

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Evaluación de la resistencia estructural del puente
"El rayo" bajo la guía de inspección de puentes del MTC
mediante ensayos destructivos y no destructivos en el
distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto,
departamento de Moquegua, 2021**

Yanina Yumiko Rodriguez Llazaka

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Continental y a los mentores que me brindaron sus amplios conocimientos y así poder haberme proporcionado la oportunidad de poder realizarme como profesional y persona.

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a Dios, quien es mi fuente de inspiración y a quien pido guie mis pasos. Lo dedico también a mis padres y mi hermana, por el soporte ilimitado y su plena confianza en mis capacidades.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.2.1. Problema general	5
1.1.2.2. Problemas específicos	5
1.1.3. Alcance	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo general	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Justificación e importancia del estudio.....	7
1.4. Hipótesis y descripción de variables	8
1.4.1. Hipótesis general.....	8
1.4.2. Hipótesis nula	8
1.4.3. Hipótesis específicas.....	8
1.4.4. Descripción de variables	8
1.4.4.1. Variable independiente.....	8
1.4.4.2. Variable dependiente.....	10
1.4.5. Tabla de operacionalización de variables.....	11

CAPÍTULO II	13
MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes del problema.....	13
2.1.1. Antecedentes nacionales	13
2.1.2. Antecedentes internacionales	14
2.2. Bases teóricas	16
2.2.1. Puentes.....	16
2.2.1.1. Clasificación de puentes	16
2.2.1.2. Partes de la estructura de un puente	17
2.2.1.2.1. Superestructura.....	17
2.2.1.2.1.1. Tablero	17
2.2.1.2.1.2. Estructura Portante	17
2.2.1.2.2. Subestructura	18
2.2.1.2.2.1. Estribos	18
2.2.1.2.2.2. Pilares	18
2.2.1.2.3. Aparatos de apoyo o apoyos	18
2.2.2. Puente simplemente apoyado.....	18
2.2.3. Guía de Inspección de Puentes	19
2.2.4. Concepto de cargas	19
2.2.4.1. Clasificación de cargas	20
2.3. Definición de términos básicos	28
2.3.1. Abrasión.....	28
2.3.2. Aguas abajo.....	28
2.3.3. Aguas arriba	29
2.3.4. Ancho de vía.....	29
2.3.5. Ancho total del puente.....	29
2.3.6. Acera.....	29
2.3.7. Carga permisible	29
2.3.8. Capacidad portante	29
2.3.9. Combinación de carga de un puente	29
2.3.10. Calzada.....	29
2.3.11. Carga muerta.....	29
2.3.12. Carga viva.....	29
2.3.13. Claro hidráulico.....	30
2.3.14. Distancia vertical libre o gálibo.....	30
2.3.15. Defectos funcionales	30
2.3.16. Defectos estructurales.....	30
2.3.17. Depreciación.....	30
2.3.18. Deterioro	30
2.3.19. Diagnóstico	30
2.3.20. Durabilidad.....	30

2.3.21. Estado límite	30
2.3.22. Estado límite de servicio	31
2.3.23. Evaluación	31
2.3.24. Funcionalidad	31
2.3.25. Inspección parcial.....	31
2.3.26. Inspección total.....	31
2.3.27. Longitud del puente	31
2.3.28. Longitud acceso	31
2.3.29. Longitud total del puente	31
2.3.30. Longitud total del tramo.....	31
2.3.31. Luz de tramo.....	32
2.3.32. Luz libre	32
2.3.33. Losa de aproximación	32
2.3.34. Patología.....	32
2.3.35. Pedestal.....	32
2.3.36. Pendiente.....	32
2.3.37. Rellenos.....	32
2.3.38. Rehabilitación	32
2.3.39. Reparación	32
2.3.40. Vado.....	33
2.3.41. Vida útil	33
2.3.42. Viga cabezal	33
2.3.43. Viga diafragma.....	33
CAPÍTULO III.....	35
METODOLOGÍA.....	35
3.1. Método y alcance de la investigación	35
3.2. Diseño de la investigación	35
3.3. Población y muestra.....	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
3.4.1. Técnicas e instrumentos de investigación	37
3.4.1.1. Técnicas de investigación	37
3.4.1.1.1.Observación	37
3.4.1.2. Instrumentos de investigación.....	38
3.4.1.2.1.Ficha de ensayo de diamantina.....	38
3.4.1.2.2.Ficha de ensayo de esclerometría	38
3.4.1.2.3.Fichas de inspección	39
3.4.2. Validez de instrumentos de investigación.....	45
3.4.2.1. Ficha del ensayo de diamantina	46
3.4.2.2. Ficha del ensayo de esclerometría	49
3.4.2.3. Ficha de inspección.....	53

3.4.3.	Procedimiento de recolección de datos	57
3.4.3.1.	Datos generales del puente	57
3.4.3.1.1.	Ubicación del puente.....	57
3.4.3.1.2.	Características físicas	58
3.4.3.1.3.	Características meteorológicas.....	60
3.4.3.1.4.	Antecedentes históricos	61
3.4.3.2.	Ensayo de diamantina	62
3.4.3.3.	Ensayo de esclerometría.....	68
3.4.3.4.	Estudios previos	74
3.4.3.4.1.	Estudio de Hidrología.....	75
3.4.3.4.2.	Estudio de Hidráulica	78
3.4.3.4.3.	Estudio de Geología.....	80
3.4.3.4.4.	Estudio de Geotecnia.....	83
3.4.3.4.5.	Estudio Geofísico	84
3.4.3.4.6.	Estudio Ambiental	89
CAPÍTULO IV	91
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	91
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de información	91
4.1.1.	Resultados de los cálculos de cargas.....	91
4.1.1.1.	Cálculo de cargas existentes	91
4.1.1.1.1.	Cargas permanentes.....	93
4.1.1.1.1.1.	Para vigas exteriores	93
4.1.1.1.1.2.	Para vigas interiores	94
4.1.1.1.2.	Cargas variables	95
4.1.1.2.	Cálculo de momentos de diseño y acero de refuerzo	98
4.1.1.2.1.	Para vigas exteriores	99
4.1.1.2.2.	Para vigas interiores	100
4.1.1.3.	Cálculo de fuerza cortante y acero de refuerzo.....	100
4.1.1.3.1.	Para vigas interiores	101
4.1.1.3.2.	Para vigas exteriores	105
4.1.2.	Verificación de resultados	109
4.1.2.1.	Verificación del estribo	109
4.1.2.1.1.	Verificación de estabilidad al deslizamiento.....	111
4.1.2.1.2.	Verificación de estabilidad al volteo	111
4.1.2.2.	Verificación del pilar	111
4.2.	Discusión de resultados	113
CONCLUSIONES	115
RECOMENDACIONES	117

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118
ANEXOS.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del departamento de Moquegua.....	1
Figura 2 Ubicación del distrito de Moquegua	2
Figura 3 Ubicación del puente "El Rayo"	3
Figura 4 Vista del puente "El Rayo"	4
Figura 5 Partes de la estructura de un puente	17
Figura 6 Camión de diseño	22
Figura 7 Tándem de diseño	22
Figura 8 Carga del carril de diseño	23
Figura 9 Ficha de inspección	40
Figura 10 Ficha de inspección	41
Figura 11 Ficha de inspección	42
Figura 12 Ficha de Condición global del puente	43
Figura 13 Ficha de Panel fotográfico	44
Figura 14 Ficha de Panel fotográfico	45
Figura 15 Ubicación de la ciudad de Moquegua	57
Figura 16 Ubicación del puente "El Rayo"	58
Figura 17 Puntos de extracción de muestra para ensayos de diamantina	62
Figura 18 Punto de extracción de muestra en el estribo	63
Figura 19 Toma de muestra de estribo	63
Figura 20 Punto de extracción de muestra en la viga	64
Figura 21 Toma de muestra de la viga	64
Figura 22 Punto de extracción de muestra en el pilar	65
Figura 23 Toma de muestra del pilar	65
Figura 24 Gráfico estadístico de resistencia a la compresión.....	66
Figura 25 Puntos de extracción de muestra para ensayos de esclerometría.....	69
Figura 26 Puntos de prueba en el estribo.....	69
Figura 27 Prueba en el estribo.....	70
Figura 28 Punto de prueba en la viga.....	71
Figura 29 Prueba en la viga.....	71
Figura 30 Punto de prueba en el pilar.....	72
Figura 31 Prueba en el pilar.....	73
Figura 32 Delimitación de Subcuencas del río Tumilaca	75
Figura 33 <i>Ríos de la cuenca</i>	77
Figura 34 Puente El Rayo, 2016	79
Figura 35 Sección hidráulica del puente "El Rayo"	80
Figura 36 Mapa geológico de la zona de estudio	80
Figura 37 Geología local	81
Figura 38 Líneas sísmicas en el puente El Rayo	86
Figura 39 Tomografías en el puente El Rayo	88
Figura 40 Tomografía TME-39.....	88
Figura 41 Planta del puente "El Rayo"	92
Figura 42 Sección transversal del puente "El Rayo"	92
Figura 43 Detalle de la baranda.....	92
Figura 44 Detalle de viga exterior	93
Figura 45 Detalle de viga interior	94
Figura 46 Diagrama de momentos para carga camión	96
Figura 47 Diagrama de momentos para carga tándem.....	97

Figura 48 Punto de unión con la losa-viga.....	101
Figura 49 Detalle de acero para viga interior.....	105
Figura 50 Punto de unión con la losa-viga.....	105
Figura 51 Detalle de acero para viga exterior.....	109
Figura 52 Fuerzas en el estribo	110
Figura 53 Sección transversal del puente “El Rayo”	111
Figura 54 Acercamiento a la sección transversal del puente “El Rayo”	112
Figura 55 Juicio de experto 01 de ensayo de diamantina	121
<i>Figura 56</i> Juicio de experto 01 de ensayo de esclerometría.....	122
<i>Figura 57</i> Juicio de experto 01 de ficha de inspección.....	123
<i>Figura 58</i> Juicio de experto 02 de ensayo de esclerometría.....	124
<i>Figura 59</i> Juicio de experto 02 de ensayo de diamantina	125
<i>Figura 60</i> Juicio de experto 02 de ensayo de fichas de inspección.....	126
<i>Figura 61</i> Juicio de experto 03 de ensayo de diamantina	127
<i>Figura 62</i> Juicio de experto 03 de ensayo de esclerometría.....	128
<i>Figura 63</i> Juicio de experto 03 de ficha de inspección.....	129
<i>Figura 64</i> Juicio de experto 04 de ensayo de diamantina	130
<i>Figura 65</i> Juicio de experto 04 de ensayo de esclerometría.....	131
<i>Figura 66</i> Juicio de experto 04 de ficha de inspección.....	132
<i>Figura 67</i> Ficha de ensayo de diamantina.....	133
<i>Figura 68</i> Ficha de ensayo de esclerometría	134
<i>Figura 69</i> Ficha de inspección	135
<i>Figura 70</i> Ficha de inspección	136
<i>Figura 71</i> Ficha de inspección	137
<i>Figura 72</i> Ficha de inspección	138
<i>Figura 73</i> Ficha de inspección	139
<i>Figura 74</i> Ficha de inspección	140
Figura 75 Baches en losa de aproximación.....	141
Figura 76 Losa de aproximación con pendiente pronunciada.....	141
Figura 77 Acero expuesto de la viga principal.....	142
Figura 78 Pequeñas quiñaduras en las veredas	142
Figura 79 Zapata del pilar parcialmente expuesta	143
Figura 80 Poca limpieza en las barandas.....	143
Figura 81 Colmatación en el estribo izquierdo	144
Figura 82 Colmatación en los bordes de cauce	144
Figura 83 Vista del puente “El Rayo” desde la vía principal.....	145
Figura 84 Vista frontal del puente “El Rayo” desde la vía secundaria	145
Figura 85 Vista lateral del tramo derecho del puente.....	146
Figura 86 Vista lateral del tramo izquierdo del puente	146

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Población del departamento de Moquegua	2
Tabla 2 Distritos de la provincia de Mariscal Nieto	2
Tabla 3 Operacionalización de variables	11
Tabla 4 Cuadro de condición global del puente	20
Tabla 5 Pesos específicos	21
Tabla 6 Incremento de la Carga viva por Efectos dinámicos (IM)	23
Tabla 7 Factores de carga para cargas permanentes	24
Tabla 8 Combinaciones de carga y factores de carga	24
Tabla 9 Factor de distribución de carga viva para momentos en vigas interiores	27
Tabla 10 Factor de distribución de carga viva para momentos en exteriores	28
Tabla 11 Factor de distribución de carga viva para Corte en interiores	28
Tabla 12 Factor de distribución de carga viva para Corte en exteriores	29
Tabla 13 Plantilla de ensayo de diamantina	38
Tabla 14 Plantilla de ensayo de esclerometría	38
Tabla 15 Lista de expertos	45
Tabla 16 Validez de ficha del ensayo de diamantina por experto 01	46
Tabla 17 Validez de ficha del ensayo de diamantina por experto 02	47
Tabla 18 Validez de ficha del ensayo de diamantina por experto 03	47
Tabla 19 Validez de ficha del ensayo de diamantina por experto 04	48
Tabla 20 Tabla para la interpretación de la V de Aiken	49
Tabla 21 Resumen de validez de la ficha del ensayo de diamantina	49
Tabla 22 Validez de ficha del ensayo de esclerometría por experto 01	50
Tabla 23 Validez de ficha del ensayo de esclerometría por experto 02	50
Tabla 24 Validez de ficha del ensayo de esclerometría por experto 03	51
Tabla 25 Validez de ficha del ensayo de esclerometría por experto 04	52
Tabla 26 Resumen de validez de la ficha del ensayo de esclerometría	53
Tabla 27 Validez de fichas de inspección por experto 01	53
Tabla 28 Validez de fichas de inspección por experto 02	54
Tabla 29 Validez de fichas de inspección por experto 03	55
Tabla 30 Validez de fichas de inspección por experto 04	55
Tabla 31 Resumen de validez de fichas de inspección	56
Tabla 32 Resultados de ensayo de diamantina	65
Tabla 33 Valores estadísticos de testigos	66
Tabla 34 Características de las mezclas de concreto por clase	67
Tabla 35 Resultados de ensayo de esclerometría	74
Tabla 36 Parámetros de forma del río Tumilaca	76
Tabla 37 Parámetros hidráulicos del puente “El Rayo”	79
Tabla 38 Unidades lito estratigráficas	82
Tabla 39 Columna estratigráfica de la defensa ribereña	82
Tabla 40 Resumen del estudio geológico	83
Tabla 41 Líneas LS-34 y LS-36	86
Tabla 42 Momentos de las fuerzas ejercidas en el estribo	110
Tabla 43 Niveles de sección transversal	112

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar la resistencia estructural del puente “El Rayo” bajo la Guía de inspección de puentes del MTC mediante ensayos destructivos y no destructivos en el distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua. Para alcanzar este punto, se planteó un enfoque mixto, teniendo como tipo de investigación que es aplicativo, un nivel descriptivo, y un diseño no experimental y transversal.

La presente tesis tuvo un universo conformado por todos los puentes de la provincia de Mariscal Nieto, sea cual sea su tipo de concreto, de acero, mixtos, etc., y con una población formada por los puentes que cruzan por el río Tumilaca, ya sean estos peatonales o vehiculares, o también sean del tipo concreto o de acero. Se explicó también cómo se realizará la inspección visual con ayuda de las fichas de la Guía de inspección de puentes y la validación de los instrumentos realizada por los expertos.

Además de eso, se indicó cómo y dónde se realizaron los ensayos destructivos y no destructivos para obtener resultados que nos ayudarán con los cálculos, y, asimismo, se realizó un breve resumen sobre los estudios realizados en el puente.

De esta manera, se llegó a la conclusión de que de la evaluación realizada al concreto estructural del puente “El Rayo”, mediante los ensayos de diamantina, se determina que el concreto no es el adecuado para una estructura de este tipo, ya que el Manual de puentes del MTC, en la tabla 2.5.4.1-C1 del ítem 2.5.4.1., indica que la resistencia mínima del concreto para puentes de categoría A es de 280 kg/cm^2 , finalmente, el puente “El Rayo” según la ficha de inspección se encontraría en un grado de severidad 2 (regular), pero, de la verificación del diseño estructural realizado, tiene algunas deficiencias en cuanto a la capacidad estructural de vigas y de estribos, lo cual comprometería su estabilidad estructural en el futuro.

Palabras claves: evaluación, estructural, puente, ensayos, destructivos

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the structural resistance of the “El Rayo” bridge under the MTC Bridge Inspection Guide through destructive and non-destructive tests in the district of Moquegua, province of Mariscal Nieto, department of Moquegua. To reach this point, it was raised. a mixed approach, having as a type of research that is applicative, a descriptive level, and a non-experimental and cross-sectional design.

This thesis had a universe made up of all the bridges in the province of Mariscal Nieto, whatever their type of concrete, steel, mixed, etc .; and with a population formed by the bridges that cross the Tumulaca River, whether they are pedestrian or vehicular, or they are also of the concrete or steel type; It was also explained how the visual inspection will be carried out with the help of the cards in the Bridge Inspection Guide and the validation of the instruments carried out by the experts.

In addition to that, it was indicated how and where the destructive and non-destructive tests were carried out to obtain results that will help us with the calculations and a brief summary is made of the studies carried out on the bridge.

It was concluded that from the evaluation carried out on the structural concrete of the “El Rayo” bridge, by means of the diamond tests, it is determined that the concrete is not suitable for a structure of this type, since the MTC Bridge Manual in table 2.5.4.1-C1 of item 2.5.4.1. indicates that the minimum concrete strength for category A bridges is 280 kg / cm², finally, the “El Rayo” bridge according to the Inspection Sheet would be in a severity degree 2 (regular) but, from the design verification It has some deficiencies in the structural capacity of the beams and stirrups, which would compromise its structural stability in the future.

Keywords: evaluation, structural, bridge, testings, destructive.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las ciudades ha estado ligado al desarrollo de la infraestructura vial. Un ejemplo muy claro son los pueblos que se establecieron cerca de las vías principales de una ciudad, mejorando así mismo su estilo de vida (Cain Guambo, 2016). En el Perú, el transporte terrestre es el medio de comunicación más usado para el movimiento de mercaderías, productos y personas, por ende, infraestructuras viales como pistas, puentes, *by-pass*, entre otros deben estar en óptimas condiciones.

Podemos decir que los puentes son estructuras que cuando colapsan generan un mayor impacto negativo, puesto que interrumpiría la comunicación con las zonas afectadas, ocasionando desabastecimiento a poblaciones o varias comunidades. Es por ello que su mantenimiento y continua evaluación es primordial no solo para los pobladores que viven cerca de las riberas sino en conjunto, ya que estos son usados para comunicar ciudades enteras (Cardoza Quijada & Villalobos Zetino, 2005). En este sentido, el uso del puente “El Rayo” no solo es a nivel vehicular sino a nivel peatonal, por lo que su interrupción de circulación evitaría que los pobladores de los sectores de Los Ángeles, Estuquiña y Alto La Villa no puedan acceder a los servicios que existen en la ciudad de Moquegua y ciudades aledañas.

Por lo anteriormente señalado, la presente tesis titulada *Evaluación de la resistencia estructural del puente “El Rayo” bajo la Guía de Inspección de puentes del MTC mediante ensayos destructivos y no destructivos en el distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua*, procura aportar el conocimiento de las condiciones de la estructura en mención realizando una inspección respetando la normativa vigente; con el propósito de asegurarnos que soporte los esfuerzos y cargas que en la actualidad se presentan y siga cumpliendo su función de comunicación entre comunidades. De esta manera se ponga un precedente para continuar con la labor de revisión periódica para evaluar su comportamiento estructural con el transcurrir del tiempo, y evitar en un futuro su colapso o daño permanente (Fernández Mayta, 2018).

Para este proceso hemos utilizado ambos ensayos destructivos y no destructivos colaborando con las fichas de inspección para tener un mejor conocimiento del estado de cada elemento estructural (superestructura y subestructura), y de esta manera determinar su grado de serviciabilidad (Fernández Mayta, 2018).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

En general, la conexión vial en el Perú depende de la presencia de puentes, los cuales evidencian un grave problema de inspección, ya que la mayoría de estas estructuras no cuentan con un programa anual de mantenimiento y revisión estructural, puesto que las épocas de lluvia son cada vez más inclementes y afectan a muchos sectores del país. En los últimos años, las noticias de puentes desplomándose en varias zonas de la nación han sobresaltado a la población. Desde el puente Talavera en Lima hasta el puente Virú en la Libertad, podemos afirmar que existe un problema latente en cuanto a la construcción y mantenimiento de las estructuras mencionadas (Cruz, 2017).



Figura 1. Ubicación del departamento de Moquegua

El departamento de Moquegua tiene una superficie de 15 733.97 km² y se divide administrativamente en tres provincias (Wikipedia, Moquegua, s.f.), como se detalla a continuación:

Tabla 1

Población del departamento de Moquegua

	Población (en miles)	% respecto al dpto.	Hogares
Moquegua	184.2	100.0	60.7
Mariscal Nieto	83.1	45.1	26.5
Ilo	72.2	39.2	23.5
General Sánchez Cerro	28.9	15.7	10.7

Nota: Tomada de INEI. - Estimaciones y proyecciones de población



Figura 2. Ubicación del distrito de Moquegua

La provincia de Mariscal Nieto está conformada por seis distritos, como se muestra en la tabla 2. Su capital es la ciudad de Moquegua, la cual está ubicada a 1 410 m s. n. m. (Wikipedia, Moquegua, s.f.).

Tabla 2

Distritos de la provincia de Mariscal Nieto

Distrito	Capital	Población
Carumas	Carumas	3877
Cuchumbaya	Cuchumbaya	1306
Moquegua	Moquegua	50075
Samegua	Samegua	7262
San Cristóbal de Calacoa	Calacoa	2652
Torata	Torata	5288

Nota: Tomada de Plan Regional de Seguridad Ciudadana 2017

Según el Plan de desarrollo urbano sostenible Moquegua - Samegua 2016-2026 (2018) la ciudad de Moquegua está rodeada por un sistema montañoso, dentro de los cuales podemos señalar el cerro Los Ángeles, el cerro Estuquiña y el cerro Huaracane, que están ubicados al norte de la ciudad.

El río Moquegua está formado por la unión de cursos de agua de los ríos Torata, Huaracane y Tumilaca, después de pasar por la ciudad, desemboca en un cañón llamado Osmore.

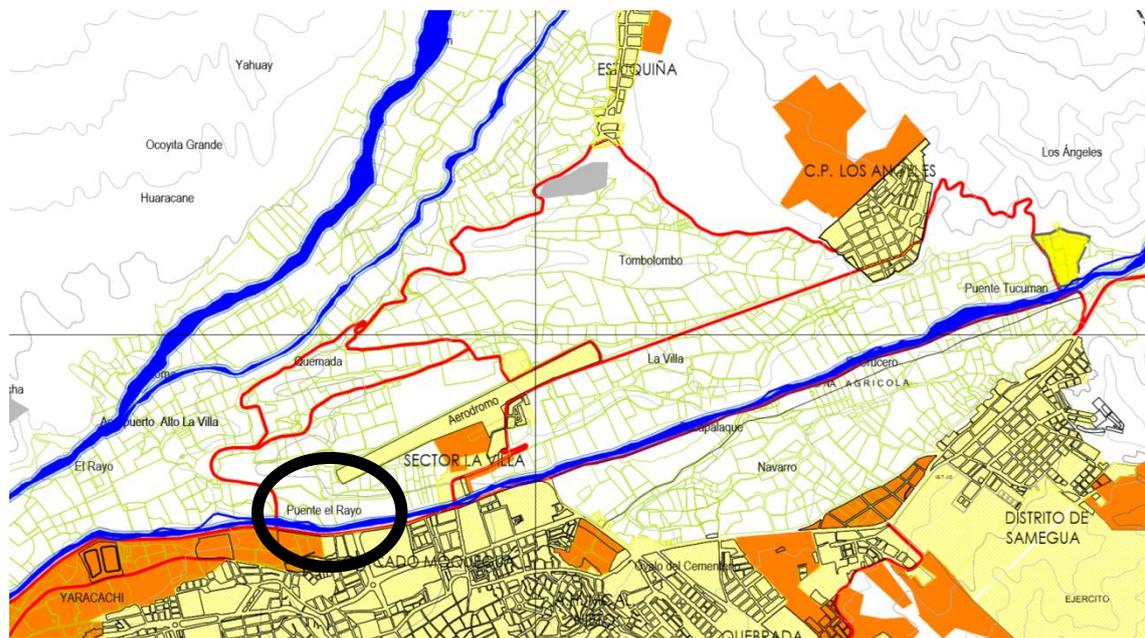


Figura 3. Ubicación del puente "El Rayo"

Como indica el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (s.f.), el río Tumilaca tiene una cuenca húmeda de 255 km², el cual se forma de la confluencia de los ríos Coscori y Capillune, y su caudal promedio anual es de 1,067 m³/s.

Los primeros meses del año son las épocas donde ocurre mayor precipitación pluvial en las zonas altas, llueve por poco tiempo, pero una gran intensidad, lo que provoca que el caudal del río aumente. Cada año estas grandes avenidas causan estragos en las estructuras aledañas al río: muros de contención, enrocados, puentes peatonales, incluso las vías contiguas a este, pudiendo dañarlos severamente o en casos

extremos haciéndolos colapsar. En el año 2019, la ciudad de Moquegua sufrió el desborde del río del mismo nombre, lo que provocó la caída del puente Montalvo, dejando aislada a la ciudad durante 48 horas. Este desastre pudo haberse prevenido, realizando una evaluación y analizando las posibles fallas que propicien un posible colapso (RPP, 2019).

Otro suceso ocurrió cuando el incremento del caudal de los ríos y afluentes de la cuenca, debido a las fuertes precipitaciones en el año 2015, causó daños de magnitud severa en viviendas, servicios básicos, áreas agrícolas, vías de comunicación, infraestructura pública y privada, así como daños sanitarios y de vidas humanas. El río Tumilaca llevó consigo gran cantidad de agua, piedras, lodo y restos de árboles arrancados que arrastraba mientras seguía su curso, esto produjo daños en varios de los puentes (Tucumán, El Rosal, La Villa, El Rayo), y además en los muros de contención laterales (Prensa Regional, 2019).



Figura 4. *Vista del puente "El Rayo"*

La presencia de una baja pendiente es un factor ideal para producir una colmatación por material de arrastre, partes de árboles, rocas traídas y depositadas por la corriente, fenómeno producido por el aumento del caudal del río Tumilaca, contribuyendo, a su vez, que el paso de las aguas se reduzca, condiciones que ponen en peligro la estructura del elemento en estudio, haciendo imprescindible realizar la limpieza necesaria para la próxima temporada de lluvias que en el incremento del caudal puedan afectar de gravedad el puente mencionado en esta investigación (Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto, 2018).

Debido a la antigüedad del puente “El Rayo” y en conformidad con la Guía de inspección de puentes, se considera necesario realizar evaluaciones anuales del puente, tomando en cuenta que en la obtención de información para complementar esta investigación se ha notado la inexistencia de registros de evaluaciones o inspecciones programadas de la realidad situacional del puente. A su vez, teniendo como referencia que el puente tiene 18 años de antigüedad, es de gran necesidad un estudio estructural de las condiciones del puente, para ello se debe iniciar una evaluación de la resistencia a la compresión del concreto para obtener datos que nos emita una realidad exacta del estado de la estructura, y que esta investigación y sus resultados sirva de contribución técnica informativa.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es la resistencia estructural del puente “El Rayo” bajo la Guía de Inspección de Puentes del MTC mediante ensayos destructivos y no destructivos en el distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua – 2021?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el estado en la subestructura del puente “El Rayo” mediante ensayos destructivos y no destructivos?
- ¿Cuál es el estado de la superestructura del puente “El Rayo” mediante ensayos destructivos y no destructivos?
- ¿Cuál es la operatividad de los elementos estructurales teniendo en cuenta las patologías visuales?

1.1.3. Alcance

La presente investigación se realizará en un puente de concreto armado simplemente apoyado en el distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

El puente “El Rayo” conecta a los sectores urbano-rurales de Alto La Villa, Los Ángeles y Estuquiña, lo que posibilita un recorrido fluido y directo.

Sobre los estudios de hidrología e hidráulica, así como los de geología, geotécnica, geofísica e impacto ambiental, se tomarán resultados de estudios ya efectuados en la zona.

Los siguientes estudios no se realizarán, ya que no corresponden según el tipo de puentes y condición:

Alternativas a nivel anteproyecto. Los ensayos a realizar son:

- Tres pruebas de extracción de diamantina de la base del puente y del tablero para ver la resistencia de concreto de manera directa, 01 en un estribo, 01 en la viga y 01 en el tablero.

- Pruebas de esclerómetro para ver la resistencia del concreto de manera indirecta (08 pruebas en total).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la resistencia estructural del puente “El Rayo” bajo la Guía de Inspección de Puentes del MTC mediante ensayos destructivos y no destructivos en el distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el estado en la subestructura del puente “El Rayo” mediante el ensayo destructivo y no destructivo.

- Evaluar el estado de la superestructura del puente “El Rayo” mediante el ensayo destructivo y no destructivo.

- Determinar la operatividad de los elementos estructurales teniendo en cuenta las patologías visuales.

1.3. Justificación e importancia del estudio

Incursionar en la evaluación estructural del puente permitirá conocer las causas y factores que lo han deteriorado. En ese sentido, se propone estudiar los daños que presenta, desgastes, tipos de fallas, corrosión, filtraciones y sobrecarga. Para ello se considerará el año de construcción y la vida útil de la estructura, incremento del parque automotor de ser el caso y el crecimiento de la población a futuro.

Puesto que esta vía de comunicación debe estar en excelentes condiciones para el libre y cómodo transitar de los vehículos y peatones, es que se busca evaluar técnicamente el puente. Ya que, de manifestar daños severos por incremento de caudales de años anteriores, esta vía puede colapsar y perjudicar a las zonas aledañas de Alto La Villa, Los Ángeles y Estuquiña. Para las inspecciones en el puente se requiere un amplio presupuesto, pero al optar por un ensayo de diamantina se puede conocer la resistencia característica del estado de sus componentes. Esto debido a que es una prueba intrusiva y se toma directamente de la estructura. Junto con este ensayo se realizará el de esclerometría, el cual no es invasivo, por lo que puede realizarse en más componentes. Sin embargo, no es tan certero como el anterior por lo que se correlacionará datos con el de diamantina para así tener una mejor idea del estado final del puente (Fernández Mayta, 2018).

Importancia social

La correcta evaluación del estado constructivo de los puentes posibilita el ahorro de recursos y la previsión de accidentes, lo que favorece a mantener la seguridad de la población.

La presente investigación se realiza porque existe la necesidad de salvaguardar el estilo de vida de los pobladores que viven a lo largo de río Tumilaca, puesto que los puentes que existen a lo largo de su recorrido son usados para conectar estas poblaciones con el centro de la ciudad y puedan acceder a todo tipo de servicios que cerca de sus hogares no encuentran. A pesar de haber varios puentes a lo largo de la ribera, no todos son peatonales, de manera que por todos ellos las personas no pueden cruzar tranquilamente sin tener que temer por su seguridad. Por ello la importancia que estas estructuras se conserven a través de los años, programando el mantenimiento requerido y las evaluaciones normadas por lo menos una vez al año (Municipalidad

Provincial de Mariscal Nieto, 2018). El puente “El Rayo”, materia de estudio, requiere una limpieza antes de la época de lluvias para que durante este periodo no termine seriamente dañado o inhabilitado por algún tiempo.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis general

La evaluación de la resistencia del puente “El Rayo” mediante ensayos destructivos y no destructivos cumple con los parámetros de la Guía de Inspección de Puentes del MTC.

1.4.2. Hipótesis nula

La evaluación de la resistencia del puente “El Rayo” mediante ensayos destructivos y no destructivos no cumple con los parámetros de la Guía de Inspección de Puentes del MTC.

1.4.3. Hipótesis específicas

- El ensayo destructivo y no destructivo demuestra el buen estado de la subestructura del puente “El Rayo”.

- Los resultados del ensayo destructivo y no destructivo demuestran el óptimo estado de la superestructura del puente “El Rayo”.

Las patologías visuales evidencian la operatividad de los elementos estructurales del puente “El Rayo”.

1.4.4. Descripción de variables

1.4.4.1. Variable independiente

- Ensayos destructivos

Los ensayos destructivos son pruebas realizadas en el concreto con los cuales podemos determinar directamente ciertas propiedades del material. Este ensayo deforma el material de manera irreversible. (Zambrano Rojas, 2017)

Como ensayo destructivo usaremos la prueba de diamantina.

Normalizado según la NTP 339.034 en el Perú: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

La NTP 339.034 indica que el método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de las probetas es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de sección recta de la probeta.

- Ensayos no destructivos

Se denomina ensayo no destructivo (END), llamado también por sus siglas en inglés NDT, a cualquier prueba realizada en material y que este no sufra alteraciones de ningún tipo. (Wikipedia, Ensayo no destructivo, s.f.)

Es conveniente complementar los resultados de estos ensayos con los ensayos destructivos para tener resultados más certeros, puesto que los ensayos no destructivos no implican un mayor costo, por lo que permiten hacer más de una repetición.

Como ensayo no destructivo usaremos la prueba de esclerometría o del esclerómetro.

Normalizado según la norma ASTM C805. Normalizado según la NTP 339.181 en el Perú. Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido.

Céspedes García lo define como la prueba del martillo de rebote, donde una masa normalizada es impulsada por un resorte, el cual tiene una cantidad de energía que se extiende hasta una posición determinada; esto se logra presionando el émbolo contra la superficie del concreto que se quiere probar. Al liberarse la masa, que aún está en contacto con el concreto, rebota del émbolo y el espacio recorrido por esta, expresada como porcentaje de la extensión inicial del resorte, es lo que llamamos número de rebote y es señalado por un indicador que corre sobre una escala graduada. (Céspedes García, 2003)

1.4.4.2. Variable dependiente

- Resistencia estructural

Es necesario evitar la confusión entre la resistencia de la estructura y la resistencia del material. La resistencia de la estructura es sencillamente la carga que rompería la estructura. Este concepto se conoce como “carga de rotura” y, generalmente, solo puede aplicarse a una estructura individual y específica.

La resistencia de un material es la tensión que se necesita para romper una pieza de ese material. (Gordon, 2004)

Para evaluar elementos estructurales en las construcciones existentes es necesario realizar pruebas destructivas, las que históricamente nos brindan resultados más precisos, para ello se realiza la perforación del elemento estructural, para obtener testigos y conseguir estimaciones confiables de la resistencia del concreto.

Otro análisis eficiente es el de las pruebas no destructivas, que permiten evaluar los elementos estructurales de forma más económica sin perder su confiabilidad.

1.4.5. Tabla de operacionalización de variables

De la presente investigación titulada: *Evaluación de la resistencia estructural del puente “el rayo” bajo la guía de inspección de puentes del MTC mediante ensayos destructivos y no destructivos en el distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, 2021*, se desprenden las siguientes variables:

Tabla 3

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL.	INDICADORES	ÍTEMS	UNIDADES
VARIABLE INDEPENDIENTE Ensayos en el concreto	Ensayos destructivos	Con la prueba de compresión que se le aplica al testigo extraído con la prueba de diamantina, se medirá la resistencia.	Ensayo de diamantina		Kg/cm ²
	Ensayos no destructivos	Ayudados por un análisis estadístico se conocerá la resistencia promedio, a partir de 3 pruebas realizadas con el equipo de esclerometría.	Ensayo de esclerometría		Kg/cm ²

VARIABLE DEPENDIENTE		Calificación	Descripción		
Evaluación de la resistencia estructural	Estado de superestructura	0	Muy bueno	Operatividad del tablero	Estudio de Hidrología
		1	Bueno	Operatividad de vigas	Estudio de Hidráulica
		2	Regular		Estudio de Geología
	Estado de sub estructura	3	Malo	Operatividad del estribo	Estudio de Geotecnia
		4	Muy malo		Estudio Geofísico
		5	Pésimo	Operatividad del pilar	Estudio Ambiental
					Patologías visuales

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes nacionales

Luz Farfán (2018) sustentó la tesis *Evaluación y determinación de las patologías en la estructura del puente Sullana ruta PE-01N km 2+107, provincia de Sullana, departamento de Piura*, en la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, con la finalidad de optar el título de Ingeniero Civil. El objetivo del estudio es determinar y evaluar las patologías existentes en el puente Sullana, distrito de Sullana, provincia de Sullana, departamento de Piura. El autor, siguiendo el diseño cualitativo, mediante el uso de la metodología para Evaluación de Puentes (SCAP), determinó las patologías que se presentan en todos los elementos del Puente Sullana, clasificando a cada elemento en grados de deterioro en niveles del 01 – 04. El valor de este estudio es relativamente aceptable, debido a que nos muestra las diferentes patologías que puede tener un puente. (Farfán Castillo, 2018)

Por su parte, Christofer Fernández (2018) presentó la tesis *Evaluación estructural mediante ensayos destructivos y no destructivos del puente vehicular Reque (km 773+000) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque 2018*, en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión para optar el título de Ingeniero Civil. El autor, siguiendo el enfoque cualitativo y cuantitativo, utiliza como instrumentos diversos ensayos del concreto y acero para realizar su investigación como el ensayo de esclerometría, extracción de núcleos perforados, tracción, etc.; arribando a la siguiente conclusión: El puente Reque según los resultados de las evaluaciones realizadas se encuentra en una condición estable, dado que los elementos que lo conforman sí cumplen con los requisitos de ductilidad y resistencia, en cuanto a durabilidad los elementos de concreto no cumplen. El valor del estudio es aceptable, debido a que aplica los instrumentos que vamos a usar para la investigación. (Fernández Mayta, 2018)

El año 2019, Marilia Rodríguez presentó la tesis *Diseño de un puente tipo losa y un puente viga losa hasta 20m de luz, en el distrito de Chilca – 2017*, en la Universidad Continental para optar el título de Ingeniero Civil. El objetivo de la investigación fue el desarrollo de un adecuado procedimiento para calcular el diseño de un puente de hasta 20m de luz según el Manual de diseño de puentes del MTC. La autora sigue el enfoque cuantitativo utilizando el Manual de diseño de puentes, llegando a la siguiente conclusión:

El Manual de diseño de puentes del MTC no presenta un procedimiento detallado de cálculo, por lo tanto, se logró realizar el procedimiento de diseño de un puente losa y viga losa que conecta los barrios botadero 1 y botadero 2 en el distrito de Chilca, de manera detallada y didáctica, siendo viable y generando una guía de diseño para estudiantes y/o profesionales (Rodríguez Hinostroza, 2019, p.62).

El valor del estudio es relativamente aceptable, puesto que se está aplicando una de las guías que tiene el MTC, y ser un ejemplo de una evaluación.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Cain y Arcos (2016) sustentaron la tesis *Evaluación estructural y funcional del puente Cebada, ubicado en el kilómetro 32 del tramo Guamote - Macas (Ruta E46), aplicando la metodología del Sistema de Administración de las Estructuras de Puentes (S.A.E.P.) para su rehabilitación y conservación*, en la Universidad Nacional de Chimborazo de Ecuador, para optar el título de Ingeniero Civil. El objetivo del estudio es evaluar la funcionalidad estructural del puente Cebadas para su rehabilitación y conservación. Los investigadores siguieron el enfoque cualitativo y cuantitativo, y demostraron que de acuerdo con la evaluación estructural y funcional del puente Cebadas mediante la aplicación de la metodología del sistema de administración de estructuras de puentes S.A.E.P, se concluyó que este presenta un grado de afectación en los elementos primarios de 146 y en los elementos secundarios un grado de afectación de 53. Estos parámetros establecieron un rango de calificación, determinando una calificación de seis y considerando una condición general del puente expresándola como “mala”. El valor de este estudio es aceptable, puesto que nos presenta la evaluación de un puente, así como el estado de cada elemento estructural del mismo. (Cain Guambo, 2016)

El año 2016, Javier Martínez sustentó la tesis “*Sistemas de gestión de puentes. Optimización de estrategias de mantenimiento Implementación en redes locales de carreteras*, en la Universidad Politécnica de Madrid de España, con la finalidad de optar el título de doctor. El objetivo del estudio es el desarrollo de un sistema de gestión de puentes, necesario para evaluar el deterioro y evolución en un conjunto de estructuras de una red vial existente, aportando a la optimización, toma de decisiones, recursos económicos disponibles, clasificación del estado de puentes y programación de inspección de la condición estructural de los mismos. El investigador sigue el enfoque cualitativo utilizando como instrumento un sistema de gestión específico desarrollado, el modelo SGP-CLM, arribando a la conclusión siguiente: según el desarrollo para la obtención de datos reflejados en la presente investigación, se considera que se ha implementado un sistema que permite un análisis válido para considerar como prioridad la inversión en reparación de redes de puentes; permitirá a las administraciones locales y autónomas de carreteras un panorama real de las condiciones de los puentes, el cual no es de alto costo y ha sido elaborado con las calibraciones y especificaciones de la red estudiada. El valor de este estudio es aceptable, debido a que nos muestra un modelo diferente de evaluación de estas estructuras. (Martínez Cañamares, 2016)

Franco Aguirre (2016) presentó la tesis *Modelo de gestión para puentes de la provincia de El Oro*, en la Universidad Técnica de Machala de Ecuador, con la finalidad de optar el título de maestro. El objetivo de la investigación es proponer un modelo de gestión de puentes que permita planificar el mantenimiento y reparación de los puentes gestionados en función de los costos y beneficios que generen en el sector. El investigador sigue el enfoque cualitativo utilizando como herramienta el Manual de Respuesta Rápida (MRR), arribando a la conclusión de que ya habiendo determinado el estado estructural de los puentes, mediante la relación matemática de variables que relacionan tanto la edad del puente, la cantidad de mantenimientos recibidos y el daño que presenta, se puede realizar un análisis a mayor profundidad que permite determinar un índice de condición estructural de los puentes, lo que ratifica la necesidad del mantenimiento, reparación o sustitución de los puentes estudiados. El valor de este estudio es relativamente aceptable, ya que nos muestra la aplicación de un sistema de gestión para estas estructuras y así determinar su estado de forma ágil y precisa. (Aguirre Erique, 2016)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Puentes

Según García Rossell (2006) un puente se define como una estructura que se contruye por encima de accidentes naturales como ríos, lagos, quebradas o mares o artificial como vías férreas, una carretera, calle o avenida u cualquier otra construcción realizada por el hombre, con la finalidad de utilizarlo par accesibilidad peatonal o vehicular.

2.2.1.1. Clasificación de puentes

Existen diversas formas de categorizar los puentes. Rodríguez (2016) indica algunas de estas:

Por su función:

- Peatonales
- Carreteros
- Ferroviarios

Por los materiales de construcción:

- Madera
- Mampostería
- Acero estructural
- Sección compuesta
- Concreto armado
- Concreto presforzado

Por el tipo de estructura:

- Simplemente apoyados
- Continuos

- Simples de tramos múltiples
- Cantilever (brazos voladizos)
- En arco
- Atirantado (utilizan cables rectos que atirantan el tablero)
- Colgados
- Levadizos (basculantes)
- Pontones (puentes flotantes permanentes)

2.2.1.2. Partes de la estructura de un puente

Un puente está dividido principalmente en dos partes: la superestructura y la subestructura. La superestructura está conformada por la estructura portante y el tablero. La subestructura está compuesta por los estribos y el o los pilares que pueda tener la estructura dependiendo de su longitud.

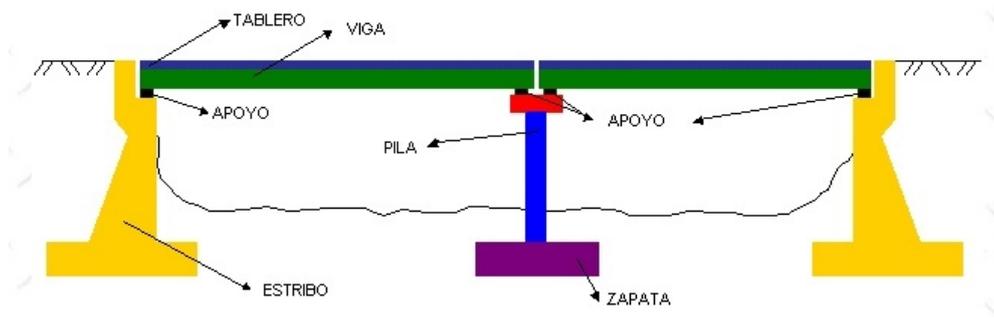


Figura 5. Partes de la estructura de un puente

2.2.1.2.1. Superestructura

La superestructura es un sistema que se apoya íntegramente de forma monolítica con elementos principalmente que se encuentran en esta, comprendiendo vigas longitudinales, vigas transversales y armaduras. La superestructura propiamente dicha es la superficie de contacto con el tráfico, es decir, la parte superior del puente. (García-Rossell, 2006)

2.2.1.2.1.1. Tablero

El tablero está conformado por la losa apoyada de forma directa principalmente en vigas, viguetas transversales o largueros. Es la estructura que soporta las cargas. Este elemento estructural puede ser construido de concreto, madera o metal, (AASHTO-LRFD, 2010)

2.2.1.2.1.2. Estructura Portante

La estructura portante es el elemento resistente de mayor importancia del puente; por ejemplo, el cable en un puente colgante sería el elemento principal de resistencia como estructura portante; por otro lado, en los puentes en forma de arco, el anillo que conforma la estructura es el componente con la principal resistencia.

Forman parte de la estructura portante también las vigas, los diafragmas, las aceras, los postes si tuviera, los pasamanos, la capa de rodadura, y en el caso de puentes para ferrocarriles formarían parte los rieles y los durmientes, claramente si cuenta con ellos. (AASHTO-LRFD, 2010)

2.2.1.2.2. Subestructura

La subestructura es la encargada de soportar los elementos de la superestructura, trabajando de forma integrada y monolítica. Sirve de apoyo a la superestructura transfiriendo las cargas solicitantes a las cimentaciones y al terreno de cimentación, siendo estas sus funciones principales. (García-Rossell, 2006)

2.2.1.2.2.1. Estribos

Su función es la de soporte de los extremos del puente. Elementos construidos principalmente de concreto armado o ciclópeo, diseñados en algunos casos con sistemas de tierras reforzadas, armadas o gaviones. De igual forma se pueden presentar puentes

con diseños más sofisticados los cuales poseen estribos con sistemas semiprefabricados de concreto armado y postensado. (García-Rossell, 2006)

2.2.1.2.2.2. Pilares

Los pilares son los elementos que brindan soporte interior generalmente en el lecho del río o cerca de él. Normalmente son construidos con concreto armado o también en estructura metálica o en algunos casos combinando ambos materiales. Otra manera de construirlos es realizando una integración de concreto armado y concreto postensado. (García-Rossell, 2006)

2.2.1.2.3. Aparatos de apoyo o apoyos

Los aparatos de apoyo son elaborados de elastómeros como el neopreno pero también pueden ser metálicos. Su finalidad es transferir las cargas del tablero y vigas a los estribos y pilares. Cuentan con la capacidad de soportar cargas verticales y horizontales, por lo que pueden ser del tipo fijo o móvil (de expansión) o combinando ambos. (García-Rossell, 2006)

2.2.2. Puente simplemente apoyado

Según García-Rossell (2006), se denomina puente simplemente apoyado al sistema de vigas longitudinales y armaduras que trabajan en un extremo con una articulación móvil y una articulación fija en el otro, conllevando a un análisis de vigas isostáticas simplemente apoyadas.

2.2.3. Guía de Inspección de Puentes

La Guía de inspección de puentes nos sugiere que la inspección visual nos ayuda a determinar si existe agrietamiento, corrosión, deformaciones y cualquier otra patología que pueda observarse.

La información de las fichas será la recopilada en las inspecciones de campo y complementada con los planos de construcción.

Tabla 4

Cuadro de condición global del puente

Calificación	Descripción de la condición
0	Muy bueno: No se observa problemas.
1	Bueno: Hay problemas menores. Algunos elementos muestran deterioro sin importancia.
2	Regular: Los elementos primarios están en buen estado, pero algunos secundarios muestran deterioro, algo de pérdida de sección, grietas, descascaramiento o socavación pérdida de sección avanzada.
3	Malo: La pérdida de sección, deterioro o socavación afectan seriamente a los elementos estructurales primarios. Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero.
4	Muy malo: Avanzado deterioro de los elementos estructurales primarios. - Grietas de fatiga en acero o grietas de corte en el concreto. - La socavación compromete el apoyo que debe dar la infraestructura. - Conviene cerrar el puente a menos que esté monitoreado.
5	Pésimo: Gran deterioro o pérdida de sección presente en elementos estructurales críticos. - Desplazamientos horizontales o verticales afectan la estabilidad de la estructura. - El puente se cierra al tráfico, pero con acciones correctivas se puede restablecer el tránsito de unidades ligeras.

Nota: (Guía de inspección de puentes del MTC, p. 26)

2.2.4. Concepto de cargas

En el ítem 2.4 del Manual de puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), tenemos las especificaciones para realizar las combinaciones de cargas y encontrar la más crítica, de manera que se pueda diseñar el respectivo puente con el mayor rango de seguridad.

2.2.4.1. Clasificación de cargas

En cuanto a la clasificación tenemos 3 tipos de cargas: permanentes, variables y excepcionales.

La primera se refiere a las cargas que no van a variar significativamente a lo largo de la vida útil del puente.

DC: Se refiere al peso propio de los elementos estructurales.

DW: Se refiere al peso propio de los elementos no estructurales.

Para efectos de hallar las cargas de todos los componentes se utilizará la siguiente tabla, que se refiere a los pesos específicos.

Tabla 5

Pesos específicos

Material		Unidad de peso (kcf)
	Aleaciones de aluminio	0.175
	Superficies de desgaste bituminosos	0.140
	Hierro fundido	0.450
	Relleno de ceniza	0.060
	Arena, limo o arcilla compactado	0.120
	Ligero	0.110
	Liviano	0.120
Concreto	Con peso normal $f'c \leq 5.0 \text{ ksi}$	0.145
	Con peso normal $5.0 < f'c \leq 15.0 \text{ ksi}$	$0.140 + 0.001f'c$
	Arena, limo o grava suelto	0.100
	Arcilla blanda	0.100
	Laminados grava, macadam, o de lastre	0.140
	Acero	0.490
	Mampostería de piedra	0.170
Madera	Dura	0.060
	Blanda	0.050
Agua	Dulce	0.0624
	Salada	0.0624
	Artículo	Peso por unidad de longitud (klf)
	Rieles de tránsito, unión	0.200

Nota: (Manual de puentes del MTC, p. 89)

La segunda se refiere a las cargas que sufrirán variaciones frecuentes y significativas a lo largo de la vida útil del puente.

Para efectos de este cálculo se utilizará el HL-93, el cual es una combinación del camión de diseño o tándem de diseño y la carga distribuida de diseño. Para el estado límite de fatiga solo se considera el camión de diseño.

Contamos con las cargas de camión de diseño, tándem de diseño y carga distribuida para realizar combinaciones entre ellas y trabajar con la más crítica, a continuación, se muestran imágenes de ellas para su mejor comprensión:

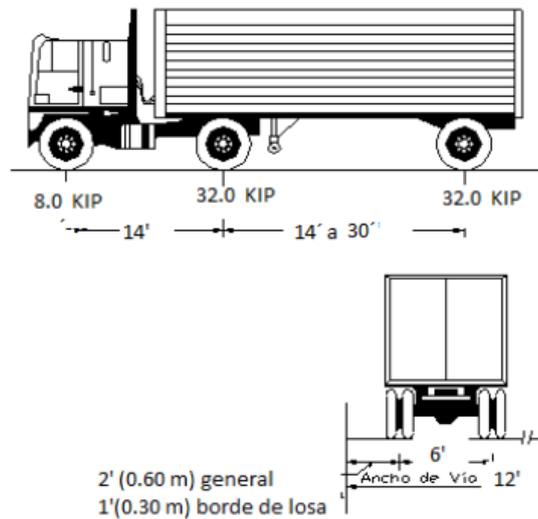


Figura 6. Camión de diseño

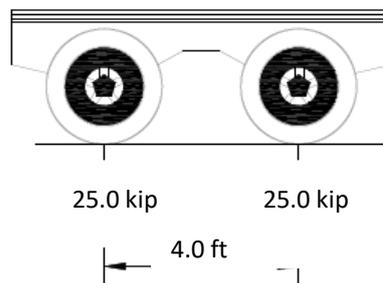


Figura 7. Tándem de diseño

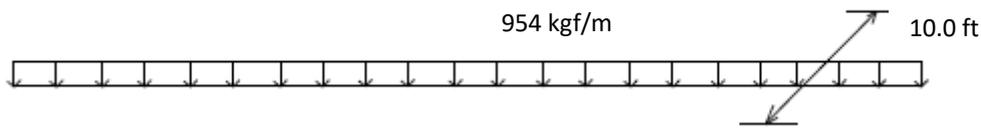


Figura 8. Carga del carril de diseño

La tercera se refiere a como su nombre lo indica, que ocurran esas cargas es de posibilidad muy baja.

La aplicación de las cargas vehiculares se realizará de forma longitudinal y transversal. En la forma longitudinal, tendremos el tándem de diseño más la carga distribuida y el camión de diseño más la carga distribuida.

En la forma transversal, el camión y tándem de diseño se deberán ubicar transversalmente.

Para la carga dinámica permitida (IM) se tomará el camión o tándem de diseño afectado por uno de los porcentajes de la siguiente tabla tomada del Manual de Puentes del MTC del ítem 2.4.3.3.

Tabla 6

Incremento de la carga viva por efectos dinámicos (IM)

Componente	Porcentaje (IM)
Elementos de unión en el tablero (para todos los estados límites)	75%
Para otros elementos	
• Estados límite de fatiga y fractura	15%
• Otros estados límite	33%

Nota: (Manual de Puentes del MTC, p. 97)

Los factores de carga y combinaciones que se pueden realizar en la estructura a analizar son los que se presentarán en las siguientes tablas, de los cuales se toma el caso más crítico para realizar el diseño del mismo, ya que con estas cargas se le está dando el margen de mayor seguridad a la estructura.

Tabla 7

Factores de carga para cargas permanentes

Tipo de Carga, tipo de fundaciones, y métodos usados para fuerza de arrastre hacia abajo (Downdrag)	Factor de carga	
	Máximo	Mínimo
DC: Componentes y auxiliares	1.25	0.90
DC: Resistencia IV Solamente	1.50	0.90
DD: Downdrag Pilotes, α Método de Tomlinson Pilotes, λ Método	1.40	0.25
Pilotes perforados, (Drilled Shaft) Método de O'Neill and Reese (1999)	1.05	0.20
DW: Superficie de rodadura y accesorios	1.25	0.35
DW: Superficie de rodadura y accesorios	1.50	0.65
EH: Presión horizontal de la tierra		
• Activa	1.50	0.90
• En reposo	1.35	0.90
• AEP para paredes ancladas	1.35	N/A
EL: Esfuerzos residuales acumulados resultantes del proceso constructivo, (Locked-in construction Stresses)	1.00	1.00
EV: Presión vertical de la tierra		
• Estabilidad global	1.00	N/A
• Muros y estribos de retención	1.35	1.00
• Estructura rígida enterrada	1.30	0.90
• Pórticos rígidos	1.35	0.90
• Estructuras flexibles enterradas		
○ Alcantarillas cajón metálicas, placas estructurales con corrugaciones y alcantarillas de fibra de vidrio.	1.50	0.90
○ Alcantarillas termoplásticas.	1.30	0.90
○ Entre otros.	1.95	0.90
ES: Carga superficial (sobrecarga) en el terreno	1.50	0.75

Nota: (Manual de Puentes del MTC, p. 134)

Tabla 8

Combinaciones de carga y factores de carga

Combinación de cargas Estado Límite	DC																	
	DD																	
	DW																	
	EH																	
	EV	LL																
	ES	IM																
	EL	CE																
	PS	BR																
	CR	PL																
	SH	LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	EQ	BL	IC	CT	CV				

Resistencia I	γ_P	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia II	γ_P	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia III	γ_P	-	1.00	1.40	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia IV	γ_P	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	γ_P	1.35	1.00	0.40	1.00	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Evento extremo I	1.0	γ_{EQ}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Evento extremo II	γ_P	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I	1.0	1.00	1.00	0.30	1.00	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio II	1.0	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1.0	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio IV	1.0	-	1.00	0.70	-	1.00	1.00/1.20	-	1.00	-	-	-	-	-
Fatiga I	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga II	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota: (Manual de Puentes del MTC (p. 133))

Se considera las siguientes cargas permanentes:

DD : de arrastre hacia abajo

DC : carga muerta de componentes estructurales y no estructurales

DW : carga muerta de la superficie de rodadura y dispositivos auxiliares

EH : empuje horizontal del terreno

EL : tensiones residuales acumuladas resultantes del proceso constructivo, incluyendo separadamente el gateo (tensado) de los *cantilevers* en las construcciones segmentadas

ES : sobrecarga del terreno

EV : presión vertical del peso propio del suelo de relleno

PS : fuerzas secundarias debidas al postensado para estado límites de resistencia, fuerzas de pretensado total para estado límite de servicio

SH : solicitaciones debido a las contracciones diferenciales del concreto
(shrinkage)

Se considera las siguientes cargas transitorias:

BL : carga de explosión

BR : fuerza de frenado vehicular

CE : fuerza centrífuga vehicular

CT : fuerza de choque vehicular

CV : fuerza de choque de barcos

EQ : sismo

FR : fricción

IC : carga de hielo

IM : incremento de la carga viva por efectos dinámicos

LL : carga viva vehicular

LS : carga viva superficial

PL : carga viva de peatones

SE : solicitaciones por asentamiento

TG : solicitaciones por gradiente de temperatura

TU : solicitaciones por temperatura uniforme

- WA : carga de agua y presión del flujo
- WL : efecto de viento sobre la carga viva
- WS : efecto de viento sobre la estructura

Utilizaremos el método de los factores de distribución para momentos y cortes que dicta el Manual de puentes del MTC para obtener la sobrecarga en las vigas interiores y exteriores respectivamente, usando las siguientes tablas.

Cabe indicar que existen diversas tablas para puentes de concreto o madera, y vigas interiores o exteriores dentro de estas, además de indicaciones para casos en los que se usen vigas tipo cajón.

La siguiente tabla la utilizaremos para hallar el momento de las vigas interiores, tabla 2.6.4.2.2b-1 del Manual de Puentes de MTC, donde se tomará el tipo de superestructura tablero de concreto con losa de concreto armado sobre vigas de acero y concreto.

Tabla 9

Factor de distribución de carga viva para momentos en vigas interiores

Tipo de Superestructura	Aplicable para Sección transversal Tabla 2.6.4.2.2.1-1	Factores de distribución	Rango de aplicación
Tableros madera sobre vigas madera o acero.	a,1	Ver tabla 2.6.4.2.2a-1	
Tablero de concreto sobre vigas de madera	1	Un carril de diseño cargado: $S/12.0$ Dos o más carriles de diseño cargados: $S/10.0$	$S \leq 6.0$
Tablero de concreto, Emparrillado con vanos llenos o parcialmente llenos, o Emparrillados con vanos no llenos	a,e,k Y también i,j si está suficiente conectada para actuar Como una unidad	Un carril de diseño cargado: $0.06 + \left(\frac{S}{14}\right)^{0.4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.3} \left(\frac{K_g}{12.0Lt_s^3}\right)^{0.1}$ Dos o más carriles de diseño cargados: $0.075 + \left(\frac{S}{9.5}\right)^{0.6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2} \left(\frac{K_g}{12.0Lt_s^3}\right)^{0.1}$	$3.5 \leq S \leq 16.0$ $4.5 \leq t_s$ $12.020 \leq L \leq 240$ $N_b \geq$ $410,000 \leq K_g \leq$ $7,000,000$
Compuesto con losa De concreto armado Sobre vigas de acero u concreto; vigas T de concreto, Secciones T y Doble T.		Usar el menor de los valores entre el obtenido de la ecuación anterior con $N_b = 3$ o la Ley de Momentos (Regla de la palanca)	$N_b = 3$

Nota: (Adaptado de Manual de Puentes del MTC, p. 170)

La siguiente tabla la utilizaremos para hallar el momento de las vigas exteriores, tabla 2.6.4.2.2d-1 del Manual de Puentes de MTC, donde se tomará el tipo de superestructura tablero de concreto con losa de concreto armado sobre vigas de acero u concreto.

Tabla 10

Factor de distribución de carga viva para momentos en vigas exteriores

Tipo de Superestructura	Sección Transversal Aplicable Tabla 2.6.4.2.2.1-1	Un Carril de Diseño Cargado	Dos o más Carriles de Diseño Cargados	Rango de Aplicación
Tablero de madera sobre vigas de madera o acero	a, 1	Ley de momentos (regla la palanca)	Ley de momentos (regla de la palanca)	N/A
Tablero de concreto Sobre vigas de madera	1	Ley de momentos	Ley de momentos	N/A
Tablero de concreto, emparrillado con vanos llenos o parcialmente llenos, o emparrillado con vanos no llenos, compuesto con losa de concreto reforzado sobre vigas de acero o concreto; vigas T de concreto, Secciones T y Doble T.	a, e, k y también i, jsi está suficiente conectada para actuar como una unidad	Ley de momentos	$g = e g_{interior}$ $e = 0,77 + \frac{d_e}{9,1}$	-1.0 ≤ d_e ≤ 5.5
			Usar el menor de los Valores obtenidos de la ecuación anterior con $N_b = 3$ o la ley de momentos	$N_b = 3$

Nota: (Adaptado del Manual de Puentes del MTC, p. 172)

Para hallar las cortantes de las vigas interiores tenemos la tabla 2.6.4.2.2.3a-1 del Manual de Puentes de MTC, donde se tomará el tipo de superestructura tablero de concreto con losa de concreto armado sobre vigas de acero o concreto.

Tabla 11

Factor de distribución de carga viva para Corte en vigas interiores

Tipo de Superestructura	Sección Transversal Aplicable de la Tabla 2.6.4.2.2.1-1	Un Carril de Diseño cargado	Dos o más Carriles de Diseño Cargados	Rango de Aplicación
Tablero de madera sobre vigas de madera o acero	a, 1		Ver Tabla 2.6.4.2.2.2a-1	
Tablero de concreto Sobre vigas de	1	Ley de momentos	Ley de momentos	N/A

madera				
Tablero de concreto, Emparrillado con vanos llenos, o parcialmente llenos o tablero emparrillado no lleno, compuesto por losas de Concreto reforzado Sobre vigas de acero o concreto; vigas T de concreto, Secciones T y Doble T.	a, e, k y también i, j si está suficientemente conectada para actuar como una unidad	$0.36 + \frac{S}{25.0}$	$0.2 + \frac{S}{12} - \left(\frac{S}{35}\right)^{2.0}$	$3.5 \leq S \leq 16.0$ $20 \leq L \leq 240$ $4.5 \leq t \leq 12.0$ $N_b \geq 4$
		Ley de momentos	Ley de momentos	$N_b=3$

Nota: (Adaptado del Manual de Puentes del MTC, p. 174)

Para hallar las cortantes de las vigas exteriores tenemos la tabla 2.6.4.2.2.3b-1 del Manual de Puentes de MTC, donde se tomará el tipo de superestructura Tablero de concreto con losa de concreto armado sobre vigas de acero o concreto.

Tabla 12

Factor de distribución de carga viva para corte en vigas exteriores

Tipo de Superestructura	Sección Transversal Aplicable de la Tabla 2.6.4.2.2.1-1	Un Carril de Diseño Cargado	Dos o más Carriles de Diseño Cargados	Rango de Aplicación
Tablero de maderas obre vigas de madera o acero	a, 1	Ley de momentos	Ley de momentos	N/A
Tablero de concreto sobre vigas de madera	1	Ley de momentos	Ley de momentos	N/A
Tablero de concreto, emparrillado con vanos llenos o parcialmente llenos, o tablero de emparrillado con vanos no llenos compuesto con losa de concreto reforzado sobre vigas de acero o concreto; vigas T de concreto, vigas T y doble T	a, e, k y también i, j si está suficientemente conectada para actuar como una unidad	Ley de momentos	$g = e g_{interior}$ $e = 0.6 + \frac{d_e}{10}$	$-1.0 \leq d_e \leq 5.5$ $N_b=3$

Nota: (Adaptado del Manual de Puentes del MTC, p.175)

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Abrasión

Desgaste que sufre una superficie debido a las fuerzas de fricción que experimenta en el transcurso del tiempo.

2.3.2. Aguas abajo

Llamado también río abajo. Es cuando un punto avanza en la dirección de la corriente.

2.3.3. Aguas arriba

Llamado también río arriba. Es cuando el punto avanza en dirección contraria a la corriente.

2.3.4. Ancho de vía

Se refiere al espacio por donde transitan los vehículos. Llamada también calzada.

2.3.5. Ancho total del puente

Referido a la suma de los anchos de la vía, aceras, barandas y algún otro espacio como ciclovías o sardineles.

2.3.6. Acera

Se refiere a la superficie por donde transitan los peatones. Llamada también vereda.

2.3.7. Carga permisible

Referido a la carga máxima de operación, de acuerdo a la distribución y la carga por ejes.

2.3.8. Capacidad portante

Máxima presión en contacto entre la fundición y el terreno.

2.3.9. Combinación de carga de un puente

Se refiere a la combinación más desfavorable en cuanto a la capacidad que pueda soportar la estructura, esto sin alcanzar un estado límite y cuidando el nivel de seguridad.

2.3.10. Calzada

Se refiere a la superficie por donde transitan los automóviles, bicicletas y demás vehículos, este incluye todos los carriles en ambos sentidos y los sardineles.

2.3.11. Carga muerta

Peso propio de todos los elementos de la estructura.

2.3.12. Carga viva

Peso aproximado producido por la circulación de vehículos livianos y pesados en la calzada y la circulación peatonal en las aceras de los puentes.

2.3.13. Claro hidráulico

Distancia vertical real entre la parte inferior de la superestructura y la distancia máxima del agua.

2.3.14. Distancia vertical libre o gálibo

El gálibo se refiere a la distancia vertical real entre el componente más bajo de la superestructura, generalmente las vigas, y la parte más profunda del afluente de agua o nivel de la vía o cota de línea férrea, en el caso de que la estructura se ubique sobre una carretera o circuito de trenes.

2.3.15. Defectos funcionales

Error o falla que compromete la función normal o trabajo del elemento para el desempeño de la tarea para lo que fue construido.

2.3.16. Defectos estructurales

Son aquellos errores o fallas que comprometen la estructura y propician el deterioro progresivo del puente .

2.3.17. Depreciación

Pérdida de la seguridad y eficiencia de la construcción por deterioro o por la obsolescencia de su tecnología o diseño.

2.3.18. Deterioro

Desgaste, daño o rotura progresivo o inmediato de algún elemento construido .

2.3.19. Diagnóstico

Análisis de la condición en la que se encuentra el elemento en observación.

2.3.20. Durabilidad

Facultad de los elementos para conservar sus características básicas a lo largo del tiempo.

2.3.21. Estado límite

Más allá de la cual el puente o elemento deja de satisfacer los requisitos para los cuales fue diseñado.

2.3.22. Estado límite de servicio

Estados límites relacionados con las tensiones, deformaciones y fisuración.

2.3.23. Evaluación

Análisis técnico realizado con los datos obtenidos que permite interpretar el estado real de un elemento o estructura, para que perdure su funcionalidad en el tiempo.

2.3.24. Funcionalidad

Capacidad de un elemento o estructura de cumplir con las características establecidas para su uso.

2.3.25. Inspección parcial

Inspección que cubre uno o varios elementos componentes de la construcción.

2.3.26. Inspección total

Inspección que cubre todos los elementos componentes de la construcción.

2.3.27. Longitud del puente

Comprende la medida total desde el inicio (entrada) y el final (salida) de la estructura. Referido también a la distancia total de la plataforma antes de que comiencen las losas de aproximación.

2.3.28. Longitud de acceso

Se refiere a la distancia total de las losas de aproximación al puente.

2.3.29. Longitud total del puente

Es el espacio que abarca desde los bordes exteriores del estribo derecho al estribo izquierdo de la estructura en el mismo nivel.

2.3.30. Longitud total del tramo

Es el espacio total que se encuentra entre juntas de dilatación de la superestructura.

2.3.31. Luz de tramo

Es la distancia entre los ejes de los apoyos que sirven para soportar el peso de la plataforma del puente.

2.3.32. Luz libre

Es la distancia entre los ejes de los estribos y los pilares.

2.3.33. Losa de aproximación

Las losas de aproximación forman parte de la superficie de rodadura como acceso al puente, estas se apoyan en los estribos por medio de una ménsula ubicada en la parte superior de la viga cabezal. Generalmente son construidas con concreto reforzado para evitar posibles asentamientos en la parte del relleno, los cuales son provocados por el continuo traqueteo de los vehículos al transitar por la vía.

2.3.34. Patología

Problemas o defectos que aparecen en determinados momentos a lo largo de la vida útil de la estructura.

2.3.35. Pedestal

Referido a columnas de corta dimensión que sirve como apoyo a los principales elementos que conforman la superestructura. Estos pueden tener alturas variables y esto genera un bombeo en la plataforma.

2.3.36. Pendiente

Es la división de las diferencias de altura sobre las diferencias de distancia.

2.3.37. Rellenos

Son los materiales colocados para llegar a una altura determinada de una sección o restituir elevaciones de terrenos antes de la excavación.

2.3.38. Rehabilitación

Es la acción orientada a solucionar los serios daños estructurales en uno o varios elementos, cuya finalidad es devolverle la funcionalidad para la que fue construido inicialmente.

2.3.39. Reparación

Son los trabajos que contribuyen a la sustitución de partes, elementos y componentes en mal estado cuyo deterioro se suscitó en los trabajos de ejecución de obra.

2.3.40. Vado

Es la parte del río que cuenta con poca profundidad.

2.3.41. Vida útil

Es el periodo de tiempo que se ha determinado para que una estructura cumpla su funcionalidad con la confiabilidad y seguridad proyectada.

2.3.42. Viga cabezal

Parte del estribo que sostiene elementos principales de la superestructura.

2.3.43. Viga diafragma

Elemento que produce confinamiento para las vigas principales en la superestructura, haciendo que funcione como un conjunto.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

Para Hernández Sampieri y otros (2006), la investigación científica es un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos, además es dinámica, cambiante y evolutiva.

En el presente estudio se empleará el enfoque mixto, puesto que veremos la parte cualitativa del puente en cuanto a su estado, mientras que veremos la parte cuantitativa al momento de realizar los cálculos para la verificación de las vigas; asimismo, ayudados de este procedimiento estaremos planteando el problema junto con los objetivos para lograr probar la hipótesis trazada. Utilizando las herramientas e instrumentos y tomando en cuenta los antecedentes obtenidos podremos conseguir resultados, conclusiones y recomendaciones que nos darán respuesta a las preguntas planteadas.

3.2. Diseño de la investigación

Tipo de investigación

Podemos inferir el tipo de investigación de la tesis a partir de lo que indica Hernández Sampieri (2006), en el sentido de que esta es aplicada, debido a que plantea resolver problemas prácticos buscando una solución a la problemática del estado del puente “El Rayo”.

Nivel de investigación

La presente investigación en la cual se va a evaluar la resistencia estructural del puente “El Rayo”, nos permite inferir según Hernández Sampieri (2006) que el nivel de investigación es descriptivo, debido a que mide, evalúa o recolecta datos sobre diversos conceptos, aspectos, dimensiones de puentes y nos permite conocer su comportamiento estructural.

Diseño

Teniendo en cuenta el propósito de la investigación y de acuerdo a lo que indica Hernández Sampieri y otros (2006), esta es una investigación no experimental, ya que no se manipulan las variables: ensayos en el concreto y resistencia del puente; y es transversal descriptiva puesto que se recolectan los datos en un único momento, es decir, al momento de realizar la evaluación.

3.3. Población y muestra

Universo

Tomaremos como el universo de la investigación a todos los puentes de la provincia de Mariscal Nieto, sea cual sea su tipo: de concreto, de acero, mixtos, etc.

Población

Tomaremos como la población de la investigación solamente los puentes que cruzan por el río Tumilaca, ya sean estos peatonales o vehiculares, o también si son del tipo concreto o de acero.

Tipo de muestreo

Para la presente investigación el muestreo realizado es el no probabilístico intencional, puesto que los elementos elegidos para la muestra del estudio han sido seleccionados por criterio del investigador.

Muestra

Como muestra que se tomará para la investigación tenemos al puente simplemente apoyado de concreto armado "El Rayo", ya que será la estructura a evaluar.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para recolectar información, utilizaremos la inspección visual, la cual nos permitirá conocer el estado general aparente de la carpeta asfáltica, así como de los demás componentes estructurales del puente “El Rayo”.

Además de ello, utilizaremos algunas pruebas estandarizadas para analizar la resistencia de la estructura, las cuales son el ensayo destructivo: prueba de la diamantina; y el ensayo no destructivo que lo correlaciona: prueba del esclerómetro.

En la siguiente etapa de procesamiento y análisis de datos, emplearemos las fichas de inspección de la Guía de inspección de puentes, las cuales son formatos que nos permiten evaluar el puente “El Rayo” basándonos en el procesamiento de datos obtenidos a través de la observación y de las pruebas.

Conjuntamente, al realizar los ensayos destructivos y no destructivos obtendremos valores, los cuales por medio de cálculos lograremos efectuar la verificación de los elementos estructurales por medio de comprobaciones por corte, volteo, deslizamiento.

3.4.1. Técnicas e instrumentos de investigación

3.4.1.1. Técnicas de investigación

3.4.1.1.1. Observación

Utilizaremos la observación como técnica para analizar el aspecto cualitativo del puente “El Rayo”. Se tuvo que observar minuciosamente cada parte del puente, en especial entre cada elemento, es decir, las juntas. Sin embargo, hubo lugares de difícil acceso, por lo que se obviaron aquellas áreas.

Se comenzó a realizar la visualización por las losas de aproximación y la carpeta asfáltica en la parte superior de la superestructura. Siguiendo con la parte inferior, y posteriormente con la subestructura en la parte baja del puente; es decir, se tuvo que ingresar al lecho del río.

Se tomó un tiempo para evidenciar las patologías ocasionadas por el medio y evaluar si estas eran perjudiciales o si afectaban en sobremanera a la estructura para finalizar con el llenado de la ficha de inspección de la Guía de inspección de puentes y tomar las fotos correspondientes.

3.4.1.2. Instrumentos de investigación

3.4.1.2.1. Ficha de ensayo de diamantina

Para el ensayo de diamantina se tiene el siguiente formato usado por el laboratorio donde tenemos datos como la fecha de realización del ensayo y las dimensiones del testigo. Teniendo las dimensiones normadas en la probeta, se procede a realizar la prueba de compresión, de esta manera conseguimos el resultado requerido para la investigación, además de poder realizar los cálculos de obtención del área de acero, así logramos comparar los datos obtenidos mediante las ecuaciones y los obtenidos mediante las pruebas.

Tabla 13

Plantilla de ensayo de diamantina

N.º Probetas	Descripción	Fecha		Área $A_p = \text{cm}^2$	Fuerza kg	Compresión $F'c = \text{kg/cm}^2$	Altura del testigo en cm	Coeficiente de corrección por esbeltez	Compresión corregida Kg/cm^2
		Fecha de extracción	Fecha de ensayo						

Nota: Laboratorio Federico Páucar Tito EIRL

3.4.1.2.2. Ficha de ensayo de esclerometría

Para el ensayo de esclerometría utilizaremos el siguiente formato usado por el laboratorio donde tenemos datos como la fecha de realización del ensayo, la dirección de aplicación del instrumento usado, es decir, el esclerómetro, el valor botado por el émbolo en cada una de las aplicaciones. Obteniendo finalmente el valor de la resistencia en kg/cm^2 . Este valor se correlaciona con el obtenido anteriormente en el ensayo de diamantina.

Tabla 14

Plantilla de ensayo de esclerometría

Ítem	Denominación	Descripción	Direcc. de aplicación	Valores obtenido índice de rebote										Promedio	TABL esclerómetro PSI	Resistencia kg/cm^2	OBS.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				

Nota: Laboratorio Federico Páucar Tito EIRL

3.4.1.2.3. Fichas de inspección

En la Ficha de inspección se ha recolectado datos de la ubicación del puente, características principales, y también de sus elementos: estribos, veredas, barandas, pilares, tablero, etc. De modo que debemos conocer las características de los materiales involucrados en la construcción del puente como por ejemplo la utilización de rieles como acero de refuerzo para los estribos, algo poco usual, pero aprobado en su momento para el puente en estudio.

A partir de conocer estas características se pueden completar las siguientes fichas. Una de estas es la condición global del puente, que nos indica calificar los diferentes elementos cualitativamente de acuerdo a tabla 11 de la presente investigación, que se encuentra en el ítem 4.1.1, así como escribir algunas observaciones si fuera el caso. Esto con el objetivo de conocer de manera rápida las averías y tener una idea global del estado de cada elemento.

A partir de estas observaciones se debe realizar un panel fotográfico de las patologías u ocurrencias encontradas en campo. Cada fotografía con fecha y un código, además de una breve descripción que sea fácil de entender.

Tenemos también una ficha con observaciones y recomendaciones de las acciones normativas, preventivas y ejecutivas, las cuales se llenarán dependiendo de las acciones que se puedan tomar para subsanar los daños o deterioro de algún elemento, por ejemplo, la limpieza del cauce del río antes de las lluvias de verano, para que no arrastre el material colmatado en los bordes aguas abajo y pueda dañar otras estructuras.

Cada ficha debe estar firmada y fechada para tenerlo como una constancia de la realización de dicha evaluación. Estas se anexan en la parte final de la investigación.

A continuación, se muestra el modelo de la Ficha de toma de datos de la inspección.

1) IDENTIFICACION Y UBICACIÓN			
Nombre Puente :	Tramo :		
Tipo Puente :	Dpto. Político :		
Sobre (*):	Dpto. Vial :		
Altitud (msnm) :	Provincia :		
Latitud (grad, min) :	Distrito :		
Longitud (grad, min) :	Poblado más Cercano :		
Ruta :	Kilometraje :		
2) DATOS GENERALES			
Puente Sobre :	Nombre :		
Longitud Total (m) :	Numero Vías Tránsito :		
Ancho Calzada (m) :	Sobrecarga Diseño :		
Ancho Vereda (m) :	Numero Proyecto :		
Altura Libre Superior (m) :	Año Construcción :		
Altura Libre Inferior (m) :	Ultima Inspección (dd/mm/aa) :		
Tipo Servicio :	Ultimo Trabajo :		
Tráfico (veh/día) :	% Camiones y Buses :		
Año :	Alineamiento :		
Condiciones Ambientales :			
3) TRAMOS			
Numero Tramos :	Longitud Total :	Longitudes Restantes :	
Tramos :	Longitud Segundo Tramo (m) :		
Luz Principal (m) :	Longitud Tercer Tramo (m) :		
TRAMO 1 (Principal)		TRAMO 2	
Categoría/Tipo :	Categoría/Tipo :		
Características Secundarias :	Características Secundarias :		
Condición Borde :	Condición Borde :		
Material Predominante :	Material Predominante :		
4) TABLERO DE RODADURA			
LOSA		VIGAS	
Material :	Tipo :		
Espesor (m) :	N° Vigas :		
Superficie de Desgaste :	Material :		
	Forma :		
	Peralte (m) :		
	Separación entre Ejes :		
5) SUBESTRUCTURA			
ESTRIBO IZQUIERDO		ESTRIBO DERECHO	
Elevación / Tipo :		Elevación / Tipo :	
Elevación / Material :		Elevación / Material :	
Cimentación / Tipo :		Cimentación / Tipo :	
Cimentación / Material :		Cimentación / Material :	
6) PILARES			
PILAR 1		PILAR 2	PILAR 3
Elevación / Tipo :		Elevación / Tipo :	Elevación / Tipo :
Elevación / Material :		Elevación / Material :	Elevación / Material :
Cimentación / Tipo :		Cimentación / Tipo :	Cimentación / Tipo :
Cimentación / Material :		Cimentación / Material :	Cimentación / Material :

Figura 9. Ficha de inspección

7) MACIZOS/CAMARAS DE ANCLAJE						
IZQUIERDO			DERECHO			
Elevación / Tipo :			Elevación / Tipo :			
Elevación / Material :			Elevación / Material :			
Cimentación / Tipo :			Cimentación / Tipo :			
Cimentación / Material :			Cimentación / Material :			
8) DETALLES						
BARANDAS			VEREDAS Y SARDINELES			
Tipo :			Ancho Vereda (m) :			
Material :			Altura Sardinel (m) :			
			Material :			
APOYO 1		APOYO 2		APOYO 3		
Tipo :		Tipo :		Tipo :		
Material :		Material :		Material :		
Ubicación :		Ubicación :		Ubicación :		
Número :		Número :		Número :		
JUNTAS DE EXPANSION			DRENAJE DE CALZADA			
Tipo :			Tipo :			
Material :			Material :			
9) ACCESOS						
ACCESO IZQUIERDO			ACCESO DERECHO			
Longitud Transición (m) :			Longitud Transición (m) :			
Alineamiento :			Alineamiento :			
Ancho de Calzada (m) :			Ancho de Calzada (m) :			
Ancho Total Bermas (m) :			Ancho Total Bermas (m) :			
Pendiente Alta :			Pendiente Alta :			
Visibilidad :			Visibilidad :			
10) SEGURIDAD VIAL						
ACCESO IZQUIERDO			ACCESO DERECHO			
Señal Informativa :			Señal Informativa :			
Señal Preventiva :			Señal Preventiva :			
Señal Reglamentaria :			Señal Reglamentaria :			
Señal Horizontal :			Señal Horizontal :			
11) SOBRECARGA						
Carga de Diseño :			Carga Máxima Actual :			
Sobreesfuerzo :			Señalización de Carga :			
12) RUTA ALTERNA						
Tipo Otras Rutas :						
VADO			PUENTE PARALELO			
Distancia de Puente (Km) :			Posibilidad de Construir :			
Período de Funcionamiento (meses) :			Longitud Total (m) :			
Profundidad de Aguas Mínimas (m) :			Subestructura :			
Naturaleza del Suelo :			Tipo :			
Variante Existe :						
Necesidad de Construirlo :						
13) CONDICION DEL SECTOR DE LA CARRETERA						
Condición de la Carretera :						
14) SUELO DE CIMENTACION						
		ESTRIBO IZQ.	ESTRIBO DER.	PILAR 1	PILAR 2	PILAR 3
Material :						
Comentarios :						

Figura 10. Ficha de inspección

04	Juan Carlos Fernández Huanacuni	Ingeniero civil	N.º CIP 165679	público y construcción civil Especialista en control de calidad
-----------	---------------------------------	-----------------	----------------	---

Nota: Elaboración propia

3.4.2.1. Ficha del ensayo de diamantina

Para la ficha del ensayo de diamantina, los expertos la analizaron de la siguiente manera:

Experto 01:

Tabla 16

Validez de ficha del ensayo de diamantina por experto 01

Crterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL		0	4	24	

Nota: Adaptado de Ficha de evaluación de instrumentos de la Universidad Continental

El experto 01 indica que la validez de la ficha del ensayo de diamantina es buena.

Experto 02:

Tabla 17

Validez de ficha del ensayo de diamantina por experto 02

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL		0	4	24	

Nota: Adaptado de Ficha de evaluación de instrumentos de la Universidad Continental

El experto 02 indica que la validez de la ficha del ensayo de diamantina es buena.

Experto 03:

Tabla 18

Validez de ficha del ensayo de diamantina por experto 03

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la		X		

OBJETIVIDAD	variable. Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.	X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.	X		
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X
TOTAL		0	6	21

Nota: Adaptado de Ficha de evaluación de instrumentos de la Universidad Continental

El experto 03 indica que la validez de la ficha del ensayo de diamantina es buena.

Experto 04:

Tabla 19

Validez de ficha del ensayo de diamantina por experto 04

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.		X		
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL		0	12	12	

Nota: Adaptado de Ficha de evaluación de instrumentos de la Universidad Continental

El experto 04 llegó a una validez de la ficha del ensayo de diamantina con un puntaje igual en regular y buena.

Tabla 20

Tabla para la interpretación de la V de Aiken

V Aiken	Interpretación
0.00 – 0.79	Débil
0.80 – 0.89	Aceptable
0.90 – 1.00	Fuerte

Sintetizando los criterios evaluados por los especialistas tenemos la siguiente tabla:

Tabla 21

Resumen de validez de la ficha del ensayo de diamantina

Ítems	Expertos				Suma de acuerdos Total (S)	V Aiken	Descripción
	1	2	3	4			
1	3	3	3	2	11	0.92	Fuerte
2	3	3	3	2	11	0.92	Fuerte
3	2	2	3	2	9	0.75	Débil
4	3	2	2	2	9	0.75	Débil
5	3	3	3	3	12	1.00	Fuerte
6	2	3	2	2	9	0.75	Débil
7	3	3	2	2	10	0.83	Aceptable
8	3	3	3	3	12	1.00	Fuerte
9	3	3	3	3	12	1.00	Fuerte
10	3	3	3	3	12	1.00	Fuerte
	n = 4 expertos				Media	0.89	Fuerte

Nota: Elaboración propia

Sacando una media de los valores hechos por los expertos se obtiene que la ficha del ensayo de diamantina tiene un valor de la V de Aiken de 0.89, por lo que se interpreta como fuerte.

3.4.2.2. Ficha del ensayo de esclerometría

Para la ficha del ensayo de esclerometría, los expertos la han analizado de la siguiente manera:

Experto 01:

Tabla 22

Validez de ficha del ensayo de esclerometría por experto 01

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL		0	12	12	

Nota: Adaptado de Ficha de evaluación de instrumentos de la Universidad Continental

El experto 01 obtuvo un puntaje de validez de la ficha del ensayo de esclerometría igual en regular y buena.

Experto 02:

Tabla 23

Validez de ficha del ensayo de esclerometría por experto 02

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		

OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.	X		
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.		X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X	
TOTAL		0	6	21

Nota: Adaptado de Ficha de evaluación de instrumentos de la Universidad Continental

El experto 02 indica que la validez de la ficha del ensayo de esclerometría es buena.

Experto 03:

Tabla 24

Validez de ficha del ensayo de esclerometría por experto 03

Crterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.	X			
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.	X			
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
TOTAL		2	16	0	

Nota: Adaptado de Ficha de evaluación de instrumentos de la Universidad Continental

El experto 03 indica que la validez de la ficha del ensayo de esclerometría es regular.

Experto 04:

Tabla 25

Validez de ficha del ensayo de esclerometría por experto 04

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
TOTAL		0	8	18	

Nota: Adaptado de Ficha de evaluación de instrumentos de la Universidad Continental

El experto 04 indica que la validez de la ficha del ensayo de esclerometría es buena.

Sintetizando los criterios evaluados por los especialistas tenemos la siguiente tabla:

Tabla 26*Resumen de validez de la ficha del ensayo de esclerometría*

Ítems	Expertos				Suma de acuerdos Total (S)	V Aiken	Descripción
	1	2	3	4			
1	2	3	2	3	10	0.83	Aceptable
2	2	3	2	3	10	0.83	Aceptable
3	2	2	1	2	7	0.58	Débil
4	3	2	2	2	9	0.75	Débil
5	2	2	2	3	9	0.75	Débil
6	3	3	2	3	11	0.92	Fuerte
7	3	3	1	3	10	0.83	Aceptable
8	2	3	2	2	9	0.75	Débil
9	2	3	2	3	10	0.83	Aceptable
10	3	3	2	2	10	0.83	Aceptable
n = 4 expertos					Media	0.79	Aceptable

Nota: Elaboración propia

Sacando una media de los valores hechos por los expertos se obtiene que la ficha del ensayo de esclerometría tiene un valor de la V de Aiken de 0.79, por lo que se interpreta como aceptable.

3.4.2.3. Ficha de inspección

Para las fichas de inspección, los expertos la han analizado de la siguiente manera:

Experto 01:

Tabla 27*Validez de fichas de inspección por experto 01*

Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(1)	(2)	(3)	
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de			X	

	la variable.			
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X
TOTAL		0	6	21

Nota: Adaptado de Ficha de evaluación de instrumentos de la Universidad Continental

El experto 01 indica que la validez de las fichas de inspección es buena.

Experto 02:

Tabla 28

Validez de fichas de inspección por experto 02

Crterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL		0	2	27	

Nota: Adaptado de Ficha de evaluación de instrumentos de la Universidad Continental

El experto 02 indica que la validez de las fichas de inspección es buena.

Experto 03:

Tabla 29

Validez de fichas de inspección por experto 03

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.	X			
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.	X			
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.	X			
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.	X			
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.	X			
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.	X			
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.	X			
TOTAL		7	6	0	

Nota: Adaptado de Ficha de evaluación de instrumentos de la Universidad Continental

El experto 03 indica que la validez de las fichas de inspección es mala.

Experto 04:

Tabla 30

Validez de fichas de inspección por experto 04

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la			X	

OBJETIVIDAD	variable. Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.	X
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.	X
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.	X
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.	X
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.	X
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.	X
TOTAL		0 6 21

Nota: Adaptado de Ficha de evaluación de instrumentos de la Universidad Continental

El experto 04 indica que la validez de las fichas de inspección es buena.

Sintetizando los criterios evaluados por los especialistas tenemos la siguiente tabla:

Tabla 31

Resumen de validez de fichas de inspección

Ítems	Expertos				Suma de acuerdos Total (S)	V Aiken	Descripción
	1	2	3	4			
1	2	3	3	3	10	0.83	Aceptable
2	2	3	2	2	9	0.75	Débil
3	2	2	2	3	8	0.67	Débil
4	3	3	1	3	10	0.83	Aceptable
5	3	3	1	3	10	0.83	Aceptable
6	3	3	1	2	9	0.75	Débil
7	3	3	1	3	10	0.83	Aceptable
8	3	3	2	3	11	0.92	Fuerte
9	3	3	1	2	9	0.75	Débil
10	3	3	1	3	10	0.83	Aceptable
n = 4 expertos					Media	0.80	Aceptable

Nota: Elaboración propia

Sacando una media de los valores hechos por los expertos se obtiene que las fichas de inspección tienen un valor de la V de Aiken de 0.80, por lo que se interpreta como aceptable.

3.4.3. Procedimiento de recolección de datos

3.4.3.1. Datos generales del puente

3.4.3.1.1. Ubicación del puente

El puente “El Rayo” se encuentra en el distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, en la zona del Malecón Ribereño. Este se encuentra en la avenida Circunvalación, calle perpendicular al puente, y su contraria en forma longitudinal hasta el otro extremo se denomina Vía Paisajista, comunicando así Moquegua- “El Rayo”, Estuquiña, Alto La Villa y Los Ángeles.



Figura 15. Ubicación de la ciudad de Moquegua

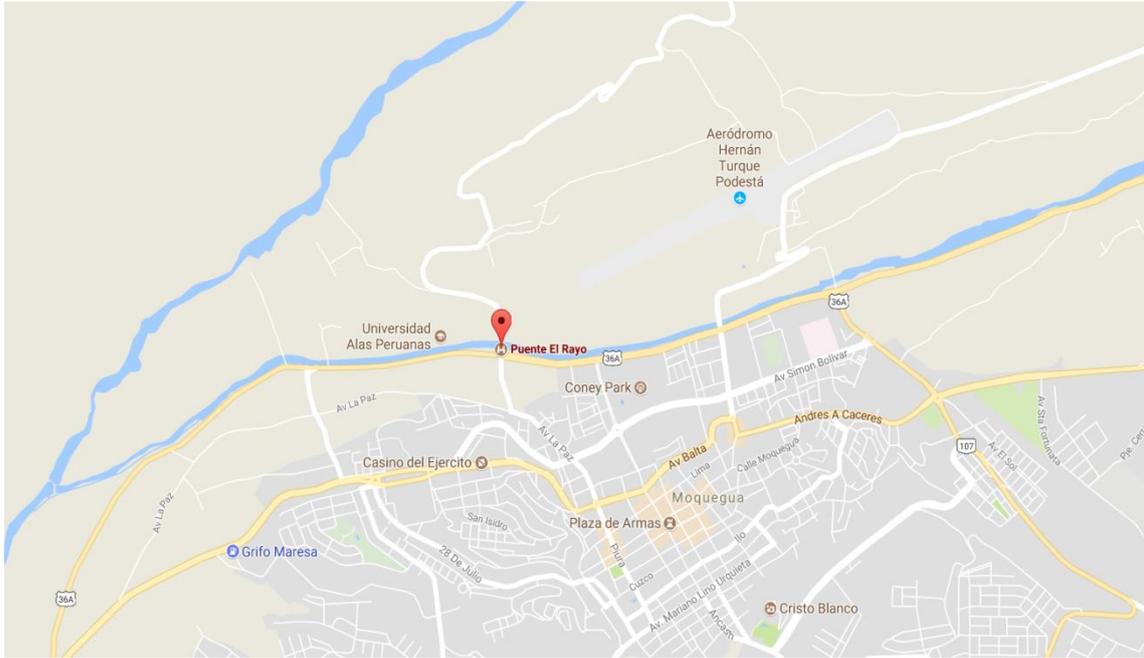


Figura 16. Ubicación del puente "El Rayo"

3.4.3.1.2. Características físicas

El proyecto consiste en el acceso de una vía de orden interno. Tiene una longitud de 50 m y un pilar central con una sección típica de 7.20 m de ancho, cuyas características son determinadas de acuerdo a las normas peruanas para el diseño de carreteras.

Así se tiene:

Luz	:	50 m
Ancho de calzada	:	7.20 m
Superestructura	:	Concreto armado
Número de carriles	:	02
Ancho de carril	:	3.60 m
Ancho de vereda	:	1.90 m

Tipo de losa	:	Concreto armado
Capacidad máxima	:	H.S. 20
Baranda y parapetos	:	Concreto
Estribo	:	Concreto
Pilar central	:	Concreto

El puente tiene los tramos simplemente apoyados, el cual consta de las siguientes características:

SUPERESTRUCTURA: Estructuralmente es del tipo simplemente apoyado y con vigas continuas. La superestructura propiamente dicha es de sección compuesta con vigas sección "T" que sostienen la losa de concreto armado de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y espesor de 0.10 m.

Las vigas principales están espaciadas a 2.80 m entre ejes longitudinales y descansan sobre dispositivos de apoyo de neopreno, los cuales van colocados sobre las cajuelas de los estribos. El espesor de la losa es de 0.20 m.

SUBESTRUCTURA: Consiste en dos estribos de concreto ciclópeo $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ + 30% PG en sus extremos, un pilar de concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. El estribo derecho e izquierdo está considerado como apoyo móvil, siendo en el intermedio el apoyo fijo.

No existen postes ni bermas sobre la estructura.

La mayoría de los puentes se diseñan para un período útil de 50 años, el puente "El Rayo" se encuentra en el 32% de su vida útil.

Otras características que tiene el puente son:

Tránsito	:	Ligero ID (0-10)
Carga	:	18,000 lb/eje
Capacidad máxima	:	30 toneladas
Velocidad directriz	:	30 km/h (variable)
Superficie de rodadura	:	Horizontal con ligera inclinación
Bombeo	:	2% (drenaje)
Evacuación de aguas pluviales:		Por extremo de pista
Espesor de subbase	:	0.20 – 0.30
Espesor de base	:	0.15

3.4.3.1.3. Características meteorológicas

La ciudad de Moquegua tiene un clima cálido y desértico, con días soleados durante todo el año. La temperatura media anual es de 19.5°C, variando desde una máxima promedio anual de 25.6°C entre los meses de enero a marzo y una mínima promedio anual de 11°C en los meses de mayo y junio.

La máxima velocidad del viento registrada es de 4 nudos, presentándose generalmente en el mes de agosto. La dirección predominante del viento es sur - sureste.

Moquegua es considerado un lugar desértico, esto debido a que su precipitación promedio es de 15 mm/año las cuales son registradas por la estación meteorológica de Moquegua. Por ejemplo, en el año de 1993 se produjo una precipitación intensa que alcanzó a medir los 100 mm en tres días de lluvias, lo que ocasionó daños bastantes severos en las residencias de material no noble (adobe y rústico), que inundó las vías de tránsito llegando hasta una altura de 25 cm.

De acuerdo al análisis de la información meteorológica del SENAMHI, se conoce que el clima de la ciudad normalmente es luminoso, esto porque el sol se encuentra brillando aproximadamente 8.7 horas al día; con marcada variación entre el día y la noche. En la estación invernal se produce una baja precipitación fluvial y una humedad relativa que varía entre 46% y 68%.

3.4.3.1.4. Antecedentes históricos

El Consejo Transitorio de Administración Regional CTAR-Moquegua construyó en el año de 1996 el puente denominado "El Rayo".

Con esta construcción se logró la integración de la ciudad de Moquegua con los sectores: La Chimba, El Rayo Santa Rosa, Quilancha, Loma Quemada, Buena Vista, Estuquiña, Los Ángeles y La Villa. Facilitando el tránsito vehicular y el tráfico de carga de productos agrícolas y pecuarios, así como el tránsito de pasajeros. De otro lado también se contribuyó al tránsito turístico incrementándolo, así como a la denominada vía Paisajista y la ruta del Pisco.

En el año de 1997, debido a la presencia del fenómeno del niño, el 02 de marzo del mismo año se tuvo una avenida extraordinaria de los ríos, ocasionando el colapso del puente, perjudicando económicamente a los usuarios de esta vía.

Sumando a ello la incidencia del sismo del 23 de junio del 2001, a lo cual el gobierno regional planteó la reconstrucción del puente "El Rayo", para así de esta manera dar solución a la problemática de los pobladores.

Tal es así que el gobierno regional, el 12 de noviembre del 2002, emite la Resolución Ejecutiva Regional N.º 117-2002-CTAR/Moquegua, en la cual se declara la viabilidad del estudio de preinversión a nivel de perfil de proyecto de inversión pública, luego con fecha 28 de marzo se aprueba el expediente técnico con la Resolución N.º 171-2003-GR, iniciando de esta manera el 02 de abril del 2003 la construcción del puente de doble vía, teniendo una duración de 01 año y 08 meses.

3.4.3.2. Ensayo de diamantina

Para el ensayo de la diamantina se realizaron 03 ensayos en 03 elementos estructurales del puente “El Rayo”; por resultar de mayor coste para el tesista. Estos fueron hechos en lugares estratégicos a fin de conocer el estado tanto de la superestructura como de la subestructura, y así poder emitir una opinión certera.

A continuación, se detalla el lugar y la forma de extracción de cada una de las muestras tomadas.

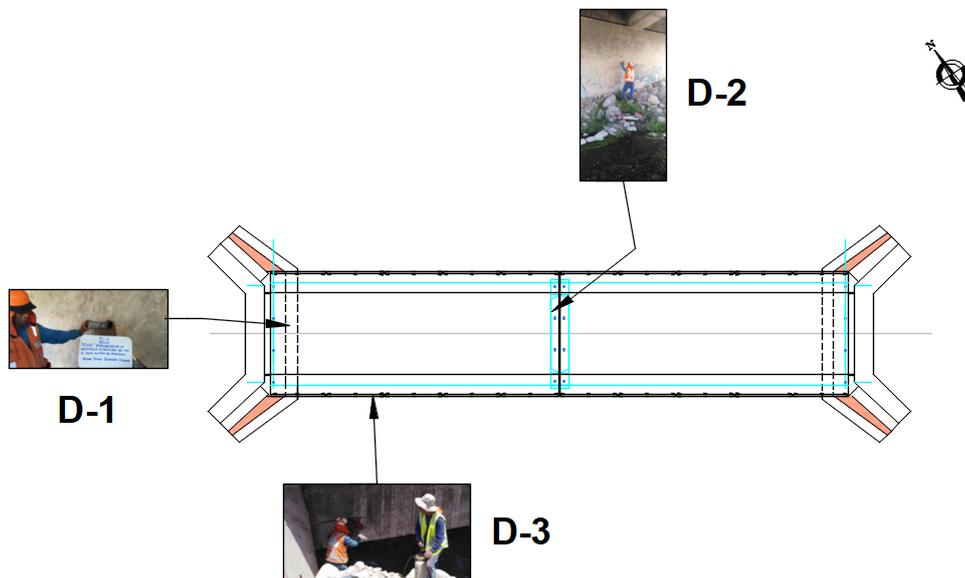


Figura 17. Puntos de extracción de muestra para ensayos de diamantina

- **Respecto al estribo**

Los estribos del puente son estructuras con zapatas y aleros que soportan el tablero.

La muestra para el estudio de los estribos se obtuvo del punto ubicado a 3.00 metros del fondo de la viga en la parte central de la pantalla. La muestra extraída es representativa de la estructura de ambos estribos debido a que se obtuvo de un punto crítico, como se muestra en la siguiente imagen:

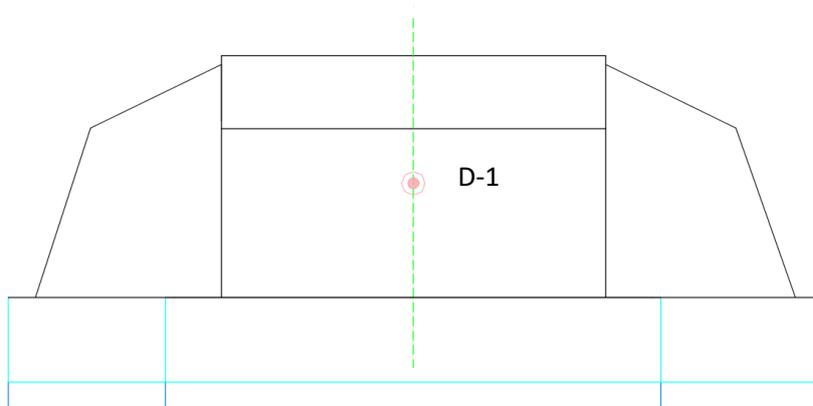


Figura 18. Punto de extracción de muestra en el estribo

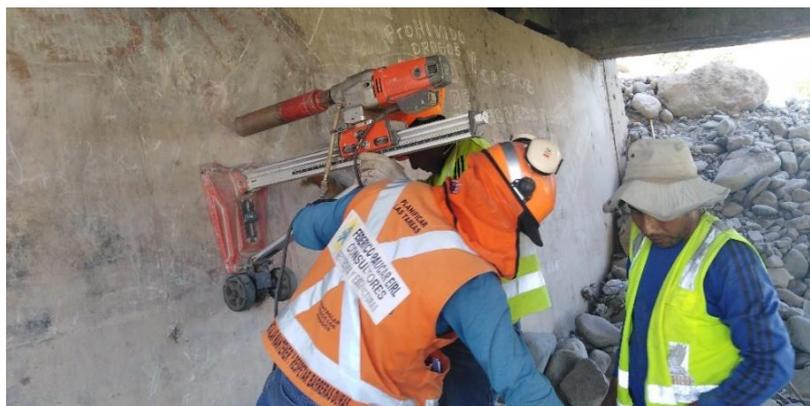


Figura 19. Toma de muestra de estribo

- **Respecto a la Viga**

El puente "El Rayo" tiene 04 vigas principales de 0.25 metros de ancho y 1.50 metros de altura. Asimismo, hay 04 vigas secundarias con medidas de 0.25 metros de ancho y 1.30 metros de altura.

La muestra relevante para nuestra investigación se extrajo del punto indicado en la siguiente figura:

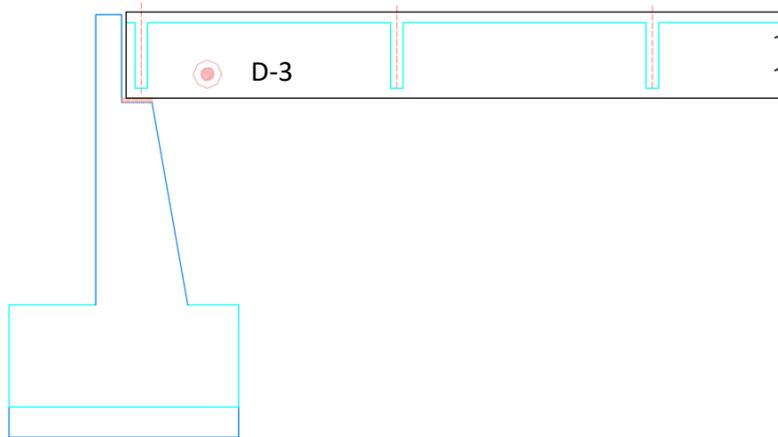


Figura 20. Punto de extracción de muestra en la viga



Figura 21. Toma de muestra de la viga

- **Respecto al Pilar**

El pilar es la columna ubicada en la mitad del puente y que soporta al tablero. En nuestro caso, el puente tiene solo un pilar con una altura de 7.00 metros incluyendo la zapata.

Se extrajo la muestra de la parte central de la pantalla. Dicha muestra es representativa del pilar debido a que se extrajo de un punto crítico, como se ve en la siguiente figura:

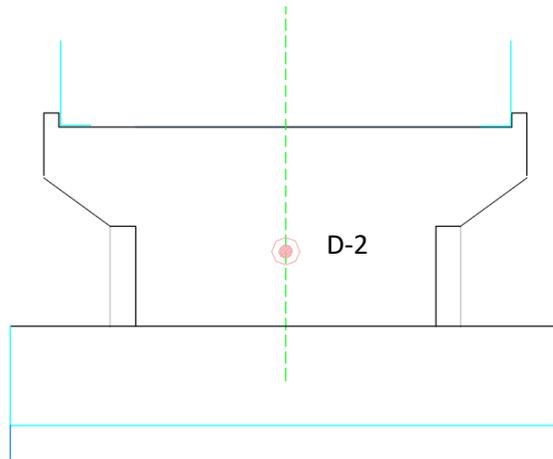


Figura 22. Punto de extracción de muestra en el pilar



Figura 23. Toma de muestra del pilar

Después de haber realizado los ensayos y enviar los testigos al laboratorio de la empresa Federico Páucar EIRL para ser analizados y encontrar su resistencia, tenemos los resultados en el siguiente cuadro:

Tabla 32

Resultados de ensayo de diamantina

N.º Probetas	Descripción	Fecha		Área $A_p = \text{cm}^2$	Fuerza kg	Compresión $F'c = \text{kg/cm}^2$	Altura del testigo en cm	Coeficiente de corrección por esbeltez	Compresión corregida Kg/cm^2
		Fecha de extracción	Fecha de ensayo						

1	D1 estribo izq	03/01/2018	10/11/2018	36.32	3241	89	13.6	1.0	89
2	D2 pilar central	03/01/2018	10/11/2018	36.32	5293	146	13.6	1.0	146
3	D3 viga	03/01/2018	10/11/2018	36.32	6693	184	13.6	1.0	184

Nota: Laboratorio Federico Páucar Tito EIRL

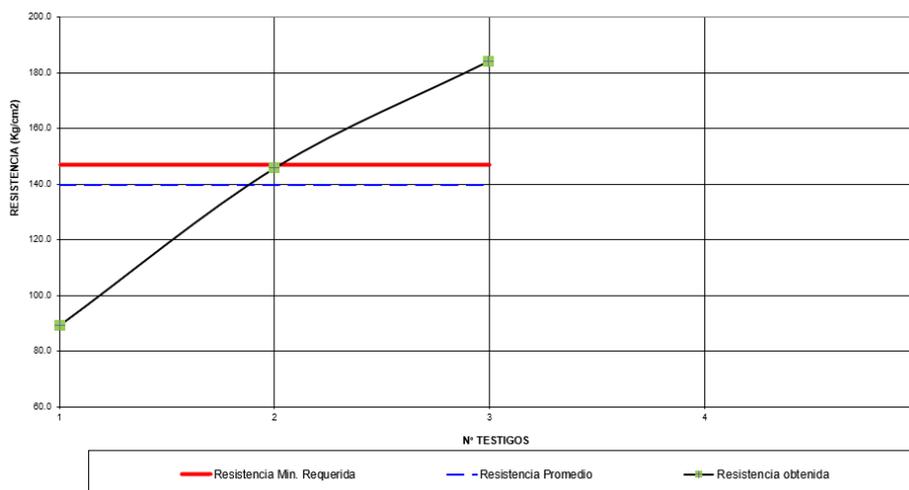


Figura 24. Gráfico estadístico de resistencia a la compresión

Tabla 33

Valores estadísticos de testigos

Valores estadísticos de testigos	
Número de pruebas (n)	3
Suma de valores	419
Promedio (xp)	140
Mínimo estadístico (kg/cm ²)	89
Máximo estadístico (kg/cm ²)	184
Desviación estándar (kg/cm ²)	47.8
Varianza	2285.6
Coeficiente de variación (%)	34.2
Resistencia promedio (kg/cm ²)	140
Resistencia Especificada (Kg/cm ²)	210

Nota: Elaboración propia

Con los anteriores datos, llegamos a comprobar que las resistencias están entre el orden de 89 a 184 kg/cm² que representan solo el 42%, 70% y 88% de la resistencia mínima requerida para este tipo de estructuras, según la norma E.060, la cual indica en el

acápite 5.6.5.4 que la construcción de concreto puede ser considerada estructuralmente adecuada si ningún núcleo tiene una resistencia menor del 75% del f_c , en nuestro caso se han alcanzado valores variados, con lo cual el concreto usado tiene ciertas restricciones.

En el ítem 2.5.4.1 del Manual de Puentes del MTC encontramos la tabla 2.5.4.1-C1, la cual indica las características que debe tener la mezcla de concreto usada en los vaciados de los elementos estructurales.

Para la presente investigación, tomaremos la primera clasificación que indica el manual, esta es la clase A, la cual se utiliza generalmente en todos los elementos estructurales del puente.

Tabla 34

Características de las mezclas de concreto por clase

Clase de concreto	Contenido mínimo de cemento	Relación agua/cemento máx.	Contenido de aire (rango)	Agregado grueso por AASHTO M43 (ASTM D448)	Resistencia a la compresión a los 28 días
	pcy (lbs/yarda)	Lbs per lbs	%	Dimensión de abertura cuadrada en in.	ksi
A	611	0.49	-	1.0 a N°4	4.0
A (AE)	611	0.45	6.0 ± 1.5	1.0 a N°4	4.0
B	517	0.58	-	2.0 a N°3 y N°3 a N°4	2.4
B (AE)	517	0.55	5.0 ± 1.5	2.0 a N°3 y N°3 a N°4	2.4
C	658	0.49	-	0.5 a N°4	4.0
C (AE)	658	0.45	7.0 ± 1.5	0.5 a N°4	4.0
P	564	0.49	Especificado aparte	1.0 a N°4 o 0.75 a N°4	Especificado aparte
P (HPC)	564	0.58	-	1.0 a N°4	-
Concreto ligero	564	Como se especifica en los documentos del contrato			

Nota: (Manual de puentes del MTC, p. 145)

Como se puede observar la resistencia a la compresión del concreto clase A, que es nuestro tipo de concreto según la clasificación, es 4 ksi, lo que, realizando la conversión respectiva, equivale a 281 kgf/cm².

Para la presente investigación, el concreto empleado en los elementos estructurales como vigas, losa y pilar es de 210 kg/cm²; mientras que para los estribos es de 140 kgf/cm², como se indica en la liquidación técnica financiera. Por lo que no estaría cumpliendo los parámetros exigidos por la normativa vigente, ya que nos indica cumplir con un concreto de mayor resistencia.

Esto ocurre puesto que el puente se construyó en años en que regía la normativa anterior, donde la resistencia a la compresión era menor, pero con la modificación y actualización este valor se volvió más conservador, por lo que en la actualidad los valores para la resistencia del puente son estructuralmente inadecuados.

3.4.3.3. Ensayo de esclerometría

Con el propósito de contrastar los resultados de la resistencia del concreto de los testigos extraídos con diamantina, se realiza el ensayo de la esclerometría o del esclerómetro en el puente materia de estudio.

La evaluación de las estructuras de concreto en sitio, además de los métodos de extracción de testigos, se puede realizar mediante ensayos que tienen la ventaja de permitir el control de toda la estructura y sin afectarla de forma directa.

Este ensayo da a conocer la uniformidad de la resistencia del concreto *in situ*. Es decir, nos permitirá evaluar de manera directa si existiera un concreto pobre, concreto resistente o concreto deteriorado. Los ensayos realizados fueron hechos en lugares estratégicos a fin de conocer el estado tanto de la superestructura como de la subestructura, pudiendo dar soporte a los datos obtenidos a partir del primer ensayo

A continuación, se detalla el lugar y la forma de extracción de cada una de las muestras tomadas.

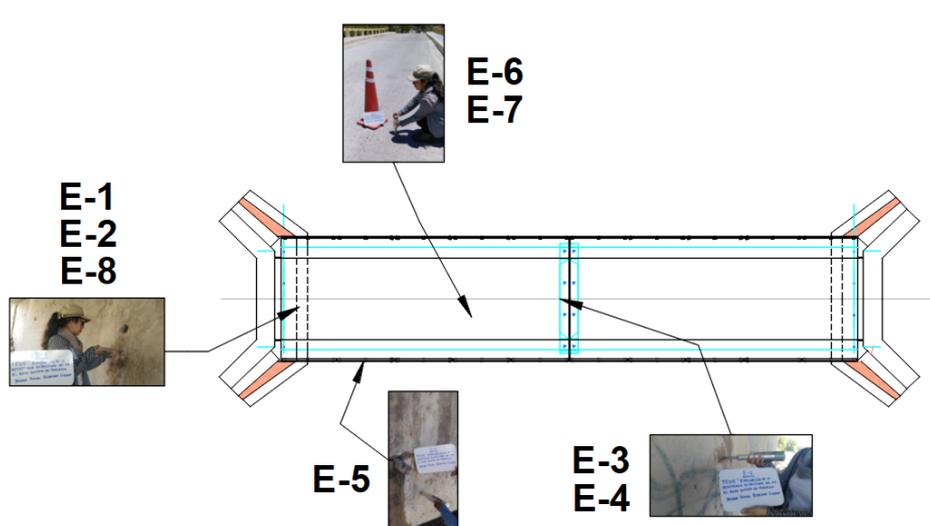


Figura 25. Puntos de extracción de muestra para ensayos de esclerometría

- **Respecto al estribo**

El estribo del puente fue objeto de medición mediante la prueba de esclerometría en dos puntos, un primer punto se ubica a 1.50 metros de altura y el otro punto se encuentra a 1.60 metros. El punto de prueba es representativo de toda la estructura debido a que se trata de zonas críticas por ser cercanas al punto de extracción de diamantina.

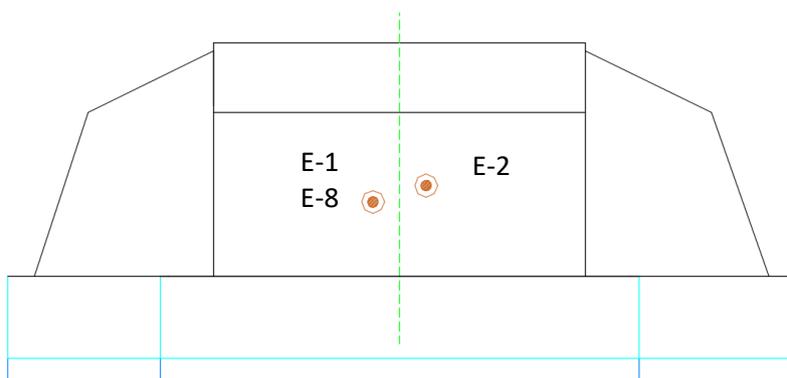


Figura 26. Puntos de prueba en el estribo



Figura 27. Prueba en el estribo

Medición

Medición en la prueba N.º 01. El esclerómetro realizó 10 golpes con los siguientes valores:

N.º golpe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor	29	30	30	27	28	30	28	28	28	30

Medición en la prueba N.º 02 el esclerómetro realizó 10 golpes con los siguientes valores:

N.º golpe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor	28	27	31	30	30	30	30	30	32	28

Medición en la prueba N.º 03 el esclerómetro realizó 10 golpes con los siguientes valores:

N.º golpe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor	26	26	30	30	30	28	28	26	28	30

- **Respecto a la Viga**

Las vigas del puente fueron objeto de medición mediante la prueba de esclerometría en un punto de prueba. El punto de prueba se encuentra cerca al punto de extracción de la muestra de la diamantina.

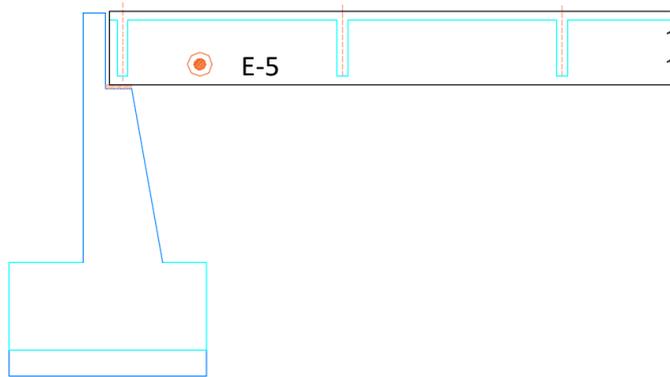


Figura 28. Punto de prueba en la viga

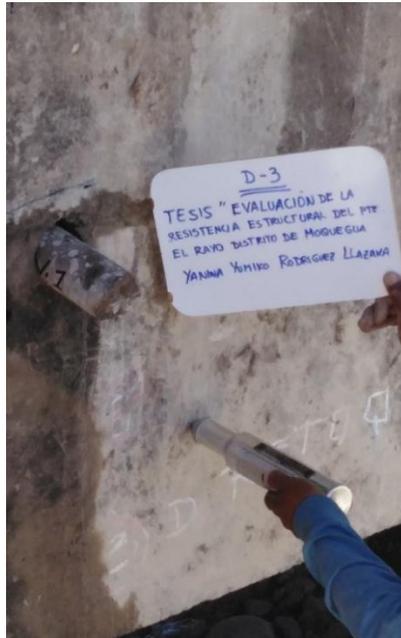


Figura 29. Prueba en la viga

Medición

Medición en la prueba N.º 01. El esclerómetro realizó 10 golpes con los siguientes valores:

N.º golpe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor	30	30	30	30	31	31	31	31	30	29

- **Respecto al pilar**

El pilar del puente fue objeto de medición mediante prueba de esclerometría en dos puntos ubicados en la parte central de la estructura. El punto de ensayo es representativo de la estructura del pilar, debido a que dicho punto se encuentra cerca al punto de extracción de la muestra de diamantina.

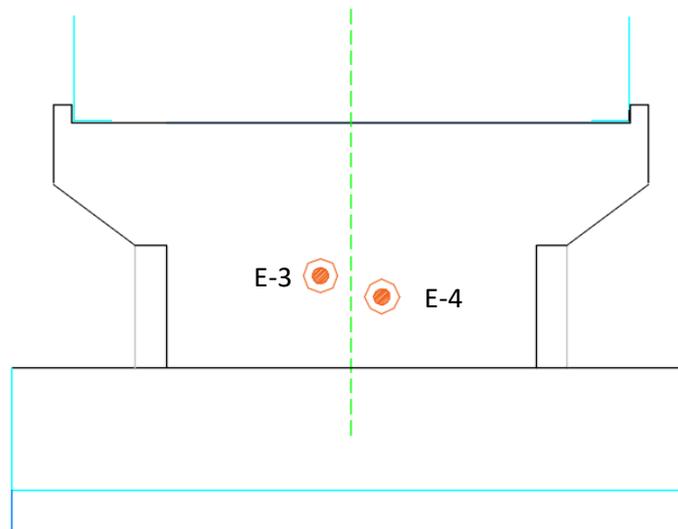


Figura 30. Punto de prueba en el pilar

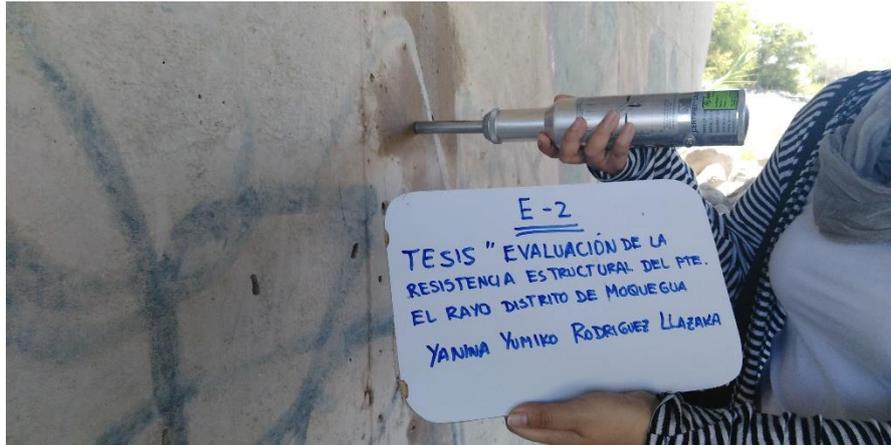


Figura 31. Prueba en el pilar

Medición

Medición en la prueba N.º 01. El esclerómetro realizó 10 golpes con los siguientes valores:

N.º golpe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor	30	30	30	32	29	29	29	31	31	30

Medición en la prueba N.º 02 el esclerómetro realizó 10 golpes con los siguientes valores:

N.º golpe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor	34	30	30	25	28	26	32	26	30	28

A partir de los ensayos realizados se recolectaron datos para análisis en el laboratorio Federico Páucar EIRL, siendo los resultados los que se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 35
Resultados de ensayo de esclerometría

Ítem	Denominación	Descripción	Direcc. de aplicación	Valores obtenido índice de rebote										Promedio	TABL esclerómetro PSI	Resistencia kg/cm ²	OB S.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	E Izq	Estribo izq	Horizontal	29	30	30	27	28	30	28	28	28	30	28.8	2688	189	
2	E Izq	Estribo izq	Horizontal	28	27	31	30	30	30	30	30	30	28	29.6	2839	200	
3	Pilar central	Pilar central	Horizontal	30	30	33	32	29	29	29	31	30	30.1	2934	206		
4	Pilar central	Pilar central	Horizontal	34	30	30	25	28	26	32	26	30	28.9	2707	190		
5	Viga tablero	Viga tablero	Horizontal	30	30	33	33	31	33	33	31	30	30.3	2972	209		
6	Losa	Losa	Vertical	30	28	28	30	28	24	30	30	28	28.6	3000	21		
7	Losa	Losa	Vertical	24	30	24	22	26	30	26	26	26	26.8	2900	204		
5	E derecho	Estribo der	Horizontal	26	26	30	30	30	28	28	26	28	28.2	2577	181		

Nota: Laboratorio Federico Páucar Tito EIRL

Como comentario inicial, debe indicarse que se realizaron 02 ensayos por cada elemento estructural.

El promedio de resistencias de los estribos según el ensayo de rebote es 190 kgf/cm²; de las vigas es 209 kgf/cm²; del pilar es 198 kgf/cm² y el del tablero es 208 kgf/cm². Son valores más altos porque a pesar de que los ensayos de esclerometría se correlacionan; para la condición inicial pueden ser válidos, pero para la condición actual no, por ello se reitera que el ensayo principal es la diamantina.

Esto es debido a que el ensayo de esclerometría es más conservador y aunque no está normado por el RNE norma técnica E060, puede servir como referencia para contrastar los resultados de los ensayos de diamantina, lo que nos permite considerar que de todo lo indicado anteriormente, el concreto no es adecuado en cuanto a su resistencia.

3.4.3.4. Estudios previos

Los siguientes estudios fueron realizados por la Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto en apoyo con el Instituto Vial Provincial Mariscal Nieto como parte del proyecto de rehabilitación y mejoramiento de la avenida Mariscal Domingo Nieto, cuyo impacto abarcaba el estudio macro del río analizando su extensión ribereña.

3.4.3.4.1. Estudio de hidrología

La hidrología permite que se analice la cuenca vertiente y se cuantifique los regímenes de caudales, niveles y sedimentos del río en el tramo de influencia de la obra.

Ubicación hidrográfica: Cuenca Ilo – Moquegua

Ubicación administrativa: Autoridad Administrativa del Agua, Caplina - Ocoña.

El estudio hidrológico ha recopilado información del SENAMHI para determinar las precipitaciones máximas de 24 horas registradas en estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, con ello se ha obtenido los caudales de diseño de máximas avenidas.

Para estudiar la cuenca del río Tumilaca se ha dividido en 04 subcuencas con el objetivo de hacer una mejor modelación hidrológica.

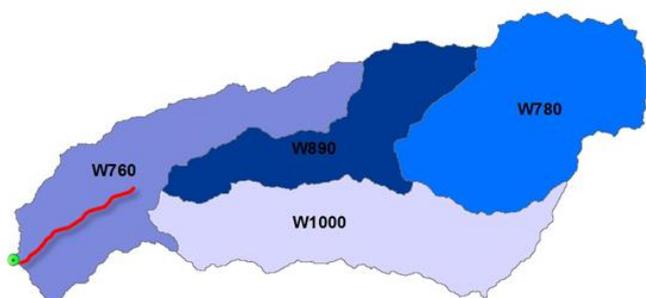


Figura 32. Delimitación de subcuencas del río Tumilaca

A continuación, se desarrolla la teoría y se presentan los resultados de los principales parámetros que determinan la morfología y fisiografía de las subcuencas del estudio.

Tabla 36*Parámetros de forma del río Tumilaca*

	Parámetros de forma			
	W780	W890	W1000	W760
Área (km ²)	177.648	108.228	162.414	153.255
Perímetro (km)	76.903	86.767	102.964	103.877
Longitud río Lc (km)	26.871	31.128	39.899	34.294
Longitud máxima cuenca Lm (km)	19.683	25.699	29.963	29.575
Longitud máxima desagüe L (km)	19.683	25.699	29.963	29.575
Ancho máximo cuenca Am (km)	12.350	8.089	6.760	10.783
Ancho promedio cuenca Ap (km)	9.026	4.211	5.420	5.182
Coefficiente de compacidad Kc	1.628	2.353	2.279	2.367
Factor de forma Ff	0.459	0.164	0.181	0.175
Radio de elongación Re	0.764	0.457	0.480	0.472
Radio de circularidad Rc	0.377	0.181	0.193	0.178
	Parámetros de relieve			
Altitud máxima (msnm)	5375	4975	4901	4300
Altitud máxima río (msnm)	4625	4500	4250	3750
Altitud mínima (msnm)	3530	2330	2330	1588
Altitud media (msnm)	4430	3925	3805	2860
Pendiente cuenca S _{cuenca} (%)	9.374	10.292	8.580	9.170
Pendiente cauce S _{cauce} (%)	4.075	6.971	4.812	6.304
Índice de pendiente de cuenca I _p	0.262	0.291	0.254	0.281
Coefficiente de masividad C _m	24.937	36.266	23.428	18.662
Coefficiente orográfico C _o	0.110	0.142	0.089	0.053
	Parámetros de la red de drenaje			
Longitud total de ríos (km)	70.712	41.148	62.904	50.231
Orden de corriente	3	3	3	4
Número de ríos Orden 1	11	3	8	6
Número de ríos Orden 2	6	1	5	3
Número de ríos Orden 3	4	3	2	0
Número de ríos Orden 4	0	0	0	4
Densidad de drenaje D _d	0.398	0.380	0.387	0.328
Coefficiente de estabilidad C	2.512	2.630	2.582	3.051
Coefficiente de torrencialidad C _t	0.025	0.011	0.019	0.013
Tiempo de concentración				

A lo largo del río Tumilaca, el movimiento de los sólidos no es un proceso continuo, sino intermitente.

Los sólidos son transportados por el flujo del río en ciertos lugares del cauce donde son depositados, como en las terrazas o en áreas de inundación. El material puede ser erosionado parcialmente en algún momento dependiendo el caudal, luego transportado a otra zona donde posiblemente se llegue a sedimentar. Este proceso se da en el río Tumilaca, el material que arrastra la corriente de agua se deposita inicialmente aguas arriba del puente Tucumán, luego de este lugar debido a una mayor pendiente el material erosionado es transportado aguas abajo del puente El Rayo, donde se acumula y sedimenta haciendo que la sección del cauce sea insuficiente.

3.4.3.4.2. Estudio de hidráulica

La hidráulica fluvial combina conceptos de hidrología, hidráulica general, geomorfología y transporte de sedimentos. Estudia el comportamiento hidráulico de los ríos referido principalmente a los caudales y niveles medios y extremos, la capacidad de transporte de sedimentos, las velocidades de flujo, los ataques contra las márgenes y las variaciones del fondo por sedimentación y socavación.

El estudio de hidráulica fluvial para el tramo puente El Rayo, como un proceso de análisis, confrontan las características de la morfología del cauce del río para evaluar, analizar y proponer medidas preventivas que asegure la vida útil de servicio.

El caudal de máxima avenida se calculó en los estudios de hidrología considerándose un caudal instantáneo máximo de 163 m³/s para un tiempo de retorno de 100 años y 245.6 m³/s para un tiempo de retorno de 200 años.

El cauce del río Tumilaca se caracteriza por tener una pendiente en promedio de 3.5%. Debido a su pendiente pronunciada y la rapidez con la que concentra el agua desde los puntos más alejados de la cuenca, los cauces de torrenciales tienden a producir avenidas súbitas, con la posibilidad de tener cauce seco durante gran parte del régimen hidrológico.

Además de que las velocidades del flujo son altas, lo más grave del flujo torrencial es su tendencia a fluir inercialmente, sin necesariamente recorrer los contornos del canal, y a saltar sobre los obstáculos que se le interpongan en lugar de rodearlos suavemente como lo hacen los flujos de baja velocidad. La tendencia es a fluir en zigzag dentro del canal, rebotando el flujo cada vez que golpea uno de los contornos, produciendo una fuerte erosión en la parte del talud en el sitio de impacto, cuando el material que conforma la orilla no es un estrato competente.

Tabla 37
Parámetros hidráulicos del puente “El Rayo”

Cota de fondo (msnm)	NAME (msnm)	Tirante (m)	Cota de rasante (msnm)	Gálibo mínimo (m)	Luz hidráulica (m)
1 352.94	1 355.12	2 .18	135 4.41	1. 22	37.89

Nota: Estudio hidráulico



Figura 34. Puente El Rayo, 2016

La evaluación hidráulica de estos puentes tiene como finalidad conocer si la sección hidráulica es suficiente para permitir el paso de un caudal de avenida máxima determinado para un periodo de retorno de 100 años y 200 años, y prevenir la afectación de zonas aledañas, conocer el tipo de material de arrastre (bolonería o sedimento fino), el efecto palizada y los factores antrópicos desarrollados en la parte media y alta de las cuencas de influencia.

Caudal de diseño (Tr = 200 años) : 240.7 m³/s

Tirante hidráulico	(Tr = 200 años)	:	2.18 m
Velocidad	(Tr = 200 años)	:	4.79 m/seg
Luz hidráulica		:	37.89 m

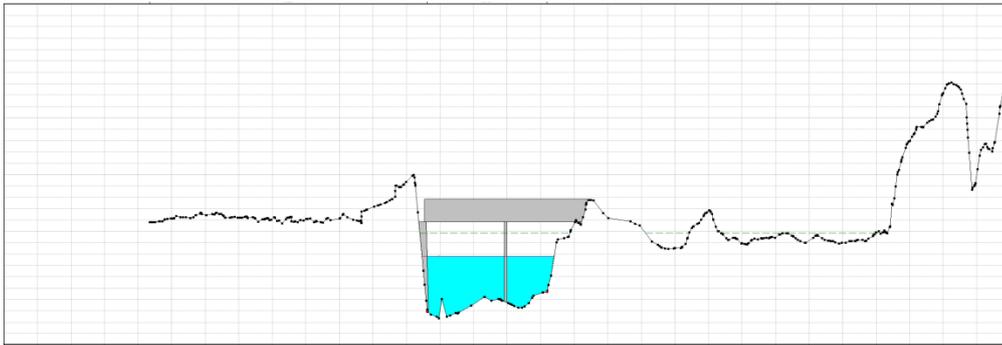


Figura 35. Sección hidráulica del puente “El Rayo”

3.4.3.4.3. Estudio de Geología

La litoestratigrafía regional realizada muestra los afloramientos rocosos y suelos tiene como fuente de información para definir las unidades litoestratigráficas el mapa geológico del cuadrángulo de Moquegua, hoja 35u del INGEMMET, geología del cuadrángulo de Moquegua.

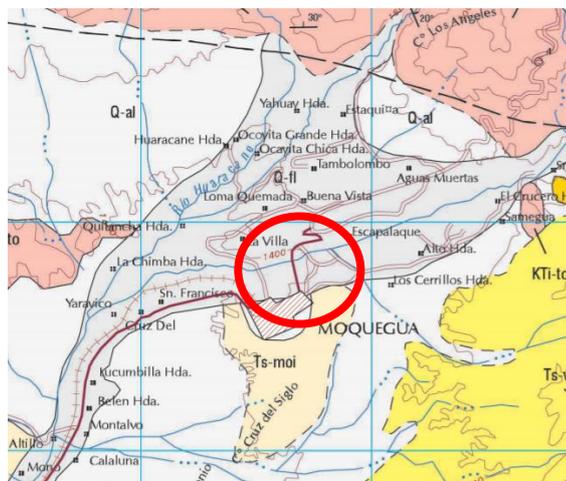


Figura 36. Mapa geológico de la zona de estudio

Depósitos aluviales (Q-al): Son acumulaciones aluviales que se presentan en las terrazas y los conos de deyección. Estas capas aluviales están compuestas por rocas subangulosas de canto rodado y de otras clases, encontrando en su mayoría material de origen volcánico de colores morado, pardo, negro, y otros, de igual modo presentan dimensiones variables que oscilan entre los 5 y los 30 centímetros de diámetro. Los depósitos visualmente son estimados con una clasificación GM y GW.

Los depósitos aluviales son acumulaciones en ambos márgenes del río Tumilaca que fueron depositados en el holoceno. Los depósitos aluviales son aprovechados como terrenos de cultivo modificando su topografía con el uso de maquinaria y transformado su relieve en una zona llana y más propensa a inundaciones, así como erosión pluvial y eólica.

Depósitos fluviales (Q-fl): A este tipo de depósitos corresponden las gravas, arenas y arcillas que están en proceso de transporte y deposición por los ríos actuales. Consisten de toda clase de materiales clásticos sueltos, desde bloques gruesos hasta arcillas con predominio de conglomerados y arenas, en formas de bancos de gravas o pequeñas playas de arenas a lo largo del lecho de los ríos. Los depósitos aluviales inmediatos a sus márgenes, ligeramente más altos, son utilizados como terrenos de cultivo. Durante las avenidas parte de estos terrenos, que corresponden al piso del valle, son a veces parcialmente inundados por el río renovándose el transporte y la sedimentación.



Figura 37. Geología local

Esta unidad litoestratigráfica del cuaternario reciente corresponde a los depósitos activos que actualmente actúan como cauce del río Tumilaca. Se trata de depósitos de arenas finas de grano grueso a medio, gravas y en menor proporción finos, a lo largo del río Tumilaca se presentan bifurcaciones del torrente de agua denotando un río del tipo anastomosado.

Cabe resaltar que las gravas presentes en el depósito son polimétricas y polimícticas, reconociéndose cantos de diorita, granodiorita, andesita, riolita, traquitas y traquiandesitas, principalmente. En menor proporción se encuentran rocas sedimentarias como areniscas, cuarcitas y calizas, en general los cantos rodados son variables y son arrastrados por la agresividad del río en temporadas de avenidas. Adicionalmente se evidencia bolones de regular tamaño hasta 30". Una estimación visual general del depósito muestra gravas en un 60% arenas 33% y finos en un 7%.

Tabla 38

Unidades litoestratigráficas

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos fluviales	Q-fl	Gravas, arenas y arcillas que están en proceso de transporte y deposición por los ríos actuales; consisten de toda clase de materiales clásticos sueltos.
			Depósitos aluviales	Q-al	Acumulaciones aluviales de piedemonte, las terrazas y los conos de deyección.

Nota: Estudio geológico

Tabla 39

Columna estratigráfica de la defensa ribereña

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
-----	---------	-------	----------	---------	------------------------

CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos fluviales	Q-fl	Se trata de depósitos de arenas finas de grano grueso a medio, gravas y en menor proporción finos.
			Depósitos aluviales	Q-al	Se compone de intercalaciones de arenas limosas y gravas en forma, eventualmente presenta boleos de 0.6 metros de diámetro como máximo, se presentan gravas polimétricas polimétrica y de forma redondeada a sub redondeada.

Nota: Estudio geológico

Se realizó una evaluación considerando la situación de estabilidad, las aguas superficiales y filtraciones, así como la posible alternativa de solución.

Una breve descripción de la geodinámica externa en la zona de estudio:

Tabla 40

Resumen del estudio geológico

AGENTES HIDROLÓGICOS	PENDIENTE DE TALUD MARGEN IZQUIERDO	MARGEN IZQUIERDO	MARGEN DERECHO
No se han encontrado aguas superficiales ni aguas subterráneas que afecten las estructuras de contención ni de las vías.	70°- 90°	Sector de estabilidad media a baja constituido principalmente por gaviones que en algunos casos están seriamente volcados.	Tramo que presenta un alto riesgo de inundación, ya que los gaviones han sufrido un descenso considerable, 80m aguas abajo, entrada de cauce en temporada de lluvias.

Nota: Estudio geológico

3.4.3.4.4. Estudio de Geotecnia

La ubicación y descripción del área de estudio es:

Región : Moquegua

Provincia : Mariscal Nieto

Distrito : Moquegua

Sector : Av. Mariscal Domingo Nieto

El terreno evaluado de la presente investigación, es decir, el cauce del río Tumilaca, se le puede clasificar como un suelo granular con presencia de bolonería de canto rodado, la cual tiene una forma subredondeada, en donde se evidencia el nivel freático, y cuenta con una ligera pendiente.

El proyecto se ubica dentro del mapa geológico del cuadrángulo de Moquegua (U-35). Desde el punto de vista geológico se clasifica como material cuaternario, donde se puede verificar material aluvial, gravas gruesas, bolonería y arena no plásticos.

La influencia de agentes naturales en la zona interna y externa del área de terreno en estudio presenta riesgo de inundación y arrastre como huaicos provenientes de las quebradas secas como la quebrada Cementerio. Agregándole la pendiente topográfica y el estado de baja cohesión, permite el arrastre de sólidos.

En resumen, el cauce del río Tumilaca en el área de estudio presenta buenas condiciones geotécnicas para la cimentación (cargas verticales), al menos en una profundidad de 15 metros (4 metros excavados en el estudio geotécnico y según el estudio geofísico se verifica la continuidad del estrato granular). Se evalúa la capacidad portante del suelo, teniendo 5 kg/cm^2 con clasificación GP (grava mal graduada), conociéndose también el ángulo de fricción $\phi=33.08^\circ$ con una cohesión de 0.

3.4.3.4.5. Estudio geofísico

La prospección geofísica está teniendo un importante lugar para resolver problemas asociados a conocer las condiciones de las estructuras geológicas del subsuelo; con esta premisa se realizaron diferentes estudios geofísicos. Mediante líneas de refracción sísmica para identificar los estratos geosísmicos en base a la velocidad de las ondas

sísmicas, y los estratos georesistivos en base a las resistividades eléctricas de cada estrato identificados mediante las líneas de tomografías eléctricas.

La prospección sísmica por refracción es un procedimiento que permite conocer la secuencia estratigráfica del subsuelo, en base al tiempo que demoran en viajar las ondas sísmicas por un determinado estrato geológico. Este tiempo de viaje está supeditado a las características físicas (dureza del suelo o roca) del medio físico, a mayor dureza de las rocas mayor es la frecuencia y mayor la velocidad de las ondas sísmicas, mientras que para los suelos blandos menor es la frecuencia, mayor la amplitud de los ondas sísmicas y menor la velocidad.

1. ^{ER} ESTRATO CON VELOCIDAD DE 300 m/s: Corresponden a suelos blandos de origen antrópico, conformados por rellenos antrópicos fundamentalmente en las líneas realizadas en los jardines o costados de la pista del malecón. En el lecho del río corresponden a sedimentos aluviales.

2.° ESTRATO CON VELOCIDAD DE 700 m/s: Están conformados por arenas, gravas finas a gruesas, rocas o piedras subredondeadas, por sectores se presentan arcillas y/o limos. Estos sedimentos se encuentran caóticamente distribuidos. Al tener una mayor velocidad que el primer estrato, se encuentran con cierto grado de compactación.

3. ^{ER} ESTRATO CON VELOCIDAD DE 1500 m/s: Están conformados por arenas, gravas finas a gruesas, rocas o piedras subredondeadas, por sectores se presentan arcillas y/o limos, estos sedimentos se encuentran caóticamente distribuidos. Por presentar una mayor velocidad que el primer estrato, se encuentran con mayor grado de compactación que el anterior estrato.

4.° ESTRATO CON VELOCIDAD MAYOR DE 3000 m/s: Estarían conformados por arenas, gravas finas a gruesas, rocas o piedras subredondeadas con mayor tamaño que el anterior estrato, por sectores se presentan arcillas y/o limos, estos sedimentos se encuentran caóticamente distribuidos. La mayor velocidad que tiene este estrato es indicador que son sedimentos con mayor compactación que los anteriores estratos.

Como se puede observar en la figura 15, las líneas sísmicas LS-34 y LS-36 son las que están cerca al puente "El Rayo". A continuación, se detalla la composición de las capas del suelo del proyecto de estudio.

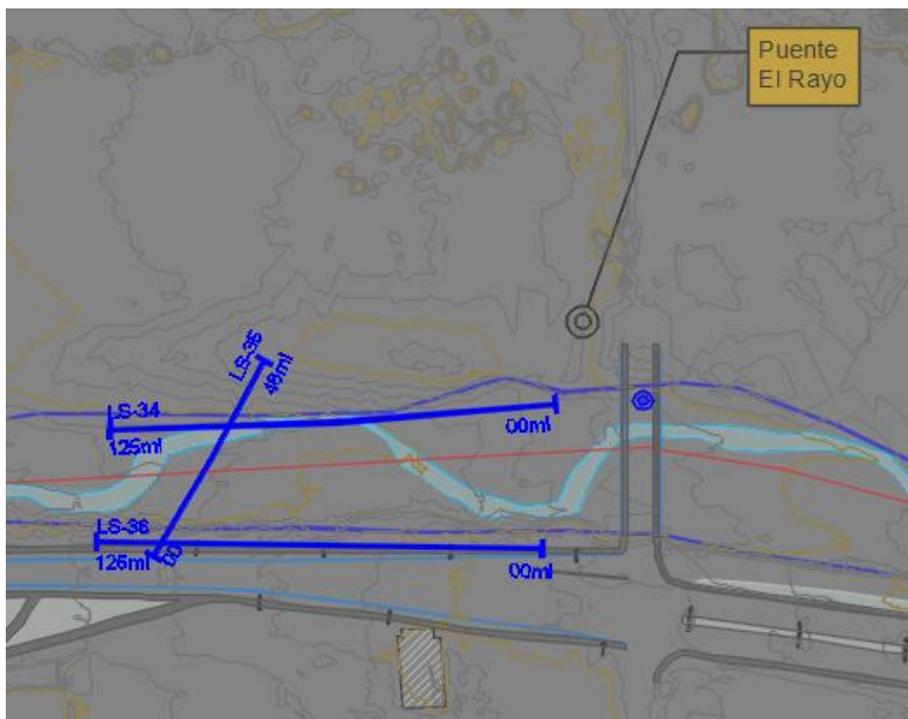


Figura 38. Líneas sísmicas en el puente El Rayo

Tabla 41

Líneas LS-34 y LS-36

ESTRATOS	VP m/s	ESPESOR m.	LITOLOGÍA GEOSÍSMICA
1. ^{er}	300	0.2 a 0.5	Suelos de origen aluvial que están conformados por bolonerías, gravas y material fino.
2. ^o	700	0.3 a 0.5	Bolonerías, arenas gruesas con matriz de material fino con limos y arcillas, ligeramente compactos.
3. ^{er}	1500	0.3 a 1.0	Bolonerías con arenas gruesas a finas con poco material fino, ligeramente más compactos que el anterior estrado.
4. ^o	3000	0.8 a 2.0	Arenas finas a gruesas y bolonerías con matriz con arcillas y/o limos muy compactos.

Nota: Estudio geofísico

Otro estudio que se realizó para conocer la conformación de los estratos es la prospección eléctrica mediante tomografías eléctricas (TME). Para tener datos más significativos y comparables en este estudio, la mayoría de las líneas tomográficas coinciden con las líneas sísmicas.

Los resultados se presentan en imágenes a colores, donde cada color representa a un valor de resistividad, las que posteriormente serán interpretadas en términos geológicos.



1.^{ER} ESTRATO EN COLOR AZUL OSCURO A CELESTE: Representan a resistividad de 10 a 50 Ω -metro, característica de sedimentos de arenas y gravas de grano fino a grueso, con considerable contenido de arcillas y/o limos saturados.

2.^º ESTRATO EN COLOR VERDE A AMARILLO: Representan a resistividades que varía de 51 a 250 Ω -metro. Están conformados por arenas, gravas finas a gruesas, rocas o piedras subredondeadas, mientras que por sectores es muy probable encontrar arcillas y/o limos. Estos sedimentos se encuentran caóticamente asentadas y se presentan de húmedos a saturados.

3.^{ER} ESTRATO EN COLOR CAFÉ A ROJO. - Representa a resistividad de 250 a 700 Ω -metro, característica de sedimentos conformados por arenas, gravas finas a gruesas, rocas o piedras subredondeadas. Por sectores es muy probable encontrar arcillas y/o limos. Estos sedimentos se encuentran caóticamente distribuidos de húmedos a saturados. Es importante indicar su mayor grado de compactación con respecto a los anteriores estratos.

4.^º ESTRATO EN COLOR ROJO OSCURO A MAGENTA. - Representa la resistividad con valores de 700 a 1000 Ω -metro para la zona en estudio. Estarían conformados por arenas, gravas finas a gruesas con mayor contenido de cantos rodados o bolonerías subredondeadas. Por sectores se espera encontrar arcillas y/o limos caóticamente sedimentados. Se caracterizan por tener mayor velocidad que el tercer estrato, indicador de que son sedimentos con mayor compactación que los anteriores estratos.

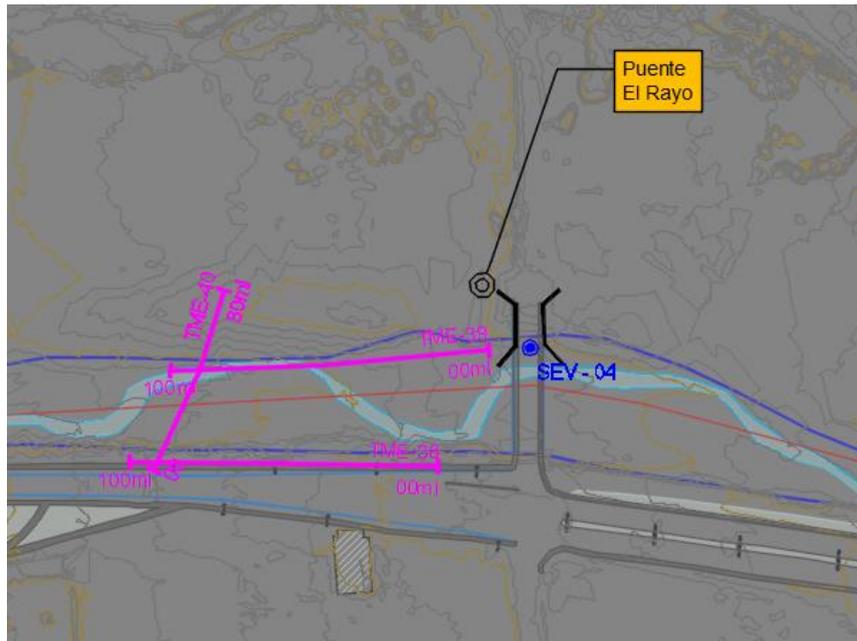


Figura 39. Tomografías en el puente El Rayo

La TME-39 es la que se encuentra cerca al puente en estudio. Como se aprecia en la imagen, podemos inferir su composición y detallar los datos que arrojan las pruebas.

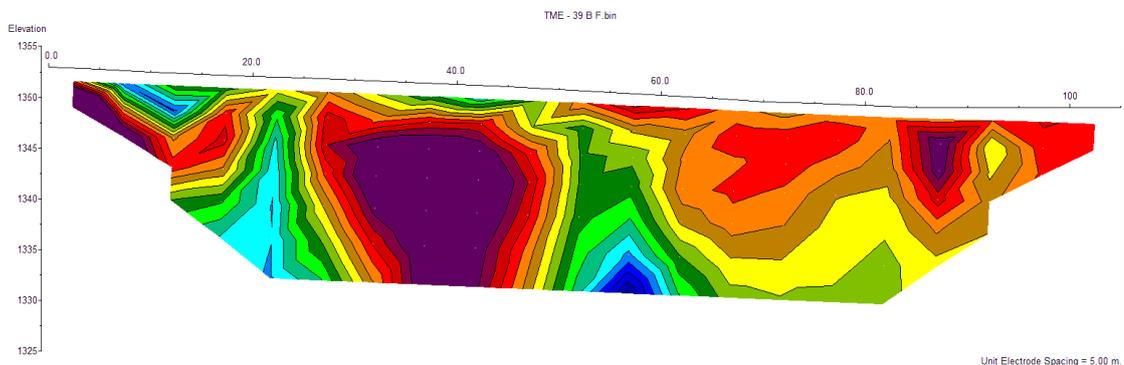


Figura 40. Tomografía TME-39

La tomografía TME-39 se encuentra al lado derecho del río. La figura muestra sedimentos compactos conformados por arenas, gravas finas a gruesas con mayor contenido de cantos rodados o bolonerías sub redondeadas ubicados a flor de tierra al final de la sección con espesor de 13 metros.

3.4.3.4.6. Estudio ambiental

El río Tumilaca está perennemente seleccionando los materiales que erosiona y que sedimenta y presenta además capacidad de transporte variable.

El agua es el agente erosivo más importante y poderoso. El agua no solo transporta partículas sólidas, también transporta sustancias químicas que contribuyen al proceso de erosión.

El ingreso del río Tumilaca muchas veces ha desbordado al lado izquierdo cuando no había los muros de contención, ya sea enrocados o gaviones. La lucha de agricultores con el caudal del río Tumilaca fue hace mucho tiempo. Se hacía necesario en esas épocas plantar árboles en la rivera del río, así como también la instalación de caballos o barreras de troncos. La margen izquierda, que también sufre la erosión por efecto de las máximas avenidas, ha arrastrado bastantes veces tierras que pudieron ser destinadas a la agricultura, por lo que la lucha contra la erosión forma parte de la lucha contra la desertificación.

La erosión acelerada de la cuenca Moquegua está ocurriendo porque se está rompiendo las condiciones naturales de la cuenca. Y esta ocurre debido principalmente a los cambios en el clima, es decir, el cambio de vegetación, el aumento de temperatura, etc.; la acción de animales, la acción de fuerzas geológicas, entre otras. No obstante, la causa más frecuente de la rápida erosión es provocada por las operaciones humanas.

El hombre es el principal destructor de la naturaleza, esto debido a que la erosión puede empeorar solamente por causa del accionar del hombre. Esto quiere decir, que podemos pasar de una erosión natural o normal a una erosión inducida. Una muestra clara es la deforestación, el maltrato a la vegetación.

El problema solo empeorará aún más si no actuamos ahora, el que las cuencas se erosionen y den paso a la pérdida de terrenos de agricultura que agudizan las épocas de estiaje y producen grandes avenidas que conllevan a deterioros a las estructuras hidráulicas, será irreprimible y habremos contribuido así a la ruptura definitiva del equilibrio ecológico de las cuencas que son nuestra fuente de vida.

Sin embargo, este fenómeno sólo puede comprenderse dentro de su compleja problemática socioeconómica que las diferentes autoridades, partiendo del Gobierno Regional de Moquegua, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Energía y Minas, Municipios, Sociedad Civil, Juntas de Regantes, deberían concertar y proponer un plan integral de manejo de la cuenca Moquegua.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de información

4.1.1. Resultados de los cálculos de cargas

Para la evaluación cuantitativa, el procedimiento a realizar será realizar el metrado de cargas muertas y vivas para definir la sección de acero de las vigas principales y las vigas secundarias, ya que cada una de estas soporta cargas diferentes, puesto que sostienen elementos como barandas y veredas, mientras que las otras sostienen solo la carpeta asfáltica.

Se realizará también el metrado para evaluar el estribo, y comprobar su estabilidad por volteo y por deslizamiento. Aquí se utilizará el dato de la resistencia a compresión del concreto obtenida a partir del ensayo de diamantina, y de esa forma obtener datos actuales de su estado estructural.

Para evaluar el pilar se modelará la sección transversal del cauce del río junto con la sección transversal del puente "El Rayo", y así verificar visualmente la ubicación del pilar con respecto al nivel del terreno. De esta forma, y con los datos obtenidos a partir del informe hidráulico, se puede conocer las alturas libres con respecto a las máximas avenidas y a las máximas extraordinarias, y así evaluar cómo afectaría al puente en una posible futura ocurrencia. De esta manera, se procederá a tomar las acciones preventivas correspondientes.

Para la evaluación cualitativa se llenará la ficha de inspección con los datos recopilados en campo sobre el puente "El Rayo", esta ficha se encuentra normada en el Manual de Inspección de Puentes.

4.1.1.1. Cálculo de cargas existentes

En base a las medidas del puente, se calculó las cargas muertas y vivas para posteriormente hallar los momentos últimos en las vigas interiores y exteriores.

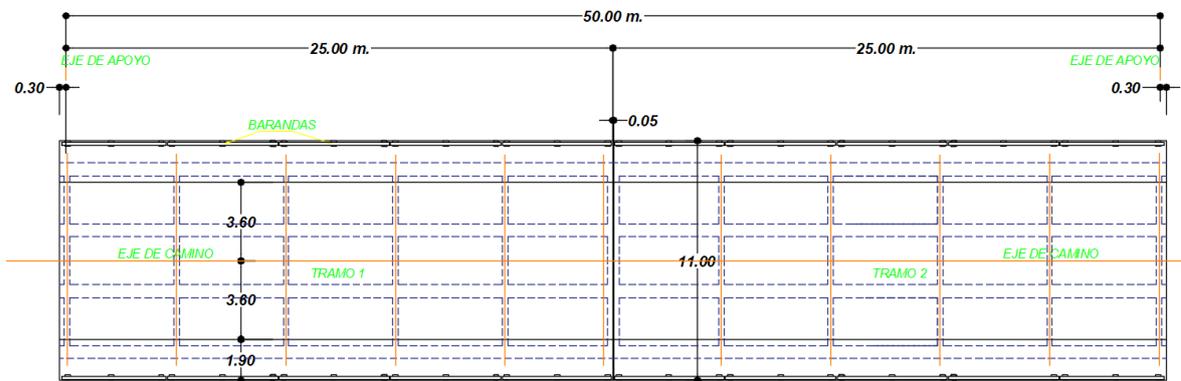


Figura 41. Planta del puente "El Rayo"

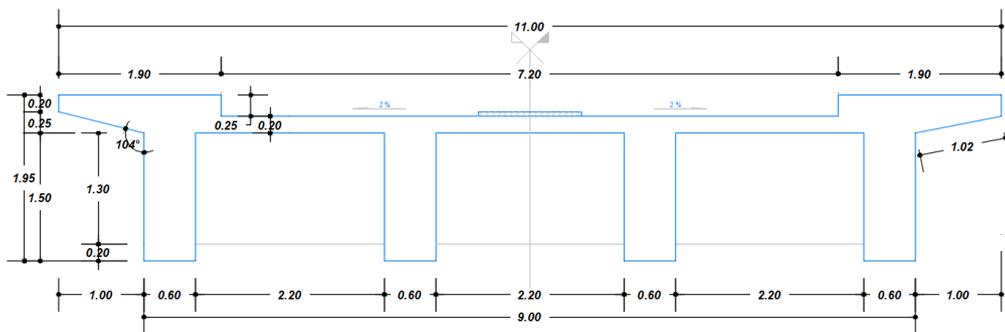


Figura 42. Sección transversal del puente "El Rayo"

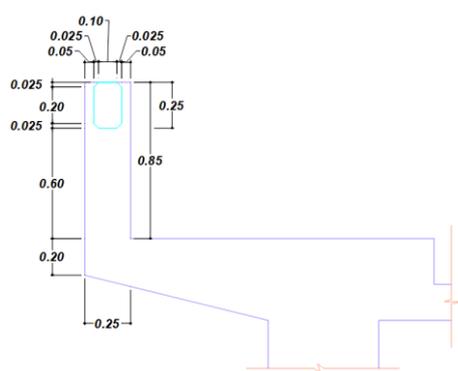


Figura 43. Detalle de la baranda

Para realizar el cálculo de las cargas existentes de manera ordenada, lo dividiremos en cargas permanentes, cargas variables y cargas excepcionales.

Se debe tomar en cuenta que la distribución de cargas variables va a depender de si la viga es interior o exterior, puesto que se usarán factores diferentes para cada una de ellas, tanto para momentos como para fuerzas cortantes.

4.1.1.1.1. Cargas permanentes

DC es la suma de cargas de los elementos estructurales y no estructurales del puente.

DW es la suma de cargas de los elementos adicionales del puente como son las barandas, superficie de rodadura y veredas.

4.1.1.1.1.1. Para vigas exteriores

El puente "El Rayo" consta de 02 vigas exteriores de dimensiones 0.60x1.5, que carga la vereda, la línea de la baranda, la losa y parte de la carpeta asfáltica junto con parte de la viga diafragma.

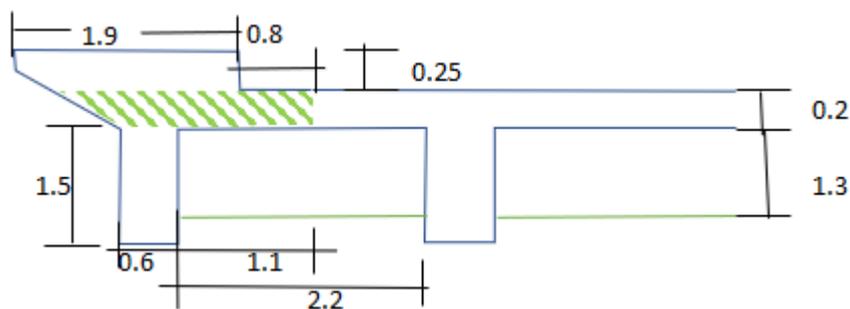


Figura 44. Detalle de viga exterior

Para calcular las cargas de elementos DC tomaremos los siguientes datos:

$$\text{Losa: } \gamma \cdot \text{área} = 1.050 \frac{\text{Ton}}{\text{ml}}$$

$$\text{Viga principal: } \gamma \cdot \text{área} = 2.250 \frac{\text{Ton}}{\text{ml}}$$

$$\text{Viga diafragma: } \gamma \cdot \text{área} \cdot \text{espesor} = 0.894 \text{ Ton}$$

El momento máximo de las cargas DC es $M_{DC} = 284.19 \text{ Ton} \cdot m$

Para calcular las cargas de elementos DW tomaremos los siguientes datos:

$$\text{Vereda: } \gamma \cdot \text{área} = 1.175 \frac{\text{Ton}}{\text{ml}}$$

$$\text{Asfalto: } \gamma \cdot \text{área} = 0.088 \frac{\text{Ton}}{\text{ml}}$$

$$\text{Baranda: } \frac{\gamma \cdot \text{área} \cdot \text{espesor} \cdot \text{cantidad}}{25\text{ml}} = 0.157 \frac{\text{Ton}}{\text{ml}}$$

El momento máximo de las cargas DW es $M_{DW} = 110.97 \text{ Ton} \cdot m$

4.1.1.1.1.2. Para vigas interiores

El puente "El Rayo" consta de 02 vigas interiores de dimensiones 0.60x1.5, que carga la losa y la carpeta asfáltica junto con parte de las vigas diafragma.

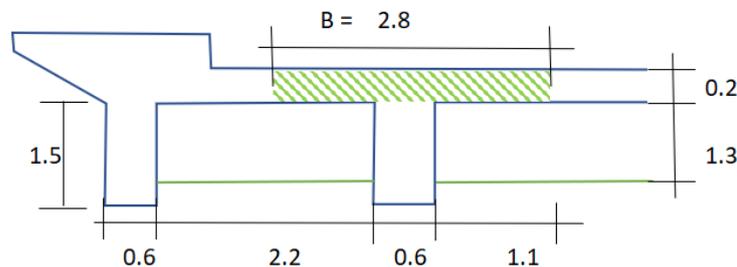


Figura 45. Detalle de viga interior

Para calcular las cargas de elementos DC tomaremos los siguientes datos:

$$\text{Losa: } \gamma \cdot \text{área} = 1.400 \frac{\text{Ton}}{\text{ml}}$$

$$\text{Viga principal: } \gamma \cdot \text{área} = 2.250 \frac{\text{Ton}}{\text{ml}}$$

$$\text{Viga diafragma: } \gamma \cdot \text{área} \cdot \text{espesor} = 1.787 \text{ Ton}$$

El momento máximo de las cargas DC es $M_{DC} = 311.53 \text{ Ton} \cdot m$

Para calcular las cargas de elementos DW tomaremos los siguientes datos:

$$\text{Asfalto: } \gamma \cdot \text{área} = 0.308 \frac{\text{Ton}}{\text{ml}}$$

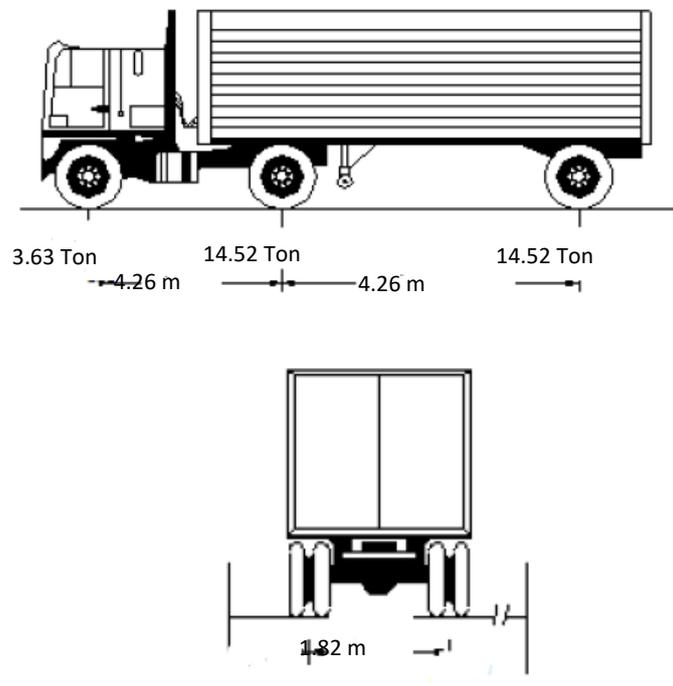
El momento máximo de las cargas DW es $M_{DW} = 24.06 \text{ Ton.m}$

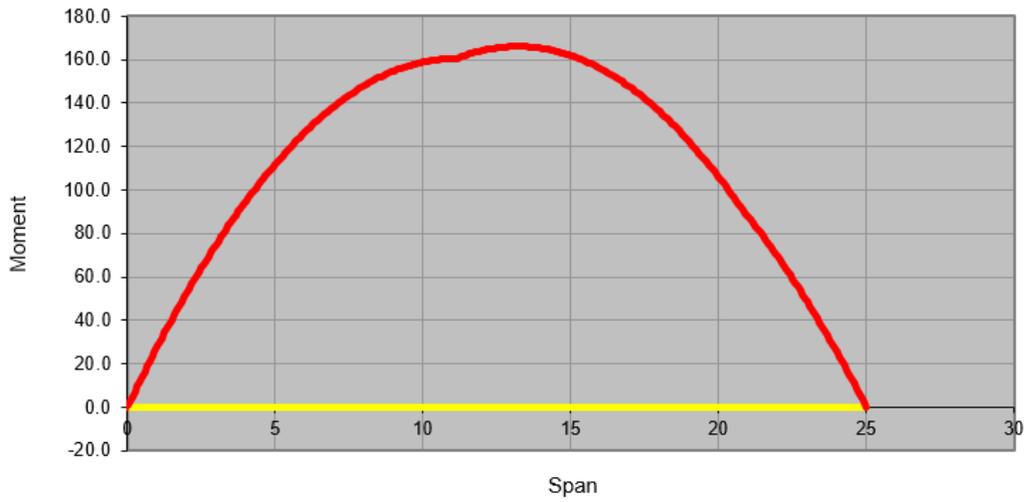
4.1.1.1.2. Cargas variables

Para realizar el cálculo de las cargas vivas se utilizarán los conceptos indicados en el ítem 2.1.4. de la presente investigación, es decir, el HL-93.

Camión de diseño

Tomando la figura 6 del ítem 2.1.4.1 podremos encontrar el momento del camión de diseño.



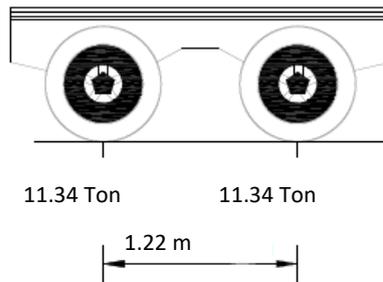


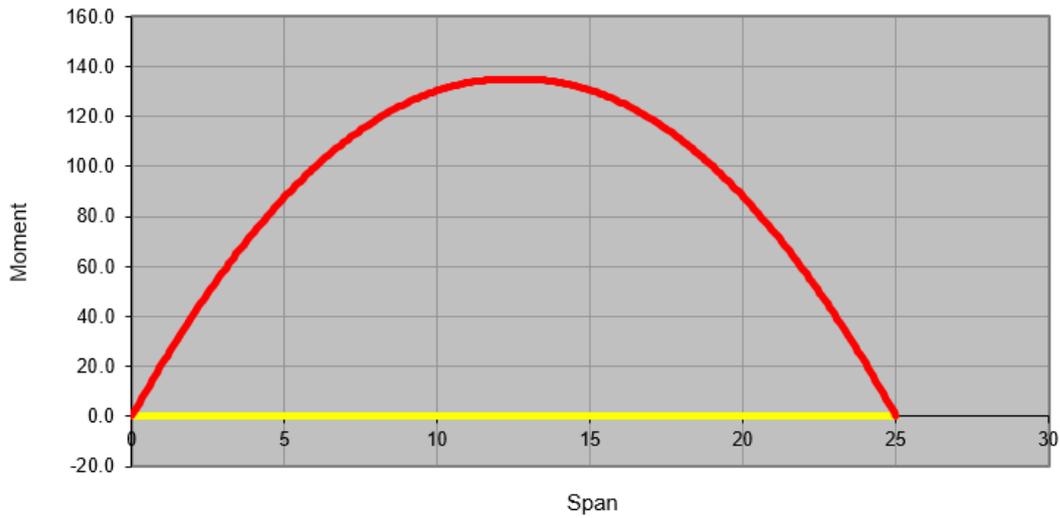
$$M = 166.1 \text{ Ton.m}$$

Figura 46. Diagrama de momentos para carga camión

Tándem de diseño

Tomando la figura 7 del ítem 2.1.4.1 podremos encontrar el momento del tándem de diseño.





$$M = 134.9 \text{ Ton.m}$$

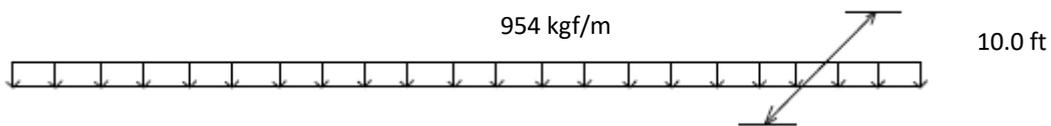
Figura 47. Diagrama de momentos para carga tándem

De ambas cargas, tomaremos la más crítica, que, en este caso, sería el camión de diseño, cuyo momento crítico es 166.1 Ton.m

$$M_{\text{camión de diseño}} = 166.1 \text{ Ton.m}$$

Carga distribuida de diseño

Tomando la figura 8 del ítem 2.1.4.1 podremos encontrar el momento de la carga distribuida de diseño.



$$q = 0.954 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

$$M_q = \frac{WL^2}{8} = 74.53 \text{ Ton.m}$$

La carga viva HL-93 es la suma de la carga del camión diseño con la carga distribuida de diseño, cuyo valor para esta investigación es $M_{LL} = 240.63 \text{ Ton.m}$

Otro factor a tomar en cuenta para hallar el momento último es la carga dinámica permitida (IM). Tomaremos el porcentaje de otros estados límites de la tabla 4 citada en el ítem 2.4.7. de la presente tesis, cuyo valor afecta al momento más crítico de entre las cargas camión y tándem.

El factor a usar será el 33%, el cual se aplica a la carga camión de diseño por ser la más crítica entre las cargas de diseño.

$$M_{IM} = 54.813 \text{ Ton.} \cdot m$$

El momento para las cargas vivas es la sumatoria de M_{LL} y M_{IM} , cuyo valor para la presente investigación es $M_{carga\ viva} = 295.44 \text{ Ton.} \cdot m$

4.1.1.2. Cálculo de momentos de diseño y acero de refuerzo

Para hallar los momentos de diseño usaremos la siguiente combinación de carga, que se refiere al estado límite de resistencia I.

$$M_u = 1.25 \cdot M_{DC} + 1.50 \cdot M_{DW} + 1.75 \cdot (M_{carga\ viva})$$

Utilizaremos el método de los factores de distribución para momentos y cortes que dicta el Manual de puentes del MTC para obtener los valores en las vigas interiores y exteriores respectivamente, usando las tablas 7, 8, 9 y 10 del capítulo 2.4.7 de la presente investigación.

Para ello se requieren las siguientes variables:

$$L = 81.97 \text{ ft}$$

$$S = 9.18 \text{ ft}$$

$$t_s = 7.87 \text{ in}$$

$$N_b = 4$$

$$A = 1395.00 \text{ in}^2$$

$$E_B = 4267.00 \text{ ksi}$$

$$E_D = 4267.00 \text{ ksi}$$

$$e_g = 33.46 \text{ in}$$

$$I = 1948.23 \text{ in}^4$$

$$n = 1.00 \qquad n = \frac{E_B}{E_D}$$

$$K_g = 1564180.10 \text{ in}^4 \qquad K_g = n (1 + A e_g^2)$$

$$d_e = 3.44 \text{ ft}$$

4.1.1.2.1. Para vigas exteriores

Para hallar el momento para las vigas exteriores, utilizaremos la siguiente expresión para dos o más carriles de diseño cargados, ya que es la más crítica de los dos factores.

$$e = 0.77 + \frac{d_e}{9.1} = 1.148$$

$$g = e g_{interior} = 0.903$$

Realizando los reemplazos correspondientes:

$$M_{EXT} = 1.25 \cdot 284.19 + 1.50 \cdot 110.97 + 1.75 \cdot (0.903 \cdot 295.44)$$

$$M_{EXT} = 988.604 \text{ Ton. m}$$

Comprobando que la sección viga trabaja como rectangular, sabiendo que $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y de los datos del acápite 5.1.1 de la presente tesis.

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y (d - \frac{a}{2})} \qquad a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'c b} = 14.95 < 20 \text{ cm}$$

A partir de estos datos podemos encontrar el área de acero para las vigas exteriores.

$$A_s = 171.44 \text{ cm}^2 \rightarrow 34 \text{ } \emptyset 1" = 172.38 \text{ cm}^2$$

4.1.1.2.2. Para vigas interiores

Para hallar la variable "g" para las vigas interiores, utilizaremos la siguiente expresión, tanto para un carril de diseño cargado como para dos o más carriles de diseño cargados:

$$0.06 + \left(\frac{S}{14}\right)^{0.4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.3} \left(\frac{K_g}{12.0 L t_s^3}\right)^{0.1} = 0.552$$

$$0.075 + \left(\frac{S}{9.5}\right)^{0.6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2} \left(\frac{K_g}{12.0 L t_s^3}\right)^{0.1} = 0.7866$$

De ambas expresiones tomaremos el factor de distribución más crítico, que sería 0.7866; del cual, realizando el reemplazo correspondiente, se obtendrá el momento flector por cargas vivas para las vigas interiores del puente en estudio.

$$M_{INT} = 1.25 \cdot 311.53 + 1.50 \cdot 24.06 + 1.75 \cdot (0.786 \cdot 295.44)$$

$$M_{INT} = 832.223 \text{ Ton.m}$$

Comprobando que la sección viga trabaja como rectangular, sabiendo que $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y de los datos del acápite 5.1.1 de la presente tesis.

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = 12.48 < 20 \text{ cm}$$

A partir de estos datos, podemos encontrar el área de acero para las vigas exteriores.

$$A_s = 145.10 \text{ cm}^2 \rightarrow 30 \text{ } \phi 1" = 152.10 \text{ cm}^2$$

4.1.1.3. Cálculo de fuerza cortante y acero de refuerzo

4.1.1.3.1. Para vigas interiores

Para comenzar debemos hallar la distancia para conocer la mayor fuerza cortante, usando el peralte de corte efectivo (d_v), cuyo valor debe ser mayor a $0.9 \cdot d_c$ y $0.72 \cdot h$

$$d_v = d_c - \frac{a}{2} = 112.46 \text{ cm} < 0.9 \cdot d_c = 125 \text{ cm}$$

$$< 0.72 \cdot h = 122 \text{ cm}$$

Ambas comprobaciones son menores, por consiguiente, podemos proceder a hallar la distancia de la máxima fuerza cortante, la cual es 1.425 m.

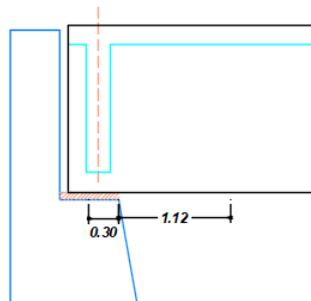
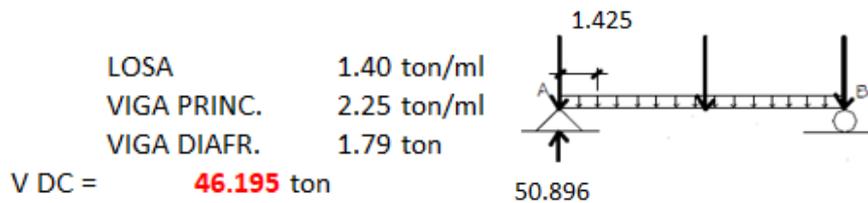


Figura 48. Punto de unión con la losa-viga

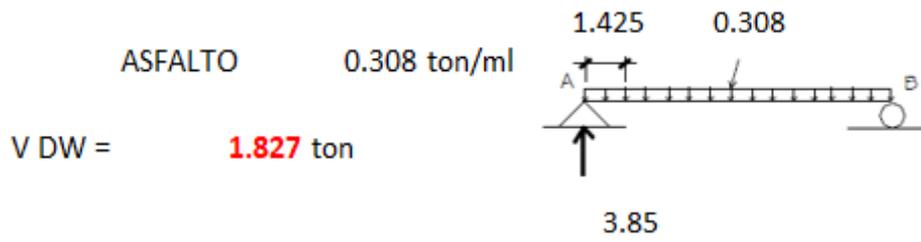
Seguidamente hallamos las cortantes para las cargas muertas (DC y DW) y caras vivas (LL y IM).

Cargas muertas

DC:

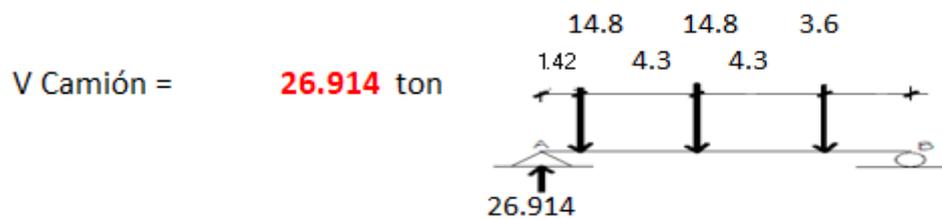


DW:

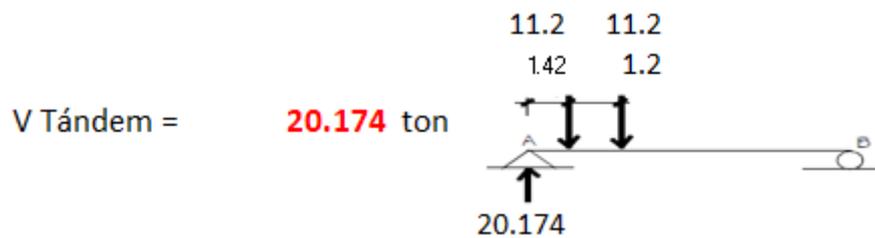


Cargas vivas:

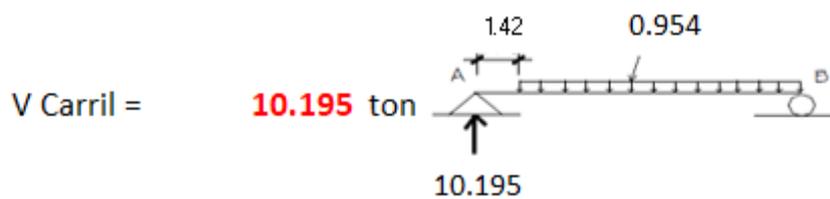
Camión de diseño:



Tándem de diseño:



Carga de carril:



$$VIM = 8.882 \text{ ton}$$

$$VLL = 37.109 \text{ ton}$$

Realizando la sumatoria de las cargas vivas, obtenemos un primer valor de cortante de las cargas vivas: 45.991 ton.

Para hallar la cortante para las vigas interiores, utilizaremos la siguiente expresión, tanto para un carril de diseño cargado como para dos o más carriles de diseño cargados:

$$0.36 + \frac{S}{25.0} = 0.727$$

$$0.2 + \frac{S}{12} - \left(\frac{S}{35}\right)^{2.0} = 0.896$$

De ambas expresiones tomaremos el factor de distribución más crítico, que sería 0.896; del cual, realizando el reemplazo correspondiente, se obtendrá la fuerza cortante por cargas vivas para las vigas interiores del puente en estudio.

$$V_u = 1.25 \cdot V_{DC} + 1.50 \cdot V_{DW} + 1.75 \cdot (V_{cargaviva})$$

$$V_u = 132.61 \text{ ton} = 132614.0 \text{ kgf}$$

La verificación por corte está dada por la expresión $V_u < V_r = \phi V_n$. Para ello necesitamos conocer el de V_c y V_s , usando el valor $f'c = 184 \text{ kg/cm}^2$, que es el valor de la resistencia del concreto a compresión encontrado a través del ensayo de diamantina en la viga.

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}b_v d_v = 48509.81 \text{ kgf} \quad V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = 98839.06 \text{ kgf}$$

Usando estribos de 1/2", obtenemos un $A_v = 2.54 \text{ cm}^2$, por lo que podemos hallar el espaciamiento dado por la ecuación $V_s = \frac{A_v f_y d_v}{s}$; $s = 12.14 \rightarrow 12.0 \text{ cm}$.

Usando nuevamente la fórmula anterior para hallar $V_s = 99975.9 \text{ kgf}$

$$V_n = V_c + V_s = 148485.70 \text{ kgf}$$

$$V_n = 0.25 f' c b_v d_v = 310386.35 \text{ kgf}$$

De ambas ecuaciones tomamos la menor para afectarlo por el coeficiente $\phi = 0.9$ y poder validar la verificación.

$$V_u = 132614.0 \text{ kgf} < V_r = 133637.1 \text{ kgf}$$

Tanto para las vigas interiores como para las vigas exteriores, se utilizará la misma área de acero para refuerzo lateral de la siguiente manera:

$$A_{sarmado} = 0.75 \frac{A_g}{F_y} = 16.2 \text{ cm}^2 \rightarrow 8.1 \text{ cm}^2/\text{cara}$$

Esto serían $5 \phi 5/8'' \rightarrow A_s = 9.90 \text{ cm}^2$, espaciados cada 24 cm, siendo 45 cm el máximo espaciamiento permitido.

De igual forma se procederá con el acero mínimo para el momento positivo, y puesto que es mínimo se utilizará la cuantía mínima permitida según la norma E.060 de concreto armado.

$$A_{smin} = 0.0024 b d = 22.608 \text{ cm}^2$$

$$\text{Esto serían } 8 \phi 3/4'' \text{ , espaciados cada } S = \frac{2.85}{22.608} = 0.12 \text{ m}$$

Entonces, podemos sintetizar los resultados obtenidos en la figura 49, donde se detalla las diversas áreas de acero halladas.

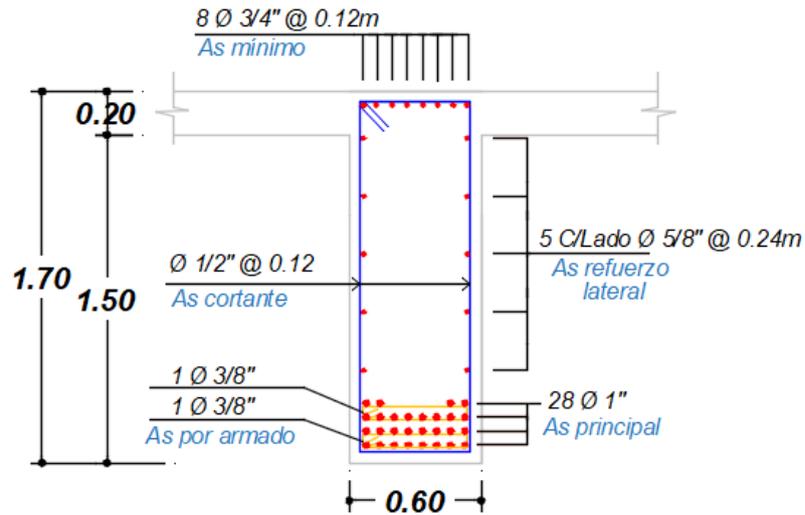


Figura 49. Detalle de acero para viga interior

4.1.1.3.2. Para vigas exteriores

Para comenzar debemos hallar la distancia para conocer la mayor fuerza cortante, usando el peralte de corte efectivo (d_v), cuyo valor debe ser mayor a $0.9 \cdot d_c$ y $0.72 \cdot h$

$$d_v = d_c - \frac{a}{2} = 101.59 \text{ cm} < 0.9 \cdot d_c = 120 \text{ cm}$$

$$< 0.72 \cdot h = 122 \text{ cm}$$

Ambas comprobaciones son menores, por consiguiente, podemos proceder a hallar la distancia de la máxima fuerza cortante, la cual es 1.316 m.

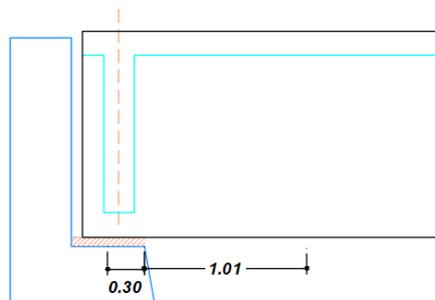


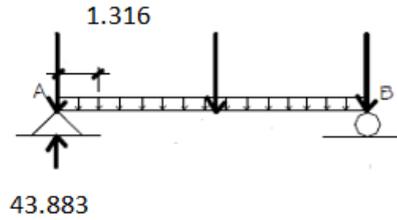
Figura 50. Punto de unión con la losa-viga

Seguidamente hallamos las cortantes para las cargas muertas (DC y DW) y caras vivas (LL y IM).

Cargas muertas

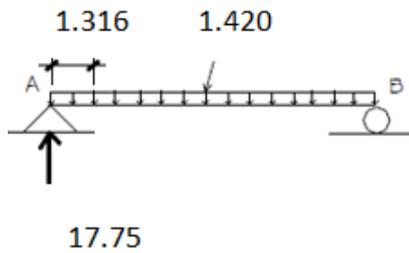
DC:

LOSA	1.050 ton/ml
VIGA PRINC	2.250 ton/ml
VIGA DIAFF	0.894 ton
V DC =	43.883 ton



DW:

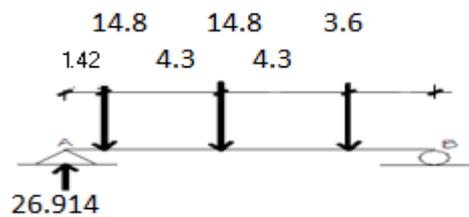
ASFALTO	0.088 ton/ml
BARANDA	0.157 ton/ml
VEREDA	1.175 ton/ml
V DW =	17.750 ton



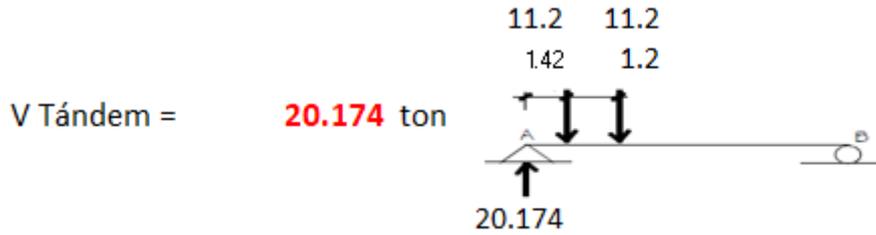
Cargas vivas

Camión de diseño:

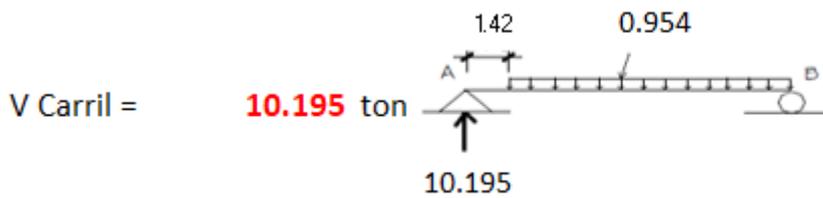
V Camión = **26.914 ton**



Tándem de diseño:



Carga de carril:



$$V_{IM} = 8.882 \text{ ton}$$

$$V_{LL} = 37.109 \text{ ton}$$

Realizando la sumatoria de las cargas vivas obtenemos un primer valor de cortante de las cargas vivas: 45.991 ton.

Para hallar la fuerza cortante para las vigas exteriores, utilizaremos la siguiente expresión, para dos o más carriles de diseño cargados, ya que es la más crítica de los dos factores:

$$e = 0.6 + \frac{d_e}{10} = 0.944$$

$$g = e g_{interior} = 0.846$$

De ambas expresiones tomaremos el factor de distribución más crítico, que sería 0.846; del cual, realizando el reemplazo correspondiente, se obtendrá la fuerza cortante por cargas vivas para las vigas interiores del puente en estudio.

$$V_u = 1.25 \cdot V_{DC} + 1.50 \cdot V_{DW} + 1.75 \cdot (V_{carga\ viva})$$

$$V_u = 149.57 \text{ ton} = 149569.93 \text{ kgf}$$

La verificación por corte está dada por la expresión $V_u < V_r = \phi V_n$. Para ello necesitamos conocer el de V_c y V_s ; usando el valor $f'_c = 184 \text{ kg/cm}^2$, que es el valor de la resistencia del concreto a compresión encontrado a través del ensayo de diamantina en la viga.

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c}b_v d_v = 43820.71 \text{ kgf} \quad V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = 12268.09 \text{ kgf}$$

Usando estribos de 1/2" obtenemos un $A_v = 2.54 \text{ cm}^2$, por lo que podemos hallar el espaciamiento dada por la ecuación $V_s = \frac{A_v f_y d_v}{s}$; $s = 8.86 \rightarrow 8.5 \text{ cm}$.

Usando nuevamente la fórmula anterior para hallar $V_s = 127499.2 \text{ kgf}$

$$V_n = V_c + V_s = 171319.92 \text{ kgf}$$

$$V_n = 0.25 f'_c b_v d_v = 280383.53 \text{ kgf}$$

De ambas ecuaciones tomamos la menor para afectarlo por el coeficiente $\phi = 0.9$ y, así, poder validar la verificación.

$$V_u = 149569.93 \text{ kgf} < V_r = 154187.93 \text{ kgf}$$

Entonces, podemos sintetizar los resultados obtenidos en la figura 51, donde se detalla las diversas áreas de acero halladas.

Repitiendo lo que se dijo en las vigas interiores, se utilizará la misma área de acero para refuerzo lateral de la siguiente manera:

$$A_{s \text{ armado}} = 0.75 \frac{A_g}{F_y} = 16.2 \text{ cm}^2 \rightarrow 8.1 \text{ cm}^2/\text{cara}$$

Esto serían $5 \phi 5/8" \rightarrow A_s = 9.90 \text{ cm}^2$, espaciados cada 24cm, siendo 45cm el máximo espaciamiento permitido.

De igual forma, el acero mínimo para el momento positivo, puesto que es mínimo se utilizará la cuantía mínima permitida según la norma E.060 de concreto armado.

$$A_{S \text{ min}} = 0.0024 b d = 22.608 \text{ cm}^2$$

Esto serían 8 $\varnothing 3/4"$, espaciados cada $S = \frac{2.85}{22.608} = 0.12 \text{ m}$

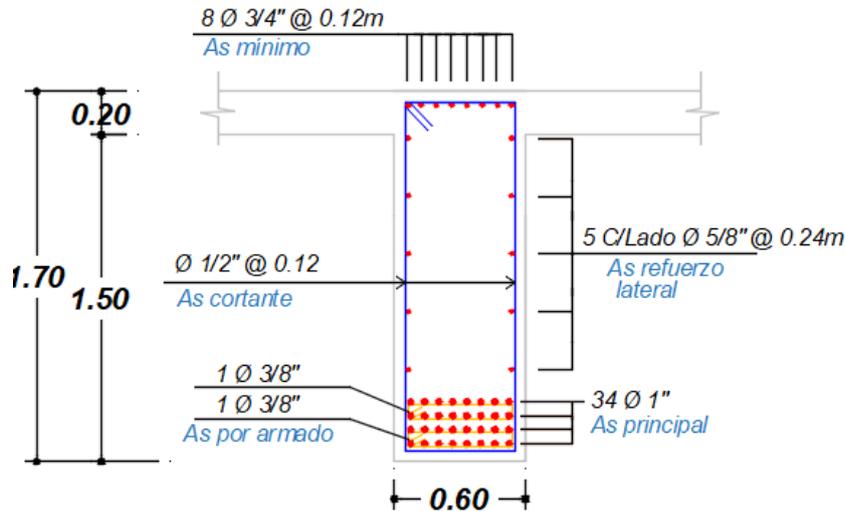


Figura 51. Detalle de acero para viga exterior

4.1.2. Verificación de resultados

4.1.2.1. Verificación del estribo

Comenzaremos la verificación del estribo comprobando si las medidas de la pantalla, cimiento y talón están dentro de los parámetros solicitados por los criterios ya conocidos.

A partir de la altura total del estribo $H = 7.73 \text{ m}$, podemos evidenciar que ciertas medidas cumplen y otras no.

Ancho de cimiento	$B = 4.50$	$H/2 \sim 2/3H$	Ok
Alt. de cimiento	$h = 2.00$	$H/6 \sim H/8$	No cumple
Long. de punta	$a = 1.00$	$H/12 \sim H/6$	Ok
Long. de talón	$b = 1.70$	$H/12 \sim H/6$	No cumple

Una vez verificadas las dimensiones, podemos realizar la comprobación por volteo y deslizamiento. Para esto tenemos dos tipos de concreto según la liquidación técnica financiera en la página 05. En la zapata se usó concreto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$ de P.G.,

mientras que para la pantalla se usó concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$; el ángulo de fricción según los estudios es de 33.08 y la sobrecarga es de 400 kg/m^2 .

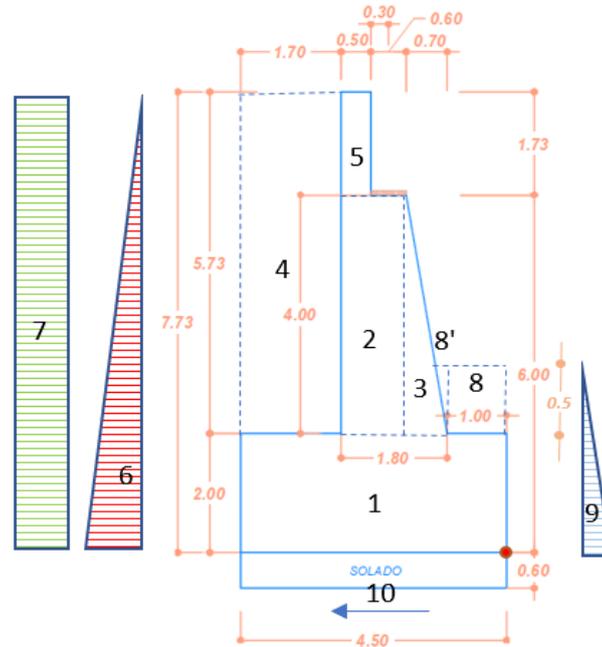


Figura 52. Fuerzas en el estribo

Las áreas 1, 2, 3 y 5 son parte de la estructura del estribo, por lo que se usará el peso específico del concreto. Para las áreas 4, 8 y 8' se usará el peso específico del suelo $\gamma = 1.98 \text{ tnf/m}^3$. Las áreas 6 y 9 son las fuerzas de la presión activa y pasiva respectivamente; el área 7 es la fuerza de la sobrecarga, y la fuerza 10 es la fricción.

Tabla 42

Momentos de las fuerzas ejercidas en el estribo

	$\gamma \cdot Vol$	Brazo	Mo
1	12.60	2.25	28.35 tnf.m
2	10.12	2.25	22.77 tnf.m
3	3.22	1.47	4.72 tnf.m
4	19.31	3.65	70.48 tnf.m
5	1.99	2.55	5.07 tnf.m
6	17.40	2.58	44.83 tnf.m
7	0.91	3.87	3.51 tnf.m
8	0.99	0.50	0.50 tnf.m
8'	0.09	1.03	0.09 tnf.m
9	21.08	0.83	17.57 tnf.m

Nota: Elaboración propia

4.1.2.1.1. Verificación de estabilidad al deslizamiento

Para verificar el deslizamiento usaremos la fuerza de fricción $F_{10} = \mu \cdot P$, donde $\mu = \tan \phi$ y $P = 1+2+3+4+5+8+8'$.

Tenemos dos casos: con empuje pasivo y sin empuje pasivo.

$$FS_d = \frac{F_R}{F_H} = 2.87 > 2.0 \dots CUMPLE$$

$$FS_d = \frac{F_R}{F_H} = 1.72 < 2.0 \dots NO CUMPLE$$

4.1.2.1.2. Verificación de estabilidad al volteo

Para verificar el volteo usaremos los momentos los momentos de las fuerzas resistentes ($1+2+3+4+5+8+8'$) y los momentos de las fuerzas de volteo ($6+7$).

$$FS_V = \frac{M_R}{M_V} = 2.73 > 2.0 \dots CUMPLE$$

4.1.2.2. Verificación del pilar

Estamos evaluando el pilar a partir del estudio hidráulico. Para ello se modeló la sección transversal del puente y el NAME, que es el nivel de aguas máximas extraordinarias; esto debido a que en los últimos años las grandes avenidas han sido casi de esta magnitud.

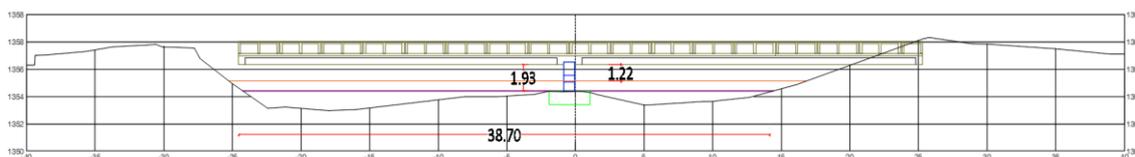


Figura 53. Sección transversal del puente "El Rayo"

De la imagen se pueden visualizar los siguientes datos:

Tabla 43

Niveles de sección transversal

Niveles	Cota
Cota de fondo	1352.94
Nivel de terreno	1353.97
Nivel de agua	1354.14
NAME	1355.12
Punto bajo de superestructura	1356.34

Nota: Elaboración propia

A partir de estos datos se puede calcular el gálibo, que es la resta entre el nivel de aguas máximas extraordinarias y el nivel más bajo de la superestructura, cuyo valor es 1.22m. Según el ítem 2.1.4.3.3.1 del Manual de puentes, este valor no puede ser menor a 1.50m, por lo que el puente estaría incumpliendo este parámetro.

Se puede observar también que la luz hidráulica en el momento de realizada la investigación es de 38.70m como se puede observar en la siguiente imagen.



Figura 54. Acercamiento a la sección transversal del puente “El Rayo”

La cantidad de agua que pasa por el puente “El Rayo” no es mucha, ya que su pendiente es mínima, dejando en épocas de estío parte de la subestructura expuesta, y en épocas de grandes avenidas, colmatando la base del puente, dejando un pequeño espacio por donde pasan los restos de árboles y rocas que transporta desde las partes altas; lo que induce a que el puente sea propenso a recibir impactos contundentes, pudiendo así dañar la superestructura o incluso tal vez provocando su colapso.

4.2. Discusión de resultados

Los datos obtenidos a partir de los ensayos destructivos y no destructivos son confiables debido a que se usaron pruebas estandarizadas normadas en el país, además del uso de fórmulas y ecuaciones normadas también en el Manual de Puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para de esta forma conocer la cantidad de acero requerido en las vigas principales (Rodríguez Hinojosa, 2019). Conforme a nuestra hipótesis planteada podemos decir que el estado estructural del puente se define cualitativamente gracias a la Guía de Inspección de Puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y a las fichas que se respondieron al verificar los diferentes elementos que conforman nuestro puente en estudio. Al tener limitantes en cuanto a los estudios geológicos, hidráulicos e hidrológicos no se puede conocer a fondo el impacto de estos ítems, sin embargo, al tener un estudio previo, se puede conocer el comportamiento que tiene la cuenca cada año y así emitir conclusiones sobre esta.

Los cálculos aplicados en el presente estudio solo pueden aplicarse a puentes con características iguales, es decir, un solo pilar, las mismas dimensiones de la viga, el tipo y dimensiones del estribo y los elementos externos que lo constituyen. Por ende, los resultados solamente podrían emplearse como referencia para otros estudios similares. Por ejemplo, para puentes metálicos estos resultados no coincidirían, al tratarse el puente “El Rayo” de solo concreto, por lo que su certidumbre no sería alta. Lo mismo ocurriría de tratarse de puentes mixtos o puentes colgantes, ya que a estos se les aplica otro tipo de análisis, de igual manera, se le tendría que realizar otros tipos de ensayos a cada elemento que lo constituye, esto dependiendo de su material (AASHTO-LRFD, 2010).

En la tesis realizada por Farfán (2018), se utiliza la metodología para la evaluación de puentes (SCAP), la cual emplea el concepto de condición estadística en cada uno de sus elementos, cuyo valor deduce el estado en campo expresado en porcentaje en la escala de 0 a 5. Esta metodología es similar a la utilizada en el presente estudio, ya que contempla conocer las condiciones del puente en cuanto a dimensiones, tramos, materiales utilizados, entre otros (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2006). En ambas metodologías se tiene en consideración el aspecto cualitativo con una escala de

valoración que nos permite determinar la condición de cada elemento evaluado, es decir, nos permite conocer el estado de los elementos de la superestructura, así como los elementos de la subestructura, y posteriormente la condición general del puente para identificar si se encuentra en un estado óptimo para su transitabilidad tanto vehicular como peatonal.

En cuanto a la tesis realizada por Fernández (2018), se empleó la metodología LRFR para realizar la evaluación estructural del puente utilizando ensayos destructivos y no destructivos. Esta investigación se centró en el aspecto cuantitativo, al contar con una tabla de evaluación de la resistencia a partir de las cargas presentes en el puente. Además de ello, al realizar ensayos en los elementos se verifica si estos cumplen o no cumplen con los requisitos máximos permisibles dictados a partir de la normativa vigente de dicho año. Podemos decir, entonces, que la presente investigación es similar en cuanto al uso de ensayos destructivos y no destructivos para la verificación estructural y comprobar si los diferentes elementos se encuentran dentro de los parámetros permitidos de la norma actual, para que de esta manera se verifique la operatividad del puente teniendo en cuenta las patologías que se han podido apreciar al momento de la evaluación y emitir una conclusión de si es o no apto para su uso.

CONCLUSIONES

1. Podemos encontrar en los resultados de verificación presentados en las fichas de inspección utilizadas en el puente “El Rayo”, que el grado de severidad que alcanza el puente en estudio está en un nivel 2 entrando a la categoría de REGULAR, comprometiendo a la estabilidad estructural en el futuro, presentando deficiencias en la capacidad estructural de vigas y de los estribos.
2. De la evaluación realizada al concreto estructural del puente “El Rayo”, mediante los ensayos de diamantina, se determina que el concreto no es el adecuado para una estructura de este tipo.
3. En relación al valor de la resistencia encontrada en el concreto, tenemos un porcentaje del 42% para el estribo, un 70% para el pilar y un 88% para las vigas, respecto al valor encontrado en planos y en la liquidación técnica que es 210 kg/cm^2 , lo cual demuestra que este concreto no es apropiado para una estructura de esta envergadura.
4. Asimismo, en el Manual de puentes del MTC actual, en la tabla 2.5.4.1-C1 del ítem 2.5.4.1., indica que la resistencia mínima del concreto para puentes de categoría A es de 280 kg/cm^2 ; si comparamos lo obtenido con los resultados conseguidos de la diamantina se encuentra muy por debajo de ese valor, entendiéndose que el puente fue diseñado con la normativa anterior. Al comparar con el ensayo de esclerometría, de igual manera se determina que la uniformidad de la resistencia del concreto del puente se encuentra en el rango de parámetros de la norma anterior en comparación con la norma actual.
5. Luego de una revisión a los planos del proyecto se encontró que el concreto de los estribos no cuenta con un refuerzo adecuado, simplemente se tiene cuantía mínima de acero y rieles metálicos que no son usuales en el refuerzo estructural de los estribos, lo cual no da una seguridad estructural en el puente evaluado.
6. Habiendo realizado la verificación estructural mediante el cálculo de los esfuerzos en vigas y consecuente diseño del acero, se ha encontrado que las cuantías encontradas en los planos son menores a las que se determinan

usando el Manual de puentes del MTC; lo cual afecta la resistencia estructural del puente.

7. Se han encontrado, luego de la evaluación visual, daños en las vigas principales del puente como consecuencia de impactos generados por maquinaria durante la limpieza del cauce.

RECOMENDACIONES

1. En base a la evaluación realizada al puente “El Rayo”, se ha determinado un nivel de severidad regular en ambos tramos, por lo que se recomienda una evaluación más detallada para determinar algunas patologías que no han podido ser observadas en esta evaluación preliminar como contenido de cloruros, sales y sulfatos.
2. Ante las constantes crecidas del río Tumilaca en los meses de diciembre a febrero y que generan la colmatación del cauce del río en la zona específica del puente se recomienda realizar la respectiva limpieza del cauce.
3. Por otro lado, se recomienda realizar una mayor cantidad de ensayos de diamantina en otras zonas de la estructura del puente (vigas, pilar, estribos) para poder tener un panorama más detallado de la resistencia estructural del puente.
4. Se recomienda mejorar ambos accesos hacia el puente dado que tienen pendientes un poco pronunciada, lo que podría afectar a los vehículos que transitan por esa zona y generar accidentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO-LRFD. (2010). *Diseño de Puentes*.
- Aguirre Erique, F. B. (2016). *Modelo de gestión para puentes de la provincia de El Oro*. Machala, El Oro, Ecuador: (tesis de posgrado). Universidad Técnica de Machala.
- Arias Flores, E. Z. (2010). *Evaluación de puentes-Mejoramiento del tablero Monitoreo de conservación carretera Cañete-Huancayo km. 179+800*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingenierías, Lima, Perú.
- Cain Guambo, H. P. (2016). *Evaluación estructural y funcional del puente Cebadas, ubicado en el kilómetro 32 del tramo Guamate-Macas (Ruta E46), aplicando la metodología del sistema de administración de estructuras de puentes (S.A.E.P.), para su rehabilitación y conservación*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Cardoza Quijada, M. A., & Villalobos Zetino, J. E. (2005). *Evaluación estructural de un puente mediante la realización de una prueba de carga estática*. San Salvador: (tesis de pregrado). Universidad de El Salvador.
- Céspedes García, M. A. (2003). *Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido*. Piura: (tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Cruz, Y. (25 de marzo de 2017). Por qué se han caído los puentes más modernos y no los del siglo XVIII. *RPP Noticias*. Obtenido de <https://rpp.pe/peru/desastres-naturales/por-que-se-han-caido-los-puentes-mas-modernos-y-no-los-del-siglo-xviii-noticia-1038711?ref=rpp>
- Farfán Castillo, L. F. (2018). *Evaluación y determinación de las patologías en la estructura del puente Sullana ruta PE-01N km 2+107, provincia de Sullana, departamento de Piura 2018*. Piura: (tesis de pregrado). Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote.
- Fernández Mayta, C. A. (2018). *Evaluación estructural mediante ensayos destructivos y no destructivos del puente vehicular Reque (km 773+000) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque 2018*. Huacho, Lima: (tesis de pregrado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- García-Rossell, C. A. (2006). *Análisis y Diseño de Puentes de Concreto Armado, Método AASHTO - LRFD*. Lima.
- Gordon, J. E. (2004). *Estructuras o por qué las cosas no se caen*. España: Calamar Ediciones.
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metología de la investigación*. México: Editorial McGrawHill.
- Martínez Cañamares, J. (2016). *Sistemas de gestión de puentes Optimización de estrategias de mantenimiento Implementación en redes locales de carreteras*. Madrid, España: (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid.

- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (s.f.). *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego*. Obtenido de <https://www.midagri.gob.pe/portal/datero/54-sector-agrario/cuencas-e-hidrografia/372-principales-cuencas-a-nivel-nacional?start=13>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2006). *Guía para Inspección de Puentes*. Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Puentes*. Lima-Perú.
- Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto. (2018). *Plan de desarrollo urbano sostenible Moquegua-Samegua 2016-2026*. Moquegua, Moquegua. Obtenido de http://www.munimoquegua.gob.pe/sites/default/files/archivos/pb/iv._propuesta_general.pdf
- Prensa Regional. (05 de febrero de 2019). Moquegua: Desborde de río amenaza malecón ribereño. *Prensa Regional*. Obtenido de <https://prensaregional.pe/moquegua-desborde-de-rio-amenaza-malecon-ribereno/>
- Rodriguez Hinostraza, M. K. (2019). *Diseño de un puente tipo losa y un puente viga losa hasta 20m de luz, en el distrito de Chilca - 2017*. Huancayo, Perú: (tesis de pregrado). Universidad Continental.
- Rodríguez Serquén, A. (2016). *Puentes con AASHTO-LRFD 2014*. Perú.
- RPP. (11 de febrero de 2019). Desborde del río Moquegua afectó vivienda, pistas y una comisaría. *RPP Noticias*. Obtenido de <https://rpp.pe/peru/moquegua/desborde-del-rio-moquegua-afecto-viviendas-pistas-y-una-comisaria-noticia-1179881?ref=rpp>
- Universidad de Zaragoza. (s.f.). *Tendiendo Puentes*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/tendiendopuentes2015/conceptos-basicos>
- Wikipedia. (s.f.). *Ensayo no destructivo*. Recuperado el 26 de Marzo de 2020, de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_no_destructivo
- Wikipedia. (s.f.). *Moquegua*. Obtenido de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Moquegua>
- Zambrano Rojas, K. L. (2017). *Comparación de los ensayos de diamantina y esclerometría de la pavimentación de los jirones Japón, Portugal y Brasil - Cajamarca*. Cajamarca, Perú: (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca.

ANEXOS

Juicio de experto 01

Juicio de experto 02

Juicio de experto 03

Juicio de experto 04

Ensayo de diamantina

Ensayo de esclerometría

Fichas de inspección

Panel fotográfico

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	25/04/21
Validador	Ing. Hamerly Acuña Risco , CIP 152159
Cargo e institución donde labora	Especialista de calidad en consorcio puente Aucallaga, río Huallaga. Ing. Control de calidad y construcción
Instrumento a validar	Ensayos de diamantina
Objetivo del instrumento	Obtención de los resultados de la resistencia del elemento
Autor(es) del instrumento	Yanina yumiko rodríguez llazaka

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			x	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	Si, pero se debe colocar una referencia de ubicación de la toma del ensayo
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			x	Se debe proponer protocolos con certificados de ensayos, además de calibración de equipos
TOTAL		0	4	24	

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.93$$

Coefficiente	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)




Figura 55 Juicio de experto 01 de ensayo de diamantina

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	25/04/21
Validador	Ing. Hamerly Acuña Risco, CIP 152159
Cargo e institución donde labora	Especialista de calidad en consorcio puente Aucallaga, río Huallaga. Ing. Control de calidad y construcción
Instrumento a validar	Esclerometría
Objetivo del instrumento	Correlación de resultados
Autor(es) del instrumento	Yanina yumiko rodriguez llazaka

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		Si, pero se debe colocar una referencia de ubicación de la toma del ensayo
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	Se debe proponer contar con certificados de ensayos, además de calibración de equipos
TOTAL		0	12	12	

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.80$$

Coefficiente	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elozua & Bully, 2012)


 Hamerly Acuña Risco
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 152159

Figura 56. Juicio de experto 01 de ensayo de esclerometría

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	25/04/21
Validador	Ing. Hamerly Acuña Risco , CIP 152159
Cargo e institución donde labora	Especialista de calidad en consorcio puente Aucallaga, río Huallaga. Ing. Control de calidad y construcción
Instrumento a validar	Guía de inspección de puentes
Objetivo del instrumento	Evaluación cualitativa de resultados en puente
Autor(es) del instrumento	Yanina yumiko rodriguez llazaka

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL		0	6	21	

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.90$$

Coeficiente	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)




Figura 57. Juicio de experto 01 de ficha de inspección

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	22-04-2021
Validador	RICARDO NUÑEZ
Cargo e institución donde labora	INDEPENDIENTE
Instrumento a validar	ESCLEROMETRÍA
Objetivo del instrumento	DETERMINAR LA RESISTENCIA
Autor(es) del instrumento	YANINA RODRIGUEZ

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.9$$

Coefficiente	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)


 Ricardo Nuñez Leyva
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 67421

Figura 58. Juicio de experto 02 de ensayo de esclerometría

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	22-04-2021
Validador	RICARDO NUÑEZ
Cargo e institución donde labora	INDEPENDIENTE
Instrumento a validar	DIAMANTINAS
Objetivo del instrumento	RESISTENCIA A LA COMPRESION
Autor(es) del instrumento	YANINA RODRIGUEZ

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.93$$

Coefficiente	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)


 Ricardo Nuñez Leyva
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 67421

Figura 59. Juicio de experto 02 de ensayo de diamantina

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	22-04-2021
Validador	RICARDO NUÑEZ
Cargo e institución donde labora	INDEPENDIENTE
Instrumento a validar	FICHAS DE INSPECCION
Objetivo del instrumento	ESTADO DE LA ESTRUCTURA
Autor(es) del instrumento	YADIRA RODRIGUEZ

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 1.00$$

Coeficiente	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)


 Ricardo Nuñez Leyva
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 67421

Figura 60. Juicio de experto 02 de ensayo de fichas de inspección

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	25 abril del 2021
Validador	Edwin Moya Castro
Cargo e institución donde labora	Gerente de Operaciones
Instrumento a validar	Diamantina
Objetivo del instrumento	Determinación de la Resistencia del concreto en euna estructura existente.
Autor(es) del instrumento	Yanina y. Rodríguez Llazaka

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.		X		
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL					

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.90$$


 Ing. Edwin Moya Castro
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú
 N° 47350

Coefficiente	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)

Figura 61. Juicio de experto 03 de ensayo de diamantina

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	25 abril del 2021
Validador	Edwin Moya Castro
Cargo e institución donde labora	Gerente Operaciones
Instrumento a validar	Esclerometría
Objetivo del instrumento	Determinación de la Resistencia del concreto en una estructura existente.
Autor(es) del instrumento	Yanina y. Rodríguez Llazaka

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.	X			
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.	X			
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
TOTAL					

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.6$$


 Ing. Edwin Moya Castro
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú
 N° 47350

Coefficiente	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)

Figura 62. Juicio de experto 03 de ensayo de esclerometría

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	25 abril del 2021
Validador	Edwin Moya Castro
Cargo e institución donde labora	Gerente Operaciones
Instrumento a validar	Guía de Inspección
Objetivo del instrumento	Determinación de la Resistencia del concreto en una estructura existente.
Autor(es) del instrumento	Yanina y. Rodríguez Llazaka

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.	X			
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.	X			
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.	X			
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.	X			
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.	X			
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.	X			
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.	X			
TOTAL					

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.43$$



 Ing. Edwin Moya Castro
 Reg. Colegio de Ingenieros del Perú
 N° 47380

Coefficiente	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)

Figura 63. Juicio de experto 03 de ficha de inspección

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	12/05/2021
Validador	Ing. Juan Carlos Fernández Huanacuni
Cargo e institución donde labora	Ingeniero de calidad
Instrumento a validar	Diamantina
Objetivo del instrumento	Mide la resistencia del concreto
Autor(es) del instrumento	Yanina Rodríguez Uazaka

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.		X		
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL		0	12	12	

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.8$$

Coefficiente	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)


 JUAN CARLOS FERNÁNDEZ HUACUNI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 165679

Figura 64. Juicio de experto 04 de ensayo de diamantina

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	12/05/2021
Validador	Ing. Juan Carlos Fernández Huanacuni
Cargo e institución donde labora	Ingeniero de calidad
Instrumento a validar	Esclerometría
Objetivo del instrumento	Mide la resistencia del concreto
Autor(es) del instrumento	Yanina Rodríguez Uazaka

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.		X		
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
TOTAL		0	8	18	

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.86$$

Coefficiente	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)


 JUAN CARLOS FERNÁNDEZ HUANACUNI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 165679

Figura 65. Juicio de experto 04 de ensayo de esclerometría

Formato de Validación de Criterios de Expertos

I. Datos Generales

Fecha	12/05/2021
Validador	Ing. Juan Carlos Fernández Huanacuni
Cargo e institución donde labora	Ingeniero de calidad
Instrumento a validar	Fichas de inspección
Objetivo del instrumento	Califica su estado cualitativo
Autor(es) del instrumento	Yanina Rodríguez Uzazka

II. Criterios de validación del instrumento

Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:

1	Deficiente (D)	Si menos del 30% de los ítems cumplen con el indicador
2	Regular (R)	Si entre el 31% y 70% de los ítems cumplen con el indicador
3	Buena (B)	Si más del 70% de los ítems cumplen con el indicador

Criterios	Indicadores	D (1)	R (2)	B (3)	Observación
PERTINENCIA	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
COHERENCIA	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
CONGRUENCIA	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
SUFICIENCIA	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
OBJETIVIDAD	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
CONSISTENCIA	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.		X		
ORGANIZACIÓN	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
CLARIDAD	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
OPORTUNIDAD	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		
ESTRUCTURA	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL		0	6	21	

III. Coeficiente de Validez

$$\frac{D + R + B}{30} = 0.9$$

Coeficiente	Validez
0.40 a más	Muy bueno
0.30 a 0.39	Bueno
0.20 a 0.29	Deficiente
0 a 0.19	Insuficiente

(Elosua & Bully, 2012)


 JUAN CARLOS FERNÁNDEZ HUANACUNI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 165679

Figura 66. Juicio de experto 04 de ficha de inspección



**LABORATORIO GEOTECNICO E
INVESTIGACION DE MATERIALES
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL**

RUC 20447454379 FAX 053-461257 CEL 953692383 fpaucart@gmail.com
REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506
Calle Grau N° 127 Moquegua - Av. Industrial N° 712 APIMA Arequipa

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDARD TESTING PENETRATION STP
COMPRESION INSTALACION DE CARGA
CRR EN LABORATORIO EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

ESCLEROMETRIA
COMPRESION DE PROBETAS
COMPRESION DIAGONAL EN MUESTRA ALA
DYNAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN FLOTES
PERFORACION DIAMANTINA

ENSAYO DE COMPRESION ASTM C 42

PRENSA DE CONCRETO MARCA SOILTEST INC

FECHA DE CALIBRACION 2018

PROYECTO EVALUACION DE LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL PUENTE EL RAYO MEDIANTE ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS EN EL DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO , DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

TESISTA YANINA YUMIKO RODRIGUEZ LLAZAKA

UBICACIÓN AV MARISCAL DOMINGO NIETO (MALECON RIVEREÑO) MOQUEGUA

FECHA 10/11/2018

N° PROBETA	DESCRIPCION	FECHA		AREA Ap = cm ²	FUERZA kg	COMPRESION f'c kg/cm ²	Altura del testigo en cm	de Coeficiente correccion por esbeltez	COMPRESION CORREGIDA kg/cm ²
		fecha de							
		extraccion	FECHA ENSAYO						
1	D1 estribo izquierdo de puente El Rayo	03/11/2018	10/11/2018	36.32	3241	89	13.6	1.0	89
2	D 2 pilar central de puente El Rayo	03/11/2018	10/11/2018	36.32	5293	146	13.6	1.0	146
3	D3 viga tablero de puente El Rayo	03/11/2018	10/11/2018	36.32	6693	184	13.6	1.0	184



Figura 67. Ficha de ensayo de diamantina



FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

LABORATORIO GEOTECNICO
CAPACIDAD PORTANTE INBITU
CBR INBITU Y EN LABORATORIO
CONSOLIDACION - TRASCAL - STP - DINAMICO CONE
ESCLEROMETRO - R METTER - DISEÑOS DE MEZCLAS-DIAMANTINO
GEOTECNIA

N° ACTA	FECHA ACTA
0001-2018FPT	03-Nov-18

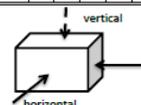
PROYECTO: EVALUACION DE LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL PUENTE EL RAYO MEDIANTE ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS EN EL DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA
DIRECCION: AV MARISCAL DOMINGO NIETO (MALECON RIVEREÑO) MOQUEGUA
TESISTA: YANINA YUMIKO RODRIGUEZ LLAZAKA
INICIO Y FIN DE ENSAYO: 03/11/2018

RESULTADO DE ENSAYO DE ESCLEROMETRO NORMA TECNICA NTP 399.181 ASTM C 805

REFERENCIA DEL ESCLEROMETRO: MARCA E. O. SCHMIDT N° SERIE 6498 MADE IN SUIZA
CERTIFICATE ACCURACY-CALIBRACION: AMERICAN CUBE MOLD INC www.americancubemold.com
LO JUSTO SAC CERTIFICADO N° F 35-2017 FECHA 23/08/2018

ITEM	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	Dirección de aplicación del martillo	VALORES OBTENIDOS INDICE DE REBOTE										PROMEDIO INDICE DE REBOTE	TABL esclerometro P3	Resistencia Kgf/cm2	OBS.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
D1	E IZQ	ESTRIBO IZQUIERDO 03/11/2018	HORIZONTAL	29	30	30	27	28	30	28	28	28	30	28.8	2688	189	
2	E IZQ	ESTRIBO IZQUIERDO 03/11/2018	HORIZONTAL	28	27	31	30	30	30	30	30	32	28	29.6	2839	200	
3	PILAR CENTRAL	PILAR CENTRAL 03/11/2018	HORIZONTAL	30	30	30	32	29	29	29	31	31	30	30.1	2934	206	
4	PILAR CENTRAL	PILAR CENTRAL 03/11/2018	HORIZONTAL	34	30	30	25	28	26	32	26	30	28	28.9	2707	190	
5	VIGA TABLERO	VIGA TABLERO 03/11/2018	HORIZONTAL	30	30	30	30	31	31	31	31	30	29	30.3	2972	209	
6	LOSA	LOSA 03/11/2018	VERTICAL	30	28	28	30	28	24	30	30	30	28	28.6	3000	211	
7	LOSA	LOSA 03/11/2018	VERTICAL	24	30	24	28	26	30	26	28	26	26	26.8	2900	204	
8	E DERECHO	ESTRIBO DERECHO 03/11/2018	HORIZONTAL	26	26	30	30	30	28	28	26	28	30	28.2	2577	181	

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA
Federico Paucar Tito EIRL
INGENIERO CIVIL CIP 144210

PROFESIONAL RESPONSABLE
FEDERICO PAUCAR TITO INGENIERO CIVIL REGISTRO CIP Nº144210

RUC 20447454379
fpaucart@gmail.com
CALLE GRAU Nº127 MOQUEGUA
AV INDUSTRIA Nº 712 APIMA AREQUIPA Cel 953692383 rpm

Figura 68. Ficha de ensayo de esclerometría

TOMA DE DATOS DE LA INSPECCIÓN

ANEXO N° 03 - 01

1) IDENTIFICACIÓN Y UBICACIÓN					
Nombre Puente:	EL RAYO	Tramo:			
Tipo Puente:	VIGA LOSA	Dpto. Político:	MOQUEGUA		
Sobre (°):	RÍO TUMILACA	Dpto. Vial:	MOQUEGUA		
Altitud (msnm):	14 10 MSLM	Provincia:	MARISCAL NIETO		
Latitud (grad. min):	17° 12' 00"S	Distrito:	MOQUEGUA		
Longitud (grad. min):	70° 56' 00"O	Poblado más Cercano:	MOQUEGUA		
Ruta:		Kilometraje:			
2) DATOS GENERALES					
Puente Sobre:	RÍO TUMILACA	Nombre:	PUENTE EL RAYO		
Longitud Total (m):	50 m.	Numero Vías Tránsito:	02		
Ancho Carretera (m):	7.20 m.	Sobrecarga Diseño:	H.S. - 20		
Ancho Vereda (m):	1.90 m.	Numero Proyecto:	16 052 0142 2.025162 TRANSP.TERR.		
Altura Libre Superior (m):	4.62 m.	Año Construcción:	2002 - 2003		
Altura Libre Inferior (m):	2.92 m.	Ultima Inspección (dd/mm/aa):	N/P		
Tipo Servicio:	VEHICULAR - PEATONAL	Ultimo Trabajo:	N/P		
Tráfico (veh/día):		% Camiones y Buses:	10%		
Año:	2002	Alineamiento:	RECTO		
Condiciones Ambientales:	COSTA (1410MSLM)				
3) TRAMOS					
Numero Tramos:	02	Longitud Total:	50 m.	Longitudes Restantes:	
Tramos:	02	Longitud Segundo Tramo (m):	25 m.		
Luz Principal (m):	50 m.	Longitud Tercer Tramo (m):			
TRAMO 1 (Principal)		TRAMO 2			
Categoría/Tipo:	VIGA LOSA	Categoría/Tipo:	VIGA LOSA		
Características Secundarias:		Características Secundarias:			
Condición Borde:	BARANDA C° A°	Condición Borde:	BARANDA C° A°		
Material Predominante:	CONCRETO ARMADO	Material Predominante:	CONCRETO ARMADO		
4) TABLERO DE RODADURA					
LOSA		VIGAS			
Material:	CONCRETO ARMADO	Tipo:	T		
Espesor (m):	0.20 m.	N° Vigas:	4		
Superficie de Desgaste:		Material:	CONCRETO ARMADO		
		Forma:	RECTANGULAR		
		Peralte (m):	1.70 m.		
		Separación entre Ejes:	2.30 m.		
5) SUBESTRUCTURA					
ESTRIBO IZQUIERDO		ESTRIBO DERECHO			
Elevación / Tipo:	GRAVEDAD	Elevación / Tipo:	GRAVEDAD		
Elevación / Material:	CONCRETO + RIELES + ACERO MÍN	Elevación / Material:	CONCRETO + RIELES + ACERO MÍN		
Cimentación / Tipo:	ZAPATA CORRIDA	Cimentación / Tipo:	ZAPATA CORRIDA		
Cimentación / Material:	CONCRETO CICLÓPEO	Cimentación / Material:	CONCRETO CICLÓPEO		
6) PILARES					
PILAR 1		PILAR 2		PILAR 3	
Elevación / Tipo:	GRAVEDAD	Elevación / Tipo:		Elevación / Tipo:	
Elevación / Material:	CONC. ARMADO	Elevación / Material:		Elevación / Material:	
Cimentación / Tipo:	ZAPATA CORRIDA	Cimentación / Tipo:		Cimentación / Tipo:	
Cimentación / Material:	C° A°	Cimentación / Material:		Cimentación / Material:	

Figura 69. Ficha de inspección

7) MACIZOS/CAMARAS DE ANCLAJE						
	IZQUIERDO			DERECHO		
	Elevación / Tipo:			Elevación / Tipo:		
	Elevación / Material:			Elevación / Material:		
	Cimentación / Tipo:			Cimentación / Tipo:		
	Cimentación / Material:			Cimentación / Material:		
8) DETALLES						
	BARANDAS			VEREDAS Y SARDINELES		
	Tipo: PEATONAL			Ancho Vereda (m): 1,90m.		
	Material: CONCRETO ARMADO			Altura Sardinela (m): 0,25m.		
	Material: CONCRETO ARMADO			Material: CONCRETO ARMADO		
	APOYO 1		APOYO 2		APOYO 3	
	Tipo: MÓVIL		Tipo: MÓVIL		Tipo: FIJO	
	Material: NEOPRENO		Material: NEOPRENO		Material: NEOPRENO	
	Ubicación: ESTRIBO IZQUIERDO		Ubicación: ESTRIBO DERECHO		Ubicación: PILAR	
	Número: 01		Número: 01		Número: 02	
	JUNTAS DE EXPANSION			DRENAJE DE CALZADA		
	Tipo:			Tipo: SI		
	Material:			Material: TUBERIA PVC Ø2"		
9) ACCESOS						
	ACCESO IZQUIERDO			ACCESO DERECHO		
	Longitud Transición (m): 10 m.			Longitud Transición (m): 10 m.		
	Alineamiento: RECTO			Alineamiento: RECTO		
	Ancho de Calzada (m): 7,20 m.			Ancho de Calzada (m): 7,20 m.		
	Ancho Total Bermas (m): NO			Ancho Total Bermas (m): NO		
	Pendiente Alta: NO			Pendiente Alta: SI		
	Visibilidad: SI			Visibilidad: SI		
10) SEGURIDAD VIAL						
	ACCESO IZQUIERDO			ACCESO DERECHO		
	Señal Informativa: SI			Señal Informativa: NO		
	Señal Preventiva: SI			Señal Preventiva: SI		
	Señal Reglamentaria: NO			Señal Reglamentaria: NO		
	Señal Horizontal: SI			Señal Horizontal: SI		
11) SOBRECARGA						
	Carga de Diseño:			Carga Máxima Actual:		
	Sobreesfuerzo:			Señalización de Carga:		
12) RUTA ALTERNA						
	Tipo Otras Rutas:			Tipo Otras Rutas:		
	VADO			PUENTE PARALELO		
	Distancia de Puente (Km):			Posibilidad de Construir:		
	Periodo de Funcionamiento (meses):			Longitud Total (m):		
	Profundidad de Aguas Mínimas (m):			Subestructura:		
	Naturaleza del Suelo:			Tipo:		
	Variante Existe:					
	Necesidad de Construir:					
13) CONDICION DEL SECTOR DE LA CARRETERA						
	Condición de la Carretera: REGULAR HACIA LADO DE VIA PRINCIPAL AL OTRO LADO TENEMOS UNA VIA QUE LLEVA A BORGAS DE VINO.					
14) SUELO DE CIMENTACION						
		ESTRIBO IZQ.	ESTRIBO DER.	PILAR 1	PILAR 2	PILAR 3
	Material:	GP	GP	GP		
	Comentarios:					

Figura 70. Ficha de inspección

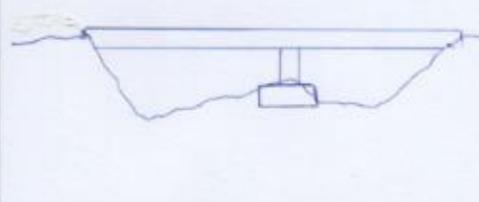
15) NIVELES DE AGUA			
Aguas Máximas (m):	1,94 m.	Periodo Aguas Máximas:	DIC - FEB
Aguas Mínimas (m):	0,15 m.	Periodo Estiaje:	MARZO - NOVIEMBRE
Aguas Extraordinarias (m):	1,95 m.	Frecuencia de Retorno:	200 APOS
Galbo Determinado (m):		Fecha (dd/mm/aa):	
Galbo Obtenido del Plano (m):	1,22 m.	Galbo Aguas Máximas (m):	
16) CAPACIDAD HIDRAULICA DEL PUENTE			
Longitud Aceptable:		Longitud Requerida (m):	
Altura Aceptable:	1,50 m.	Altura Adicional Requerida (m):	
Necesita Encauzamiento:		Longitud de Encauzamiento (m):	
Socavación del Cauce:	No	Profundidad de Socavación:	
17) PERFIL LONGITUDINAL			
Número de Puntos:			Punto Fijo Aguas Abajo:
Dist. desde Pto Fijo	Aguas Abajo	Aguas Arriba	<p style="text-align: center;">CROQUIS</p> 
Protección Contra Socavación:		Tipo:	
18) COMENTARIOS, OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES			
- SE VISUALIZA COLMATEO DE MATERIAL EN LOS ESTRIBOS.			
- SE VISUALIZA PARTE SUPERIOR DEL PILAR EXPUESTA.			
RECOMENDANDO NO RETIRAR MUCHAS ROCAS AL MOMENTO DE LA LIMPIEZA PUES DEBILITA EL RELLENO DEL PILAR, PONIENDO EN RIESGO DE QUE OCURRA UNA FALLA POR VOLTEO.			
- SE VISUALIZA UNA PARTE DE UNA VIGA PRINCIPAL DAÑADA, AL PUNTO DE VER EL ACERO.			
- HAY UNA CANTIDAD CONSIDERABLE DE BASURA EN LOS BORDES DE PUENTE, LO QUE EN UNA GRAN AVENIDA ARRASTRE ESE MATERIAL PROVOCANDO DAÑOS AGUAS ABAJO.			
- SE OBSERVA QUE LA LOSA DE APROXIMACION DEL LADO DERECHO TIENE UNA PENDIENTE BASTANTE PRONUNCIADA.			
- SE OBSERVA QUE EN LA ZONA DEL PUENTE EL RAYO, LA PENDIENTE ES BAJA, POR ELLO TAMO MATERIAL DE ARRASTRE SE DEPOSITA EN EL.			
FECHA INSPECCION:	08, 12, 19	INSPECTOR:	BACH. YANINA RODRIGUEZ LL. 
FECHA SUPERVISION:		SUPERVISOR:	
		FIRMA	
		FIRMA	

Figura 71. Ficha de inspección

TOMA DE DATOS DE LA INSPECCION
ANEXO N° 03 - 04
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

NOMBRE PUENTE: <u>EL RAYO</u>	PROGRESIVA (m):
TIPO PUENTE: <u>VIGA-LOSA</u>	AÑO CONSTRUCCION: <u>2003</u>
PROVINCIA: <u>MARISCAL NIETO</u>	SOBRECARGA: <u>900 KG/H?</u>
DISTRITO: <u>MOQUEGUA</u>	LONGITUD TOTAL: <u>50M.</u>
TRAMO:	ANCHO DE CALZADA: <u>7.20 M.</u>

OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
ACCIONES NORMATIVAS: - NO QUITAR TOTALMENTE EL RELLENO DE LA BASE DE LA ZAPATA DEL PILAR. - SE OBSERVA VIGA PRINCIPAL DABADA - LA LOSA DE APROXIMACION DERECHA TIENE UNA PENDIENTE PRONUNCIADA.	- SUAVIZAR LA LOSA DE APROXIMACION DEL LADO DERECHO - REPARAR CON URGENCIA LA VIGA PRINCIPAL. - AL REALIZAR LA LIMPIEZA DEL CAUCE, TEMER CUIDADO DE NO EXPONER LAS ZAPATAS.
ACCIONES PREVENTIVAS: - LAS BARANDAS TIENEN TELAPANAS, POR FALTA DE LIMPIEZA. - SE OBSERVAN BACHES EN LOSA DE APROXIMACION.	- REPARAR BACHES DE LOSA DE APROXIMACION DEL LADO IZQUIERDO. - REALIZAR LIMPIEZA DE BARANDAS.
ACCIONES EJECUTIVAS: - SE EVIDENCIA COLMATACION EN LOS BORDES DEL PUENTE	- REALIZAR LIMPIEZA DE MATERIAL AL BORDE DE LOS ESTRIBOS.
COMENTARIOS: HAY OBSERVACIONES QUE AFECTAN DIRECTAMENTE A LA PARTE ESTRUCTURAL DEL PUENTE Y DE NO SER SUBSANADAS PUEDE PROVOCAR DAÑOS SERIOS. LA LIMPIEZA DEL CAUCE DEBE HACERSE PERIODICAMENTE PARA EVITAR DAÑAR ESTRUCTURAS Y VIAS AGUAS ABAJO, ASI COMO PEEJUDICAR LAS VIAS ALEDAÑAS.	
FECHA INSPECCION: <u>08/12/19</u> INSPECTOR: <u>BACH. YANINA RODRIGUEZ LLAZAKA</u>	 FIRMA

Figura 74. Ficha de inspección



Figura 75. Baches en losa de aproximación



Figura 76. Losa de aproximación con pendiente pronunciada



Figura 77. Acero expuesto de la viga principal



Figura 78. Pequeñas quiñaduras en las veredas



Figura 79. Zapata del pilar parcialmente expuesta



Figura 80. Poca limpieza en las barandas



Figura 81. Colmatación en el estribo izquierdo



Figura 82. Colmatación en los bordes de cauce



Figura 83. Vista del puente "El Rayo" desde la vía principal



Figura 84. Vista frontal del puente "El Rayo" desde la vía secundaria



Figura 85. Vista lateral del tramo derecho del puente



Figura 86. Vista lateral del tramo izquierdo del puente