fisurado, por lo tanto es necesario la demolición y reemplazo de la longitud afectada de cada lado para garantizar la seguridad de los peatones. En la dirección norte sur, partiendo desde el estribo lado norte; en las 0+25.75 y 0+42.80 progresivas, se observa desprendimiento de trozos de veredas, por la falta de un sello adecuado de la junta del tablero, se recomienda demoler y reemplazar esta veredas.

5.4.1.4. Barandas

Las barandas de concreto con fisuras y despostillamiento deben ser intervenidas en forma periódica. Los parantes que presentan desgaste de concreto deben ser reemplazados inmediatamente, así mismo corregir las que tengan el acero expuesto. Hacia el oeste en las progresivas 0+25.75 y 0+42.80 en la dirección norte sur, partiendo desde el estribo lado norte, se observan justo donde están las juntas de dilatación del tablero del puente se evidencia deformaciones longitudinales en las barandas, lo que implica que es la estructura del puente la que se está asentando. Se recomienda corregir esta deformación y observar si vuelve a deformarse.

5.4.1.5. Señalización

La propone implementar una adecuada señalización en el puente Chillón, sobre todo la capacidad de carga, la luz del puente, señales de limitación de velocidad, etc.

5.4.1.6. Drenajes

Se propone retirar los tubos afectados por la corrosión e implementar el sistema de drenaje con tubos de fierro galvanizado que han sido sellados en el tablero, al momento de elevar el nivel de la carpeta de rodadura se han obstruido.

5.4.2. Subestructura

5.4.2.1. Estribos

Se propone una limpieza periódica del excremento de las palomas y una verificación de posible asentamiento.

5.4.2.2. Pilares

Una de las causas más comunes del deterioro del concreto, especialmente de estructuras hidráulicas, son los niveles de agua por mareas, crecientes, operaciones de embalse u otras causas, ya que el agua tiende a concentrarse en diferentes partes de la estructura. Para reparar la fisura en la pila interior afectada por humedecimiento y secado se puede utilizar el método del perfilado y sellado de fisuras, este se puede aplicar en condiciones que requieren una reparación inmediata y cuando no es necesario efectuar una reparación estructural. Este método consiste en agrandar la fisura a lo largo de su cara expuesta, llenarla y sellarla con un sellador adecuado.

Por otro lado, las deformaciones longitudinales en las barandas y las grietas en los pilares pueden indicar deformaciones y/o rotaciones en los mismos producto del asentamiento de su cimentación, para lo cual este componente no está preparado estructuralmente. Se propone verificar esta patología inmediatamente con mayor profundidad, dada la implicancia del caso.

5.4.2.3. Conos y Taludes

Se propone un programa de limpieza periódica para evitar la acumulación de basuras en los taludes aledaños que afectan su estado y conservación.

5.4.3. Superestructura

5.4.3.1. Tablero sobre vigas

Se recomienda analizar los efectos del aumento de la carga muerta a la estructura del puente, como consecuencia del aumento del espesor de la carpeta asfáltica en un promedio de 10cm; y la colocación de bloques de concreto a lo largo del eje del puente, toda vez que en la parte inferior del tablero sobre el estribo del lado sur se ha generado una grieta considerable.

5.4.3.2. Vigas

Se propone corregir a la brevedad la exposición del acero de los estribos por corrosión y humedecimiento por la obstrucción del sistema drenaje de la viga longitudinal que forman parte del tablero norte ubicada al oeste. Así como de la viga que esta hacia el oeste en las progresivas 0+42.80 en la dirección norte sur, partiendo desde el estribo lado norte y en la viga central del mismo paño.

Se propone poner operativo el Aparato de Apoyo de la viga central en la progresiva 0+78.90, cambiando la madera actual por neopreno según normas de diseño. En la evaluación preliminar, se ha detectado múltiples fallos en estos elementos de apoyo, debido a las malas condiciones de puesta en obra, aunque no por ello se deba descartar otros defectos como errores de proyecto o defectos de los materiales.

Así mismo se propone intervenir las Vigas transversales que se apoyan sobre los pilares, pues presentan fisuras en los extremos.

5.4.4. Recomendaciones adicionales

Para una protección del puente, especialmente en la subestructura donde se ve expuesta a ciclos de humedecimiento de los componentes estructurales con el río Chillón, sería una buena alternativa pintar la superficie de estos elementos con barnices o hidrofugantes de superficie que son capaces de penetrar algunos milímetros en el concreto y por ser productos hidrófobos, impiden la penetración de las moléculas de agua y de sustancias agresivas que eventualmente estén disueltas en esa agua.

Implementar un sistema de alumbrado que garantizar una iluminación adecuada en el puente.

Implementar una limpieza en la zona inferior del puente donde están ubicadas las tuberías, y el sistema de vigas y riostras del puente ya que ahí se encuentran ubicados los nidos de palomas.

5.5. EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO Y SOCIAL

Según el análisis de los resultados obtenidos, la evaluación preliminar del puente chillón Km 24+239 Panamericana Norte, indica intervención preventiva inmediata, de no tomarse las acciones pertinentes por las autoridades competentes, el escenario socioeconómico a mediano plazo es incierto toda vez que este puente, constituye una única alternativa de ruta a la Carretera Panamericana Norte para el transporte interprovincial y de carga a la ciudad de Lima desde la costa norte y el oriente del país, permitiendo abastecer permanentemente a la ciudad de Lima y el sur del país, de una serie de productos.

Los colapsos de puentes con fuerte impacto socioeconómico han llegado a adquirir dimensiones de desastre y este ha sido el caso en muchos eventos de colapsos de puentes en el mundo. Por esta razón se consideró útil tomar la metodología desarrollada por la CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe para evaluar el impacto de desastres y recogida en un manual para analizar consecuencias de desastres tanto de origen natural como de origen antrópico que ocasionan efectos negativos sobre la infraestructura tanto económica como social, y del medio ambiente de un país.

5.5.1. Efectos directos

En cuanto a los daños directos de acuerdo al Manual para la Evaluación del Impacto Socioeconómico y Ambiental de los Desastres de la CEPAL, estos son entendidos como aquellos daños que se registran en el momento del desastre, o pocas horas después y son los que sufren los activos inmovilizados, destruidos o dañados.

Los costos estimados se han determinado, tomando como referencia los costos incurridos en la construcción del Puente Mellizo Villena Rey de Miraflores.

Tabla 16

Costos Totales de Construcción del nuevo Puente Chillón

Descripción	Ejecutor	Valor Total S/. Incluido IGV
Costo de la Instalación del Puente Provisinal luego del colapso	Contratista 1	3,869,695.65
Costo de la Construcción del Puente Chillón luego del colapso	Contratista 2	22,250,750.00
Total costo Efectos Directos		S/.26,120,445.65

Fuente: Elaboración propia

5.5.2. Efectos indirectos

Respecto a los daños indirectos de acuerdo al Manual para la Evaluación del Impacto Socioeconómico y Ambiental de los Desastres de la CEPAL, estos hacen referencia a los bienes y servicios que se dejan de producir o prestar durante el lapso que inicia luego de ocurrido el accidente y que se puede prolongar durante la fase de rehabilitación y reconstrucción; esta clase de daños no siempre se puede medir en términos monetarios. Dentro de esta clase de daños se puede mencionar la pérdida de cosechas, pérdida de producción industrial por falta de materia prima, los aumentos de costos de transporte ocasionado por la necesidad de emplear vías alternas o medios de comunicación que son más costosos y de menor calidad, el desempleo, aumento de la delincuencia, la especulación de precios por desabastecimiento. También constituyen daños indirectos aquellos efectos intangibles como lo son el sufrimiento humano, la inseguridad, la admiración o rechazo por parte de la comunidad respecto a la forma en la que las autoridades afrontan las consecuencias del desastre y otros factores en cuanto al bienestar y la calidad de vida. Para llevar a cabo esta clase de evaluación no se dispone de la información necesaria para determinar el valor monetario de estos efectos.

5.5.2.1. Transporte

Se considera como el primer daño indirecto la afectación que se producirá en los costos de transporte por vía terrestre, toda vez que cualquier ruta aumentará los costos de combustible y peajes. En lo que respecta a las empresas de transporte interprovincial estas también sufrirían los efectos de la caída del puente ya que muchas de ellas no prestaran su servicio para dirigirse hacia el interior del país, y otras tomaran vías alternas para llegar a Lima desde la Costa Norte.

Las vías alternas que establecerán las autoridades a los transportistas y conductores consistían en primer lugar para aquellos que se dirigían de la costa norte hacia el centro y sur del país tomando la carretera Gambeta, que inicia a la altura del Km. 35.5 de la Panamericana Norte en el distrito de Puente Piedra, Hasta el Ovalo Cantolao, donde empalma con la Av. Elmer Faucet, hasta la Av. Canta Callao hasta la Av. Naranjal y empalmar con la Panamericana Norte y seguir su curso normal, para los conductores quienes decidan optar por esta solución el viaje tomaría aproximadamente 06 horas por el tráfico que se generaría y por las horas que hay que esperar en el Cruce de Ventanilla con la Panamericana Norte. Como una segunda opción para los que se dirigen hacia el centro de Lima pero limitado para el transporte pesado, se planteó la alternativa de utilizar la vía de la Av. San Juan a la altura del Ovalo de Puente Piedra y entrar por Carabayllo por el nuevo puente sobre el río Chillón, llegando por la Av. Túpac Amaru hasta el desvío a la Av. Trapiche y seguir hasta la Panamericana Norte y luego su ruta normal el inconveniente que presenta esta última alternativa es debido a que no está preparada para este tipo y volumen de tráfico, para los conductores quienes decidan optar por esta solución el viaje tomaría aproximadamente 03 horas por el tráfico que se generaría en la Av. San Juan y la Av. Túpac Amaru.

5.5.2.2. Efectos macroeconómicos

En cuanto a los efectos macroeconómicos de acuerdo al Manual para la Evaluación del Impacto Socioeconómico y Ambiental de los Desastres de la CEPAL, estos hacen referencia a la incidencia del desastre en el comportamiento de las principales variables económicas, esta clase de análisis macroeconómico se realizará tomando como base al país y luego ejecutar este mismo análisis a nivel de departamento o municipio. Para llevar a cabo esto se debe tener en cuenta como era el comportamiento que habrían tenido las variables a desarrollar antes del desastre. Los efectos macroeconómicos tiene en cuenta el incremento de los precios, la tasa de crecimiento del producto bruto interno. Se debe tener claro que puede que los precios de determinados artículos aumenten debido a la escasez originada por el desastre, se debe considerar también la pérdida de empleo y el deterioro de las condiciones de vida de la población afectada en cuanto a abastecerse de bienes y/o servicios.

El colapso del puente sobre el río Chillón en la Panamericana Norte impactará en la economía de la ciudad de Lima y específicamente generaría un aumento en los precios de los alimentos en alrededor del 5%. Se puede atribuir a este incremento de los precios el hecho que se deberán de tomar vías alternas para poder llegar de la costa norte del país hacia la ciudad de Lima ante la imposibilidad de poder transitar por el Puente Chillón lo que se traduciría en mayores costos en los precios de transporte y por lo tanto aumento en los precios de los alimentos que llegaban a la capital. Todo ello conducirá a un estancamiento de la actividad productiva en algunos lugares, deterioro del nivel de ingreso y calidad de condiciones de vida de la población, el desabastecimiento de productos alimenticios, de bienes y de insumos básicos para la población y pérdida de empleo entre otros. No esperemos entonces que desencadene todo esto si es posible tomar medidas preventivas ahora, empezando por la intervención preventiva del Puente Chillón.

Todos los distrito de la capital a excepción de Puente Piedra, Santa Rosa y Ancón, se presentaría la escasez de productos provenientes de la Costa Norte del país como lo son el arroz las frutas como naranjas, manzanas, paltas, mangos, uvas, los cuales para llegar a sus sitios de destino tendrán que tomar la carretera Gambeta, la cual está restringida en su horario de uso, luego la Av. Elmer Faucet, que ya se encuentra sobre congestionada, se crearía un caos en la ciudad que colapsaría el transporte urbano, siendo los distritos más afectados Puente Piedra, Santa Rosa y Ancón, por la larga fila de camiones esperando su pase por la Carretera Gambeta.

Pero no necesariamente todo sería afectación hacia las personas, en especial de los distritos de Puente Piedra, Santa Rosa y Ancón, habrán aquellos que aprovecharan esta situación para dedicarse a trabajos informales, en la medida en la que ofrezcan servicios como el de transporte de equipaje o mercancías hacia los sitios en los que sea necesario hacer trasbordo o cambio de bus; de igual forma aprovecharon para ofrecer bebidas o alimentos, toda vez que luego de colapsado el puente será necesario el trasbordo tanto de las mismas personas, como de mercancías. Caso contrario sucederá en los municipios de Los Olivos, Comas, en donde los establecimientos de comercio que se encontraban en la zona del Puente Chillón, decidirán cerrar sus negocios a causa de la caída de esta estructura, provocando por lo tanto la pérdida de empleo de personas que laboraban al interior de estos negocios, los cuales al ver esta situación tomaron la decisión de dirigirse al centro y sur de Lima en búsqueda de un nuevo empleo, acarreado consigo un aumento en la tasa de desempleo de estas comunas en la medida que se aumentaba la cantidad de personas que ingresaban a esta ciudad en busca de un sitio y un puesto en el cual laborar. Se estima que el 75% de los productos agropecuarios estimada en más de 800 mil toneladas en riesgo de perderse dentro de las 72 horas luego del colapso del puente Chillón.

El colapso de la estructura se convertiría en un duro golpe para la economía no sólo de la capital y el Sur del País sino de toda la costa norte que tiene

como principal mercado la ciudad de Lima y la Costa Sur, ante la imposibilidad de movilizar sus productos, situación que se tornaría más que angustiante para empresarios y comerciantes porque no se vislumbraría una solución efectiva en el corto plazo.

Así las cosas, la caída del puente representaría un colapso económico en la región.

La situación también se tornaría angustiante para los ganaderos, quienes semanalmente despachan de 350 a 400 camiones con cargas de cabezas de ganado hacia plantas de sacrificio en Yerbateros.



Figura 19: Consecuencias socioeconómicas del colapso de un puente.

Fuente: Diario El comercio

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

- La evaluación preliminar del puente chillón Km 24+239 Panamericana Norte, indica una intervención preventiva inmediata del puente Chillón, toda vez que se evidencia la falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo, lo cual viene deteriorando las estructuras del puente Chillón, los mismos que se traducen en aceros expuestos en vigas, fisuras, grietas y desprendimiento de concreto en vigas, pilares, tablero y barandas; obstrucción del sistema de drenaje y de las juntas en el tablero, entre otros.
- La resistencia a la compresión obtenida es mayor en un 31.77% de la que se diseña en nuestro país, el cual es aceptable para una estructura con más de 60 años de edad, el mismo no determina la intervención preventiva de manera inmediata del puente sobre río Chillón.
- La profundidad de carbonatación es de hasta 2.00 cm y el acero se encuentra a una profundidad de hasta 5cm, lo cual es aceptable para una estructura con más de 60 años de edad, por lo cual podemos decir que el acero de refuerzo no se ve comprometido ni en riesgo de una posible corrosión en general, salvo en las vigas y pilares indicados. Por lo cual el nivel de carbonatación no determina la intervención preventiva de manera inmediata del puente sobre río Chillón.
- Los factores externos del concreto del puente Chillón km. 24+239 de la carretera Panamericana Norte Habich – intercambio vial Ancón determina su posible intervención preventiva de manera inmediata, toda vez que se determinó lo siguiente:
 - Factores físicos: Disminución del cauce natural del río, desgaste del concreto en las barandas del puente; desgaste; Desprendimiento en Vigas transversales; Desprendimiento de concreto en veredas.
 - Factores mecánicos: Fisuras en veredas, obstrucción de juntas, despostillamiento de veredas y barandas. Deformaciones longitudinales en las barandas, humedecimiento y secado pilares. microfisuramiento, fisuramiento y grietas en los pilares del lado sur. Agrietamiento del tablero en su parte inferior. Fisuras en vigas transversales.

- Factores químicos: corrosión del acero en vigas longitudinales, grietas y fisuras en pilares producidos por corrosión del acero, carbonatación del concreto.
- Los problemas y patologías que presenta el Puente Chillón, son por falta de mantenimiento, lo cual ha generado la gesta de los factores externos ya descritos con sus respectivas patologías que deben de atenderse de manera inmediata. En cuanto a la resistencia del concreto, la carbonatación y el espesor de recubrimiento de sus componentes estructurales se puede decir que se encuentra en buen estado sin riesgo de un colapso inminente por una falla estructural, salvo la posible falla por asentamiento de la cimentación de los pilares del lado sur, por lo que se evidencia que al utilizar y seguir la norma constructiva y realizar un diseño de carga suficiente se pueden construir estructuras que tengan una vida útil larga.

CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES

- Dado los indicios encontrados en la evaluación preliminar de los pilares, se recomienda un estudio muy detallado del puente que incluya la evaluación de la capacidad del puente para las condiciones actuales.
- A pesar de los resultados y recomendaciones dadas en este documento, se resalta la importancia de continuar este tipo de estudios a fondo en la estructura en mención, por las limitaciones económicas y de permisos para modificar elementos del puente. La no inclusión de datos por exploración directa, mediante ensayos destructivos, extracción de núcleos y toma de muestras en general, obvia muchos datos necesarios que podrían modificar las recomendaciones técnicas expuestas en este documento. Así mismo, no ha sido posible, en algunas zonas, de requerir este tipo de estudios por el alto grado de afectación de los materiales como es el caso de la capa de rodadura y las barandas y juntas, toda vez que se requiere de su inmediata reparación.
- Los resultados del estudio deben servir para implementar una política más agresiva y técnica de mantenimiento de puentes en nuestro país, por ello, el Sistema de Administración de Puentes del MTC, debe estar operativo 100%, toda vez que permitirá organizar y llevar a cabo las actividades relacionadas con la planificación, evaluación técnica, mantenimiento, rehabilitación, reposición y construcción, de puentes.
- Se debe capacitar, incentivar y concientizar a los nuevos profesionales en el desarrollo de una cultura de conservación vial, basada en la prevención.
- Se recomienda a la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, elaborar un inventario de las estructuras que colapsaron parcial o totalmente en el Perú con sus respectivos antecedentes, causas, evaluación de las causas del derrumbamiento de puentes vehiculares desde el año 1983 hasta la fecha, centrándose en las principales fallas (sin incluir atentados terroristas) tales como: socavación, crecientes y avalanchas, deficiencias estructurales, deficiencias en la construcción, sobrecarga e impacto, falta de mantenimiento y evaluaciones técnicas periódicas. Dicho trabajo de investigación debe ser a nivel

nacional, incluyendo la evaluación de las consecuencias, soluciones estructurales y el estudio de nuevas estrategias que eviten todo tipo de tragedias.

- Se debe recurrir a todos los recursos posibles, a los conocimientos de las normas antiguas y de las modernas, por lo que es necesario efectuar un estudio de evaluación a cargo de los Especialistas con experiencia en el diseño estructural, y la convocatoria de todas las especialidades, que deben incluir los ensayos de laboratorio especializados.
- Durante la inspección no es recomendable lanzar conclusiones inmediatas, sin que se hayan analizado todas las posibles causas del deterioro o falla.
- Se recomienda hacer estudios complementarios tales como: Los efectos de la socavación en el puente Chillón; Efectos de los factores biológicos en el concreto de la estructura del puente Chillón; Recubrimientos anticarbonatación en la estructura del puente Chillón; La realcalinización del recubrimiento de concreto de la estructura del puente Chillón.
- El análisis de sostenibilidad debe ser participativo: comunidades, instituciones, organismos del sector, a través de capacitaciones a los pobladores, trabajadores de las instituciones involucradas (ministerios, municipalidades, comisarías, etc.), potenciar las fortalezas y la cultura de conservación de puentes.
- Se recomienda que las autoridades competentes deben implementar un plan de mantenimiento a este tipo de estructuras a nivel de todo el país, dadas nuestra geografía y el cambio climático, para prevenir daños irreparables en un futuro y así conservar los puentes en buen estado, salvaguardando la integridad de quienes transitan por los mismos.
- Las inspecciones deben constar de una programación previa, siendo aconsejable que se realicen de forma sistemática, conforme a un catálogo de daños, para que las evaluaciones posteriores puedan servir para solucionar los posibles problemas con la antelación suficiente y para poder comprobar la evolución de posibles problemas de forma adecuada, es decir llevar un histórico, donde se pueda evaluar la evolución de los daños y patologías a las que están sujetos los puentes.

- Revisando la bibliografía encontrada de estudios patológicos realizados en el país, se tiene que no hay mucha evidencia de este tipo de estudios completos, donde se identifiquen, localicen y caractericen las diferentes patologías que padezca la estructura de un puente y luego de esto se ofrezca una solución de reparación para estas patologías encontradas, por lo que se recomienda continuar las investigaciones y darle un nuevo enfoque al estudio de las patologías presentadas en puentes siendo para ello de vital importancia implementar este tipo de evaluación técnica de puentes en todo el país.
- Se recomienda a la Dirección de Puentes del MTC, fiscalizar si el monitoreo de los puentes concesionados, se esté dado adecuadamente y se esté dando el adecuado mantenimiento preventivo a los mismos.
- Se recomienda implementar la metodología generada para la evaluación preliminar de Puentes de concreto armado, la cual, complementa las pautas para una inspección proporcionadas en la Guía para inspección de Puentes del MTC. La misma se muestra en el capítulo 4 y 5 de la presente tesis.
- Se recomienda a las autoridades tomar en cuenta que según la evaluación económica y social por el colapso del puente de acuerdo a la CEPAL, se tendría pérdida de producción industrial por falta de materia prima, los aumentos de costos de transporte ocasionado por la necesidad de emplear vías alternas o medios de comunicación que son más costosos y de menor calidad. El sufrimiento humano, la inseguridad, la admiración o rechazo por parte de la comunidad respecto a la forma en la que las autoridades afrontan las consecuencias del desastre y otros factores en cuanto al bienestar y la calidad de vida. Para llevar a cabo esta clase de evaluación no se dispone de la información necesaria para determinar el valor monetario de estos efectos. Sin embargo por la experiencia del año 1998, se estima en cientos de millones de dólares las pérdidas económicas hasta poner en servicio la vía.

CAPÍTULO 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Broto Comerma, C. (2006). *Enciclopedia Broto de patologías de la Construcción*. Barcelona: Links International.
2. Bustamante Peña, C. A., & Gonzales Morales, D. A. (Diciembre de 2014). Evaluación, diagnóstico y propuesta de intervención para la patología del Puente Román ubicado en el barrio Manga. Cartagena de Indias, Bolivar, Colombia.
3. Cusba Morales, D. (2011). *Estudio de las causas y soluciones estructurales del colapso total o parcial de los puentes vehiculares de Colombia desde 1986 al 2011, y la evaluación de las consecuencias del derrumbamiento de uno de ellos*. Bogotá D.C.: Pontifica Universidad Javeriana.
4. Duran Yamuza, S. V. (2009). Reparación de puentes de hormigón colapsados, mediante la instalación de sistemas estructurales de acero. Quito, Ecuador: Tesis, Escuela Politécnica Nacional.
5. Escuela Politécnica Superior de Avila. (2012). Puentes. En I. CIVIL.
6. Figueroa Infante, A. S., Flórez Valero, C. F., León Neira, M. P., Muñoz Díaz, E. E., Ojeda Moncayo, B. J., Reyes Lizcano, F. A., & Rodríguez Ordóñez, J. A. (2007). *Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria (pavimentada y en Afirmado)*. Bogotá: Pontifica Universidad Javeriana.
7. Flores Tantalean, L. (2011). Ingeniería de Puentes: Nuevas tecnologías para el diseño, construcción y reforzamiento de puentes. *Constructivo*.
8. Galindo Díaz, J., & Paredes López, J. (2011). Daños en puentes históricos de arco de ladrillo en el Alto Cauca (Colombia). *Guillermo de Okham Vol 9 N°1 enero-junio 2011*, 11.
9. Garcia Giraldo, J. M., Ospina Giraldo, J., & Graciano Gómez, A. A. (2014). Evaluación técnica de los puentes en la infraestructura vial del departamento de Antioquia. *Ingeniería Solidaria Vol 10, N° 17 diciembre 2014*, 2.
10. Guerrero, G. (30 de Mayo de 2015). *eluniverso.com*. Obtenido de <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/05/30/nota/4923871/colapso-puente-que-une-baba-su-mayor-parroquia>
11. ICG, & Rocha Felices, A. (2013). *Introducción a la Hidráulica de las Obras Viales*. Lima: ICG.
12. INDECI; PNUD; ECHO. (2011). Proyecto INDECI-PNUD-ECHO "Preparación ante desastre sísmico y/o tsunami y. Lima, Lima, Peru.
13. Intendencia de Recursos Hídricos (IRH) del INRENA. (2003). *Estudio Integral de los recursos hídricos de la Cuenca del Río Chillón componente Hidrología superficial*. Lima.
14. Laprensa. (20 de 07 de 2013). Obtenido de laprensa.peru.com/actualidad/noticia-fotos-asi-queda-colapsado-puente-san-pedro-10108/5#titular
15. López Acuña, J. (2012). Los puentes que se deben proyectar en el Perú. *Boletín informativo ASOCEM Actualidad Nacional N° 1/Diciembre 2012*, 1.
16. Matute Rubio, L., & Pulido Sánchez, I. (2012). Medidas eficientes en la conservación de puentes. *V Congreso Nacional de la Ingeniería Civil*, (pág. 33). Valencia, España.
17. Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos. (Julio de 2007). Manual para inspecciones rutinarias de puentes y alcantarillas en servicio. Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
18. Montoya Ayasta, N. M. (2010). *Evaluación Técnica del Pontón Tinco Yauricocha Km. 183+500 - Monitoreo de Conservación Carretera Canete-Huancayo*. Lima: UNI.
19. MTC. (14 de 06 de 2016). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima, Lima, Perú.
20. MTC, & Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2015). *RED VIAL NACIONAL 2015*. Obtenido de http://sijv.mtc.gob.pe/renac_2015/rvn/PE-1N.pdf
21. MTC, M., & DGCF, D. (2003). *Manual de diseño de puentes*. Lima: Edición Digital del manual de Diseño de Puentes.

22. MTC; Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (14 de 03 de 2006). Guía para Inspección de Puentes. Lima, Lima, Peru.
23. Municipalidad Metropolitana de Lima. (2011). *Plan Regional de desarrollo concertado en Lima (2012-2026)*.
24. Muñoz Díaz, E. (2004). Estudio de las causas del colapso de algunos puentes en Colombia. Bogotá, Colombia.
25. Muñoz Díaz, E. E., & Gomez Villasante, D. (2013). Análisis de la evolución de los daños en los puentes de Colombia. *Revista ingeniería de construcción versión On - line ISSN 0718-5073*, 1.
26. Parra Palacio, S., & Sedano Agudelo, G. (12 de 2011). Desarrollo de Una Metodología para la Evaluación del Estado de Puentes Existentes. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
27. Peru21. (16 de 7 de 2015). *peru21.pe*. Obtenido de <http://peru21.pe/actualidad/chincha-todo-apunta-que-puente-topara-colapso-mala-construccion-2223307>
28. Provias Nacional - MTC, & Vargas Avendaño, O. (2012). Programa 2012 - 2020. *PROGRAMA DE PUENTES 2012 - 2020*, (pág. 40). Lima.
29. PUCP. (08 de 03 de 2013). *puntoedu.pucp.edu.pe*. Obtenido de <http://puntoedu.pucp.edu.pe/noticias/puentes-caida-mantenimiento/>
30. Rivera Trochez, H. (2012). Análisis y determinación de velocidad de corrosión en armaduras de hormigón armado, sometidas a sustancias agresivas e inhibidoras, mediante voltametría cíclica y espectroscopia de impedancia. *tesis de master*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/21590/PROYECTO%20harold_Rivera.pdf?sequence=1
31. Robles Vives, D. (2015). Pese al avance, aún existen falencias en el mantenimiento de puentes. *PERUVIAS. Edición 25*, 21.
32. RPP Noticias. (16 de 02 de 2016). *rpp.pe*. Obtenido de <http://rpp.pe/peru/cusco/tres-puentes-colapsados-y-poblados-aislados-en-el-sur-del-pais-noticia-941363>
33. Sánchez de Guzman, D. (2011). *Durabilidad y Patología del Concreto (Vol. 2)*. Bogotá.
34. SIECA, S., & CEPREDENAC. (Marzo de 2010). Manual Centroamericano de gestión de riesgo en puentes. Centroamerica.
35. Tadeu Mascia, N., & Lenz Sartorti, A. (2011). Identification and analysis of pathologies in bridges of urban and rural roads. *Ingeniería de Construcción Vol 26 N° 01*.
36. UDEP, & Claudia Reto. (1 de Marzo de 2013). *Puentes en Lima: "Los municipios requieren de ingenieros estructurales y fluviales"*. Obtenido de <http://udep.edu.pe/>: <http://udep.edu.pe/hoy/2013/puentes-en-lima-los-municipios-requieren-de-ingenieros-estructurales-y-fluviales/>
37. Universidad de Alicante I.T.O.P. (02 de 2009). Índice de rebote (Esclerómetro Schmidt. *Practica N° 15 Ensayos de información complementaria*. Alicante, Alicante, España.
38. Valenzuela Saavedra, M. A. (Junio de 2010). Refuerzo de puentes existentes por cambio de esquema estatico. aplicación al Puente San Luis en Chile. *Refuerzo de puetes existetes por cambio de esquema estatico. Apliacacion al puente san luis en chile*. Barcelona, barcelona, españa: universitat politecnica de catalunya.
39. Varum Amorin, H. S., Fernandes, C., Nuñez, C., & Santos, J. (2007). Common pathologies in RC bridge structures: a statistical analysis. *Electronic Journal of Structural Engineering*.

ANEXOS

Anexo N° 01. Matriz de Consistencia.

Anexo N° 02. Ficha resumen del proyecto de investigación.

Anexo N° 03. Toma de datos de la Inspección según el MTC.

Anexo N° 04. Formato de toma de datos de la Inspección propuesto.

Anexo N° 05. Planos.

Anexo N° 06. Solicitud de préstamo de Esclerómetro.

Anexo N° 07. Panel Fotográfico.