

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL ESTADO
SITUACIONAL DEL PUENTE YARAVICO, DISTRITO MOQUEGUA,
MOQUEGUA 2022”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. JEAN ANTHONY CHICALLA MAMANI

Bach. CRISTHIAN ELVIS ROQUE QUISPE

TACNA – PERÚ

2023

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL ESTADO
SITUACIONAL DEL PUENTE YARAVICO, DISTRITO MOQUEGUA,
MOQUEGUA 2022”**

Tesis sustentada y aprobada el 04 de marzo de 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtro. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE

SECRETARIO : Mtro. WILBER PERCY MENDOZA RAMIREZ

VOCAL : Mtro. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRÍAS

ASESOR : Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

DECLARACIÓN JUARADA DE ORIGINALIDAD

Yo Jean Anthony Chicalla Camani, en calidad de: Bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 71976011

Yo Cristhian Elvis roque Quispe, en calidad de: Bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 72455995

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: “*Evaluación estructural para determinar el estado situacional del puente yaravico, distrito Moquegua, Moquegua 2022*” la misma que presento para optar el Título *profesional de ingeniero Civil*.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a *La Universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, me hago responsable, frente a La Universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la obra haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 04 de marzo del 2023



.....
Bach. Chicalla Mamani Jean Anthony
DNI: 71976011



.....
Bach. Roque Quispe Cristhian Elvi

DEDICATORIA

Una dedicación a Dios que es nuestro guía y fortaleza en cada uno de nuestros pasos. Gracias a nuestros padres por darlo todo en la vida para hacer realidad nuestros sueños, por motivarnos siempre a seguir adelante a pesar de las dificultades durante el desarrollo de la carrera, y por nunca dudar que daríamos la vuelta atrás. Les dedicamos cada párrafo de mucho empeño, desvelo, voluntad y compromiso.

AGRADECIMIENTO

Gracias primeramente a nuestro creador Dios por no desampararnos y dándonos la fuerza, la resistencia y la sabiduría que necesitamos para atravesar esta etapa de la vida.

Gracias a nuestros seres queridos, padres y hermanos que siempre nos han brindado la confianza para lograr este objetivo.

A nuestro consultor de ingeniería Mtro. Dina Cotrado Flores por el apoyo en el desarrollo del trabajo de investigación.

Gracias a los docentes de nuestra universidad y a los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la facultad de ingeniería, quienes nos brindaron conocimientos académicos y compartieron sus bases universitarias durante nuestros estudios en la universidad y nos nutrieron en el recorrido que se lleva a cabo en la investigación académica.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS	ii
DECLARACIÓN JUARADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Descripción del problema	3
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Justificación e importancia	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis	5
1.5.1. Hipótesis general	5
1.5.2. Hipótesis específicas	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes del estudio	6
2.1.1 Antecedentes internacionales	6
2.1.2 Antecedentes nacionales	7
2.1.3 Antecedentes locales	8
2.2. Bases teóricas	9
2.2.1. Puentes	9
2.2.2. Clasificación de puentes	9
2.2.3. Partes de los puentes	10
2.2.4. Cargas	11
2.2.5. Puente viga cajón	18
2.3. Definición de términos	34
2.3.1. Abrasión	34
2.3.2. Aguas abajo	34

2.3.3. Aguas arriba	34
2.3.4. Ancho de vía.....	35
2.3.5. Ancho total del puente.....	35
2.3.6. Carga permisible.....	35
2.3.7. Capacidad portante	35
2.3.8. Combinación de carga de un puente	35
2.3.9. Distancia vertical libre o gálibo.....	35
2.3.10. Losa de aproximación	35
2.3.11. Viga cabezal	36
2.3.12. Viga diafragma.....	36
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	37
3.1. Tipo y nivel de investigación	37
3.1.1. Tipo de la investigación.....	37
3.1.2. Nivel de la investigación.....	37
3.2. Población y/o muestra de estudio	37
3.3. Operacionalización de variables	37
3.4. Técnica e instrumentos para la recolección de datos.....	38
3.4.1. Técnicas	38
3.4.2. Instrumentos.....	38
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	40
4.1. Evaluación preliminar del puente Yaravico	40
4.1. Ubicación	40
4.1.1. Antecedente de suceso por precipitaciones	41
4.1.2. Descripción in situ de la Estructura.....	42
4.2. Ensayo no destructivo - Ensayo de esclerómetro	47
4.2.1. Respecto al estribo.....	49
4.2.2. Respecto a la viga losa	52
4.2.3. Respecto al pilar	57
4.2.4. Resultado de ensayo con esclerómetro.....	59
4.3. Descripción del Puente Yaravico	61
4.4. Análisis Estructural del puente por el software CSI Bridge	65
4.4.1. preparación de modelo.....	65
4.4.2. resultados del análisis con el programa CSI Bridge	79
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	82
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pesos unitarios de materiales	12
Tabla 2. Factor m de presencia múltiple	14
Tabla 3. Factor de incremento por carga dinámica IM	15
Tabla 4. Factores de carga para cargas permanentes	17
Tabla 5. Cargas de diseño del Estribo	28
Tabla 6. Recomendaciones generales para la selección de pilares	31
Tabla 7. Operacionalización de variables	38
Tabla 8. Resultado de ensayo de esclerómetro	59
Tabla 9. Resumen de ensayo con esclerómetro	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos estructurales de un puente	11
Figura 2. Camión estándar HL-93	13
Figura 3. Tándem de diseño.....	13
Figura 4. Carga de carril HL-93	14
Figura 5. Factores de carga y combinaciones	16
Figura 6. Sección típica	18
Figura 7. Wakota Bridge	19
Figura 8. Vista transversal del puente Wakota Bridge.....	19
Figura 9. División de diseño de viga cajón.....	20
Figura 10. Sección cajón prefabricado.....	21
Figura 11. Construcción de puente	22
Figura 12. Representación de puente recto de sección cajón	23
Figura 13. Construcción de puente curvo de sección viga cajón	23
Figura 14. Sección de puente cajón.....	24
Figura 15. Estribo monolítico de extremo abierto.	25
Figura 16. Estribo de asiento de pantalla corta de extremo abierto.....	26
Figura 17. Estribo monolítico de extremo cerrado	26
Figura 18. Estribo de asiento de pantalla de extremo cerrado.....	27
Figura 19. Mecanismo de falla de muros de semi-gravedad.....	28
Figura 20. Secciones transversales de pilares	29
Figura 21. Secciones típicas	30
Figura 22. Tipos de Pilar según la construcción	30
Figura 23. Erosión durante avenidas	32
Figura 24. Erosión lateral	33
Figura 25. Erosión local de un pilar.....	34
Figura 26. Ficha de almacenamiento de datos para el ensayo de esclerómetro	39
Figura 27. Ubicación del Puente Yaravico	40
Figura 28. Puente Yaravico	41
Figura 29. Destrucción de pavimentos y veredas.....	41
Figura 30. Vista de la salida de río en el Puente Yaravico	42
Figura 31. Descolmatación del cauce de río aguas arriba.....	43
Figura 32. Descolmatación en el puente Yaravico	43
Figura 33. Patología superior de viga.....	44
Figura 34. Junta de separación superestructura y losa de extensión	44

Figura 35. Pasatubos para drenaje superficial del puente	45
Figura 36. Junta de dilatación	45
Figura 37. Erosión del concreto	46
Figura 38. Erosión del concreto, lado derecho inferior del pilar	46
Figura 39. Erosión del concreto, parte frontal inferior del pilar	47
Figura 40. Equipo esclerómetro para ensayo en campo	48
Figura 41. Puntos para extraer muestra por el ensayo del esclerómetro	48
Figura 42. Puntos de extracción de muestra en el estribo izquierdo	49
Figura 43. Puntos de extracción de muestra en el estribo derecho	50
Figura 44. Muestra del estribo izquierdo punto e-01	50
Figura 45. Muestra del estribo izquierdo punto e-02	51
Figura 46. Muestra del estribo derecho punto E-07	51
Figura 47. Muestra del estribo derecho punto E-08	52
Figura 48. Identificación del puente muestra para la viga lado izquierdo-izquierdo punto e-10.....	53
Figura 49. Identificación del punto muestra para la viga lado izquierdo-derecho punto e-09	53
Figura 50. identificación del punto muestra para la losa lado izquierdo - izquierdo punto e-04.....	54
Figura 51. Identificación del punto muestra para la losa lado izquierdo - derecho punto E-03.....	54
Figura 52. Extracción de muestra para la losa lado izquierdo - derecho puente E-03	55
Figura 53. Extracción de muestra para la losa lado izquierdo-izquierdo punto E-04...	55
Figura 54. Extracción de muestra para la viga lado izquierdo-derecho punto E-09	56
Figura 55. Excavación de muestra para la viga lado izquierdo - izquierdo punto E-10	56
Figura 56. Extracción de muestra para el ensayo con esclerómetro.	57
Figura 57. Extracción de muestra para el pilar parte delante punto E-05.....	58
Figura 58. Extracción de muestra para el pilar parte atrás punto E-06.....	58
Figura 59. Medida de vereda.....	61
Figura 60. Medida de estribo.....	61
Figura 61. Vista en planta puente Yaravico	62
Figura 62. Vista en elevación del puente Yaravico.....	62
Figura 63. Vista en elevación del estribo	63
Figura 64. Vista en elevación del pilar	63
Figura 65. Vista de sección transversal del puente Yaravico.....	64
Figura 66. Definición de la línea de diseño del puente.....	65

Figura 67. Definición del ancho de carril para el lado derecho	66
Figura 68. Definición del ancho de carril para el lado izquierdo.....	66
Figura 69. Definición del material para la viga.....	67
Figura 70. Definición del material para cada elemento estructural	68
Figura 71. Definición de las dimensiones del pilar.....	68
Figura 72. Dimensiones definidas al puente tipo cajón	69
Figura 73. Variación izquierda.....	69
Figura 74. Asignación de diafragmas.....	70
Figura 75. Definición del apoyo fijo y móvil.....	70
Figura 76. Carga vehicular AML.....	71
Figura 77. Carga vehicular HS _n -44.....	71
Figura 78. Carga vehicular HL-93M	72
Figura 79. Carga vehicular HL-93K.....	72
Figura 80. Carga vehicular HL-93S.....	73
Figura 81. Carga lineal de baranda.....	73
Figura 82. Carga por área de asfalto	74
Figura 83. Carga peatonal izquierda y derecha.....	74
Figura 84. Definición de tramos	75
Figura 85. Asignación de diafragmas por tramo	75
Figura 86. Clase de vehículo.....	76
Figura 87. Agrupación de cargas vehiculares HL-93.....	76
Figura 88. Combinación de cargas LRFD.....	77
Figura 89. Análisis de resistencia crítico	78
Figura 90. Análisis de resistencia crítico	78
Figura 91. Modelamiento de software	79
Figura 92. Desplazamiento máximo actuante.....	79
Figura 93. Cortante máxima actuante por el Software CSI Bridge	80
Figura 94. Momento máximo actuante.....	81

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	91
Anexo 2. Resultados de ensayos de esclerómetro.....	92
Anexo 3. Informe de verificación	93

RESUMEN

La tesis presente denominada “*Evaluación estructural para determinar el estado situacional del puente yaravico, distrito Moquegua, Moquegua 2022*” es evaluar el Puente Yaravico en el distrito de Moquegua, presente en la ciudad de Moquegua por el método LRFD. Realizar evaluaciones estructurales. El estudio es descriptivo y explicativo ya que se busca comprender las características de una población o fenómeno, y también busca identificar las posibles causas o relaciones entre variables. Se llevaron a cabo inspecciones visuales, pruebas no destructivas, cálculos estáticos y análisis dinámicos para evaluar el comportamiento del puente bajo diferentes cargas. Los resultados mostraron que el puente cumplía con las normas y especificaciones necesarias para su uso, pero se recomendaron algunas mejoras para aumentar su capacidad portante y prolongar su vida útil. Para ello, se realizó una evaluación estructural del Puente Yaravico, en particular en lo que respecta a vigas, losas, estribos y elementos portantes. Se realizó una prueba de Esclerómetro para determinar la homogeneidad del concreto. Asimismo, se utilizó el software CSI bridge para determinar el comportamiento estructural del puente, por lo que los resultados obtenidos ayudarán a determinar el comportamiento de dicha estructura. Con la información obtenida se obtuvieron los resultados de fuerzas cortantes, momentos y desplazamientos, que permiten definir el estado estructural del Puente Yaravico.

Palabra clave: Puente; evaluación estructural y comportamiento estructural

ABSTRACT

the present thesis called "Structural evaluation to determine the situational state of the yaravico bridge, Moquegua district, Moquegua 2022" is to evaluate the yaravico bridge in the Moquegua district, present in the city of Moquegua by the lrd method. carry out structural evaluations. The study is descriptive and explanatory since it seeks to understand the characteristics of a population or phenomenon, and also seeks to identify possible causes or relationships between variables. Visual inspections, non-destructive tests, static calculations and dynamic analyzes were carried out to evaluate the behavior of the bridge under different loads. The results showed that the bridge complied with the standards and specifications necessary for its use, but some improvements were recommended to increase its bearing capacity and prolong its useful life. For this, a structural evaluation of the Yaravico Bridge was carried out, particularly with regard to beams, slabs, abutments and load-bearing elements. A sclerometer test was performed to determine the homogeneity of the concrete. Likewise, the CSI bridge software was used to determine the structural behavior of the bridge, so the results obtained will help to determine the behavior of said structure. With the information obtained, the results of shear forces, moments and displacements were obtained, which allow defining the structural state of the Yaravico Bridge.

Keyword: Bridge; structural evaluation and structural behavior

INTRODUCCIÓN

Los puentes también conocidos como acueductos o viaductos que vienen siendo grandes o pequeñas estructuras que se construye sobre un río, arroyo, carretera, ferrocarril o cualquier otro obstáculo para permitir el paso de vehículos, peatones o bienes. Los puentes pueden ser de diferentes tipos, como los puentes colgantes, los puentes levadizos, los puentes de viga y los puentes de arco. Estos diferentes tipos de puentes se utilizan dependiendo del entorno, la longitud, la carga y los requisitos de diseño específicos. Los puentes son una parte importante de la infraestructura de transporte, ya que permiten que las personas y los bienes se muevan de un lugar a otro de manera segura y eficiente. Los puentes se usan a diario, lo que le permite viajar a áreas menos transitadas.

La ciudad de Moquegua cuenta con varios tipos de puentes, pero muchos de ellos fueron afectados por el sismo del 21 de junio de 2001 y algunos por problemas de lluvias en el verano de 2019. Por lo tanto, fue necesario realizar una evaluación estructural completa del puente Yaravico. Debido que en la ciudad de Moquegua se manifestaron fuertes lluvias ocasionando el descenso de un huaico por el río Moquegua y el río Huaracane, dañando a su paso las estructuras de los puentes, haciendo que se desplome el puente denominado “puente Montalvo”, teniendo como antecedente el derrumbe del puente Montalvo por el huaico del río Moquegua, es que se evalúa el puente Yaravico, debido que conecta dos ríos de gran magnitud en una pendiente predominante a una larga longitud.

Otro punto importante, debido que la ciudad de Moquegua se encuentra en una zona sísmica, se debe evaluar el puente para verificar si se encuentra en un estado estable y no pueda ser afectado por futuros movimientos tectónicos, producidos dentro de la ciudad de Moquegua.

Con el fin de prevenir y promover la investigación en esta materia, se realizó un diagnóstico estructural del Puente Yaravico de la Municipal Provincial Mariscal Nieto del Departamento de Moquegua con el objetivo primordial de determinar el estado actual de la estructura. Este trabajo consta de 5 capítulos:

El Capítulo 1 detalla las preguntas, objetivos y suposiciones como la primera parte de nuestro estudio.

El segundo capítulo presenta los artículos de investigación, antecedentes teóricos y definiciones de términos relacionados con este trabajo.

En el Capítulo 3, describimos nuestro diseño y diseño de investigación, con un enfoque diferente, nuestra población y/o muestra de estudio, y los instrumentos y herramientas que utilizamos.

Los resultados obtenidos tras la evaluación se reflejan en el Capítulo 4.

El capítulo 5 presenta el desarrollo y discusión de los resultados de las hipótesis propuestas. Finalmente, se explican las conclusiones y recomendaciones presentadas.

También se agrega una bibliografía, anexos y una matriz de consistencia desarrollada durante la investigación.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

Los Puentes son una estructura muy útil e importante para el ser humano, ya que son estructuras que influyen en la unión de pueblos y/o ciudades, asimismo en una red vial para el transporte en general y en consecuencia para la comunicación y el desarrollo de dichos pueblos y/o ciudades. Cabe mencionar que es primordial un buen procedimiento constructivo y de calidad para este tipo de estructuras, guiándose en los estudios de ingeniería y normas de construcción.

Los primeros meses (enero, febrero y parte del mes de marzo) son épocas de mayor precipitación pluvial en las zonas altas de la Región de Moquegua, el cual provoca que el caudal del río aumente. En el año 2019, la Región Moquegua tuvo un acontecimiento trágico por la subida de las precipitaciones pluviales; las cuales causaron el crecimiento de caudales y desborde de los ríos de la Región Moquegua. En el sector donde se encuentra el puente Yaravico a unos 100 metros de distancia del puente intersecan los ríos Moquegua y Huaracane los cuales, del acontecimiento sucedido en el año 2019, aumentaron considerablemente sus caudales y se desbordaron; provocando daños al puente Yaravico.

Asimismo, se tiene conocimiento que el Distrito de Moquegua según el reglamento nacional de edificaciones (RNE) en el Mapa de Zonificación indica que pertenece a la Zona 4 (alta probabilidad sísmica), tal es así que en estos últimos años ocurrieron movimientos sísmicos que afectaron al Puente Yaravico.

Por lo que se plantea el presente proyecto de investigación titulado “Evaluación estructural para determinar el estado situacional del puente yaravico, distrito Moquegua, Moquegua 2022”.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la evaluación estructural para determinar el estado situacional del Puente Yaravico del distrito Moquegua?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál es la situación actual in situ del puente yaravico del distrito de Moquegua?
- b. ¿Qué características principales de la ingeniería podemos verificar del puente yaravico de la ciudad de Moquegua?
- c. ¿Cuáles son las fuerzas que actúan en el puente yaravico mediante el método lrfd?

1.3. Justificación e importancia

Verificar la evaluación estructural del puente se conocerán las causas que lo han deteriorado. Por lo tanto, se propone estudiar los daños que presenta, desgastes, sobrecarga y erosión. Por lo cual se considerará los acontecimientos sísmicos y pluvial.

Desde la perspectiva geográfica, según indica el Reglamento Nacional de edificaciones; Norma E 0.30 de Diseño Sismorresistente, la región Moquegua – Distrito Moquegua se encuentra el mapa de zonas sísmicas, se encuentra ubicado en la zona 4; es decir que el Distrito de Moquegua se encuentra en la zona de mayor sismicidad, donde se tiene una aceleración $Z=0.45g$

Desde el punto de vista de social, las construcciones de puentes a nivel local, nacional e internacional son de mucha importancia para la humanidad; ya que unen comunidades, favoreciendo el transporte de materias y mismas personas. Es de importancia conocer el proceso de constructivo, fallas que pueda tener y mantenimiento de dicha estructura.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar estructuralmente el puente de Yaravico del Distrito de Moquegua en la Ciudad de Moquegua para determinar su estado situacional.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Evaluar la situación actual in situ del puente yaravico en la ciudad de Moquegua
- b. Identificar las características principales de ingeniería del puente yaravico de la ciudad de Moquegua
- c. Determinar las fuerzas que actúan en el puente yaravico mediante el método lrfd

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Mediante la evaluación estructural determinaremos el estado situacional del Puente Yaravico, ubicado en el distrito de Moquegua.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a. debido a la salida del río y los movimientos sísmicos ocurridos en la ciudad de Moquegua, el puente Yaravico presenta daños en sus elementos estructurales
- b. conociendo las principales características de ingeniería, como su diseño y propiedades mecánicas, se evaluará mediante un análisis estructural del puente Yaravico del distrito de Moquegua
- c. mediante el método Irfd se determinará las fuerzas actuantes en el puente Yaravico del distrito de Moquegua

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1 Antecedentes internacionales

En su tesis titulada "Evaluación e identificación de fallas estructurales en puentes peatonales en concreto armado", López y Salas (2017), analizaron la condición de un puente peatonal de concreto armado en la ciudad de Fontibón, distrito de Bogotá. A través de la inspección visual, se identificaron daños químicos, físicos y mecánicos en los puentes, lo que sugiere la necesidad de desarrollar un manual para el examen patológico de los puentes peatonales. Los investigadores también encontraron que las juntas de los puentes peatonales en la ciudad de Fontibón presentaban patologías y que el clima estaba afectando el concreto armado, lo que provocaba el desconchamiento de las losas en las zonas transitables. Además, se propusieron acciones correctivas para abordar estos problemas estructurales y mejorar la seguridad de los puentes peatonales.

Zapata (2018), realizó una tesis titulada: "Evaluación del puente sobre el río Ocoa utilizando la metodología de inspección principal (visual) de puentes de concreto reforzado en servicio según manual de INVIAS". El puente es fundamental para el desarrollo urbano, ya que permite la comunicación y conexión entre distintos sectores, por lo que es esencial llevar a cabo auditorías, como la inspección principal (visual), para evaluar su estado sin afectar a los usuarios. Aunque esta inspección es común en grandes proyectos, se deben tener en cuenta aspectos de diseño, como obstáculos superables, vistas laterales, número de claros, áreas de apoyo de los materiales de construcción y naturaleza del tráfico, según la literatura técnica sobre la clasificación de puentes. Todo ello con el fin de garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de la estructura.

El objetivo principal de esta investigación consistió en examinar las condiciones de inspección de puentes de concreto armado en servicio mediante la aplicación de técnicas no destructivas de inspección visual primaria en el puente sobre el río Ocoa. Después de analizar los resultados de la evaluación, se llegó a la conclusión de que el puente necesita medidas de mantenimiento, como la limpieza, colocación de juntas y reparación del pavimento. Esta evaluación se basó en el manual de inspección de

puentes de concreto armado en servicio desarrollado por el Instituto Nacional de Vialidad - INVIAS y la Universidad de los Andes en 2005.

En su tesis, Caín y Arcos (2016) evaluaron el puente Cebadas ubicado en la ruta E46 en Ecuador, aplicando la metodología del sistema de administración de estructuras de puentes para su rehabilitación y conservación. El transporte terrestre es crucial para el desarrollo socioeconómico y social, y la construcción de infraestructura vial tiene un impacto significativo en ello. Las autoridades responsables de la gestión de la infraestructura vial nacional, incluyendo los puentes, deben garantizar su mantenimiento, reparación y protección para evitar impactos negativos en las cadenas productivas y la interconexión regional. Una única entidad debe gestionar las diferentes estructuras de la red vial y contar con un proceso eficiente de evaluación de las necesidades de mantenimiento, reparación, reconstrucción y construcción. Según las conclusiones de la evaluación del puente Cebadas, se deben planificar intervenciones de mantenimiento y reforzamiento de la estructura, teniendo en cuenta el grado de daño.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Fernández (2018), en su tesis titulada "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", desarrolló y aplicó criterios para la evaluación estructural de componentes de puentes utilizando ensayos destructivos y no destructivos para determinar su idoneidad y condiciones actuales. Se utilizó el método LRFR para analizar la estructura ante diferentes cargas evaluadas y también se realizaron ensayos de rebote con durómetros para conocer la resistencia de los elementos de concreto. Los resultados indicaron que los elementos estructurales están en un estado estable y cumplen con los requisitos de flexibilidad y resistencia, aunque se sugirió un mantenimiento preventivo correctivo

El trabajo de tesis de Macedo (2018), titulado "Evaluación estructural de puentes de concreto y refuerzo en el Puente Chancay utilizando el método LRFD", tuvo como objetivo principal la evaluación estructural y fortalecimiento del Puente Chancay utilizando el enfoque LRFD. Este enfoque se aplicó en la interpretación y diseño no experimental, y se elaboró una tabla de recolección de datos. Se realizó una inspección visual del daño del puente, un examen patológico del estado del puente y se llevaron a cabo pruebas como mediciones de dureza e investigaciones de suelos para obtener datos de cortante y momento. Se determinó el factor de resistencia RF utilizando el método LRFD para determinar si se requería amplificación o no y se reforzaron los elementos con fibra de carbono de acuerdo con los datos obtenidos. Los resultados se

interpretaron utilizando el método LRFD y se realizó una contracción hipotética. La evaluación del Puente Chancay se concluyó utilizando el método LRFD solo para la superestructura, y se recomendó profundizar la evaluación de la subestructura utilizando otros métodos de evaluación, especialmente si la vista del sitio es una parte esencial de la evaluación.

Arenas (2022), en su tesis titulada "Evaluación estructural del Puente Quiquijana mediante el método LRFD, con prueba de carga estática y dinámica, Cusco – 2021", se enfoca en realizar un diagnóstico estructural del Puente Quiquijana, ubicado en el Distrito de Quiquijana, Provincia de Quispicanchis, Cusco. El objetivo principal del estudio es verificar la capacidad del puente para soportar cargas mayores a las previstas en su diseño original, utilizando pruebas de carga estática y dinámica. Para ello, se realizó un ensayo de carga estática y dinámica para medir la deflexión de los elementos y sus principales características dinámicas, y se calibró un modelo numérico 3D de elementos finitos del puente. Los resultados obtenidos se utilizaron para establecer los límites de carga para vehículos de más de 25 toneladas.

2.1.3 Antecedentes locales

En su 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, 2021", Rodríguez (2021) llevó a cabo una evaluación exhaustiva del estado del puente "El Rayo". Se realizó una visita previa para evaluar su situación, y se utilizaron ensayos destructivos y no destructivos para determinar su grado de serviciabilidad y las condiciones en las que se encuentra. Se llevó a cabo un ensayo destructivo con diamantina que indicó que la estructura no cumplía con la resistencia mínima requerida para la categoría A, según la normativa del MTC que establece un mínimo de 280 kg/cm². Además, se identificaron daños en las vigas causados por impactos generados durante la limpieza del cauce por maquinarias. En conclusión, se determinó que el puente "El Rayo" presenta problemas significativos en su resistencia estructural y daños importantes en sus vigas.

En su tesis, Aronés y Cortés (2018) llevaron a cabo la evaluación estructural del Puente Huaracane utilizando las especificaciones de diseño de puentes AASHTO LRFD 2012 y la norma técnica peruana sismorresistente e.030 2016. Para ello, se estudiaron detalladamente estas normativas y se evaluó el diseño de un puente de concreto armado de dos tramos. El Puente Huaracane, ubicado en Moquegua, fue evaluado bajo los criterios de análisis de diseño de puentes de AASHTO Standard. La modelación

estructural del puente se realizó utilizando los programas CSI-BRIDGE 2015, SAP 2000 y SLIDE, y los resultados obtenidos se presentaron en el análisis del Puente Huaracane.

En su trabajo de tesis titulado "Evaluación estructural y propuesta de refuerzo del puente La Capilla en Moquegua (Perú)", Calla (2020) aborda uno de los principales desafíos en la ejecución de proyectos de ingeniería en el país: la irresponsabilidad de algunos profesionales que puede resultar en fallas estructurales importantes y costosos sobrecostos. El puente La Capilla, ubicado en la provincia de Mariscal Nieto, fue parte del proyecto "Mejoramiento de la vía vecinal MO-503, tramo Puquina - La Capilla - LD Arequipa", y se encontraron grietas en su superestructura. Se realizaron estudios patológicos para determinar la causa y se propuso un refuerzo estructural utilizando tecnologías avanzadas como fibra de carbono CFRP diseñada según la norma ACI-440.2R-17. El objetivo del proyecto es ofrecer una solución económica de refuerzo para ahorrar la inversión del puente La Capilla, que tiene un costo aproximado de S/.1,918,057.00.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Puentes

García Rossell (2006), En términos generales, se entiende por puente una estructura edificada para superar obstáculos naturales y permitir la continuidad de una ruta o vía terrestre. Es común que los puentes sean utilizados para sostener carreteras, autopistas, carriles u otras construcciones humanas destinadas a servir como medio de acceso terrestre.

2.2.2. Clasificación de puentes

Rodríguez Serquén (2012), se hace mención de la clasificación de puentes:

a. Por su función.

- Peatonales: facilita el tránsito de las personas en las vías con tráfico.
- Acueductos: facilita el transporte del agua.
- Viaductos: facilita el paso de vehículos (transporte terrestre).

b. Por los materiales de construcción.

En cuanto a los elementos utilizados en la construcción, se pueden distinguir varios tipos, entre los que se incluyen la madera, la mampostería, el acero estructural, la sección compuesta, el concreto armado y el concreto presforzado.

c. Por el tipo de estructura.

Los puentes pueden ser clasificados según su estructura en diferentes tipos, incluyendo aquellos simplemente apoyados, continuos, de tramos múltiples, cantiléver, arco, atirantados (que utilizan cables rectos para soportar el tablero), colgantes, levadizos, pontones y cerchas.

d. Según el tiempo de vida.

En términos de duración, los puentes pueden ser divididos en dos categorías: los definitivos, cuyo tiempo de vida útil es de 75 años, y los provisionales, que son utilizados por un tiempo limitado no mayor a 5 años.

e. Según el trazo geométrico.

- Recto
- Esviajado
- Curvo

f. Según el sistema de construcción.

Entre los diferentes tipos de puentes que existen, se pueden mencionar el puente segmental, el puente lanzado, el puente sobre obra falsa y el puente prefabricado.

2.2.3. Partes de los puentes

Apaza (2000) las partes de un puente se dividen en tres puntos siguientes:

a. Superestructura

La superestructura de un puente está compuesta por dos elementos principales: el tablero, que está formado por una losa de concreto y es el componente que recibe directamente las cargas móviles de los vehículos y transmite sus efectos a la estructura portante; y la estructura portante, que es el elemento resistente que soporta el efecto de las cargas móviles y transmite las cargas de subestructura.

b. Subestructura

La subestructura de un puente es el conjunto de elementos que reciben las cargas provenientes de la superestructura y las transmiten a la cimentación. Esta subestructura está formada por los estribos, que son los apoyos extremos del puente y que tienen como función transmitir las cargas del apoyo a la cimentación y sostener el relleno; y los pilares, que son los apoyos intermedios que reciben las reacciones de dos tramos de puente y las transmiten a la cimentación.

c. Cimentación

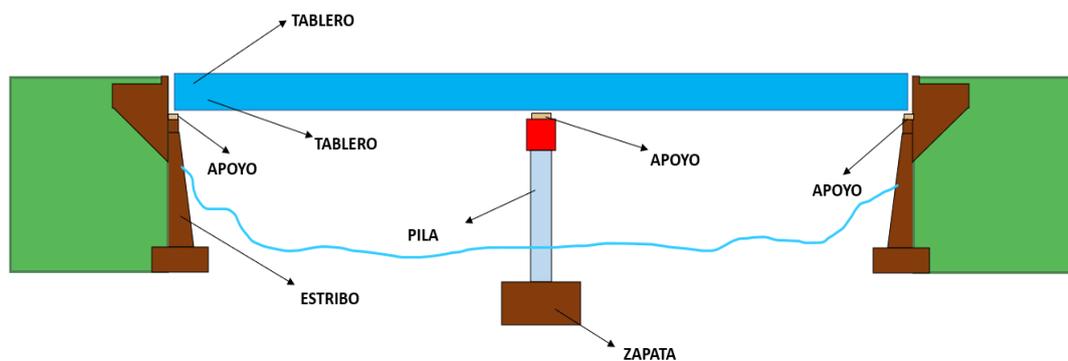
Existen dos tipos principales de cimentación utilizados en puentes: la cimentación superficial, que se lleva a cabo mediante zapatas y permite transmitir las cargas al terreno cuando se puede llegar a niveles con suficiente capacidad portante a través de excavación; y la cimentación profunda, que se utiliza cuando el estrato resistente se encuentra a niveles muy profundos de la superficie. Los tipos de cimentación profunda pueden ser pilotes, compuestas o cajones de cimentación.

d. Representación grafica

La figura 1 muestra la descripción de cada parte del elemento estructural del puente yaravico en una vista lateral.

Figura 1

Elementos estructurales de un puente



Nota. se observa los elementos estructurales del puente.

2.2.4. Cargas

Rodríguez (2020), se tiene:

a. Cargas permanentes

- dc: Carga muerta de componentes estructurales y accesorios no estructurales.
- dw: Carga muerta de superficies de desgaste y servicios públicos.
- ev: presión vertical de la carga muerta del relleno de tierra.

Se muestra el peso unitario de cada material que interviene en el elemento estructural referidos en la tabla 1, obteniendo el valor de acuerdo al sistema internacional en kg/m^3 .

Tabla 1

Pesos unitarios de materiales

Material	Peso Unitario (kg/m^3)
Acero	7850
Agua fresca	1000
Agua salada	1020
Albañilería de piedra	2700
Arcilla blanda	1600
Aleaciones de aluminio	2800
Arena, limo o arcilla compactados	1900
Arena, limo o grava no compactada	1600
Concreto simple	
Liviano	1760
De arena liviana	1920
Peso normal con $f'c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	2320
Peso normal con $350 < f'c \leq 1050 \text{ kg/cm}^2$	$2240 + 0.23f'c$
Concreto armado (C3.5.1 AASHTO)	Peso concreto simple + 80 kg/m^3
Grava, macadam o balasto compactados	2240
Hierro fundido	7200
Madera dura	960
Madera blanda	800
Relleno de ceniza	960
Superficie de rodamiento bituminosas	2240
Material	Peso por unidad de longitud (kg/m)
Rieles de tránsito, durmientes y fijadores de vía	300

Nota. Tabla de pesos unitarios de materiales (resumen), Rodríguez (2020).

b. Cargas vivas

- LL= carga viva vehicular
- PL= carga viva peatonal

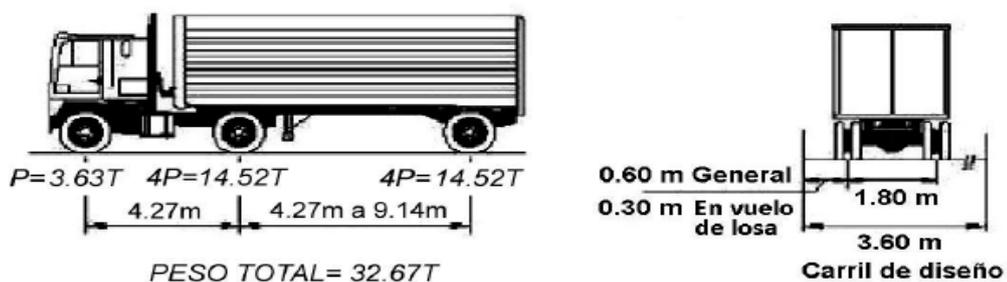
b1. Sobre carga vehicular

- camión diseño

La figura 2 muestra camión estándar HL-93, en donde se observa el peso total y carril de diseño.

Figura 2

Camión estándar HL-93



Nota. La distancia entre los ejes más pesados se toma como aquella que, estando entre los límites de 4,27 y 9,14m., lo que da mayor efecto, Rodríguez (2020).

- Tándem diseño

La figura 3 muestra tándem de diseño, en donde se observa el peso total y carril de diseño.

Figura 3

Tándem de diseño



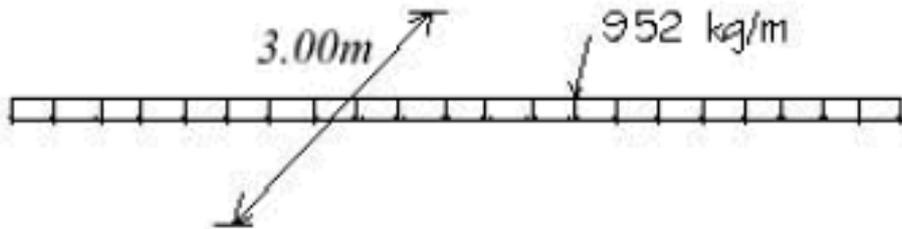
Nota. Tándem HL-93, Rodríguez 2020. Peso total de de un tándem en un ancho de carril de diseño de 3,6 m.

- cargas de carril de diseño

La figura 4 muestra la carga de carril, en donde se observa una carga distribuida.

Figura 4

Carga de carril HL-93



Nota. Tándem HL-93, Rodríguez (2020).

- Múltiples sobrecargas

Se determina considerando combinaciones de carriles cargados, asimismo se multiplicará por un factor de presencia múltiple, como se detalla en la tabla 2.

Tabla 2

Factor m de presencia múltiple

Número de carriles cargados	Factor de presencia múltiple, m
1	1,20
2	1,00
3	0,85
>3	0,65

Nota. Factor m de presencia múltiple, no es aplicable para el estado de fatiga, Rodríguez (2020).

- Incremento por carga dinámica

En la tabla 3 muestra factor de incremento de carga dinámica en lo cual no se aplica a cargas peatonales, ni a las cargas de carril de diseño. Asimismo, no aplica en muros de sostenimiento no solicitados por reacciones verticales de la superestructura.

Tabla 3*Factor de incremento por carga dinámica IM*

Componente	IM
Juntas del tablero – todos los estados limites	75 %
Todos los demás componentes	
Estado límite de fatiga y fractura	15 %
Todos los demás estados limites	33%

Nota. Factor de incremento por carga dinámica IM, Rodríguez (2020).

b2. Fuerza de frenado

Se considera el mayor valor:

- 25 % del peso por eje del camión y tándem de diseño.
- 5 % del camión o tándem de diseño más carga de carril

b3. Cargas sobre barandas, sardineles y veredas

- Fuerzas sobre barandas
Las fuerzas sobre barandas se consideran y actúan linealmente en los extremos de los puentes.
- Fuerzas sobre sardineles
El diseño se realizará para resistir una fuerza lateral no menor que 760 kg*m, aplicado al tope del sardinél o una elevación de 0,25 m sobre el tablero, si el tablero tuviera mayor altura.
- Sobrecargas en vereda
Se considera una carga peatonal de 366 kg/m² en todas las veredas de más de 0,60 m de ancho.

b4. Factores de carga y combinaciones

La figura 5 muestra factores de carga y combinaciones, especificando que el mayor valor obtenido se utiliza como factor de carga para las deformaciones

Figura 5**Factores de carga y combinaciones**

Load Combination Limit State	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TV	TG	SE	Use One of These at a time				
										EQ	BL	IC	CT	CV
Strenght I (unless noted)	γ_p	1.75	1.00			1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}					
Strenght II	γ_p	1.35	1.00			1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}					
Strenght III	γ_p		1.00	1.00		1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}					
Strenght IV	γ_p		1.00			1.00	0.50/1.20							
Strenght V	γ_p	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}					
Extreme Event I	1.00		1.00			1.00				1.00				
Extreme Event II	1.00	0.50	1.00			1.00					1.00	1.00	1.00	1.00
Service I	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}					
Service II	1.00	1.30	1.00			1.00	1.00/1.20							
Service III	1.00	γ_{LL}	1.00			1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}					
Service IV	1.00		1.00	1.00		1.00	1.00/1.20		1.00					
Fatigue I LL, IM & CE only		1.75												
Fatigue II LL, IM & CE only		0.8												

Nota. El mayor de los dos valores especificados para los factores de carga a aplicar a (tu), se deberá utilizar para las deformaciones, y el menor valor se deberá utilizar para todas las demás solicitaciones, Rodríguez (2020)

La tabla 5 muestra factores de carga para cargas permanentes, máximos y mínimos.

Tabla 4

Factores de carga para cargas permanentes

Tipo de Carga, Fundación y Método Usado para Calcular Fricción Negativa (Downdrag)	Factor de Carga	
	Máximo	Mínimo
DC: Elemento y Accesorios	1,25	0,50
DC: Solo Resistencia IV	1,50	0,90
Pilotes, Método Tomlinson α	1,40	0,25
DD: Pilotes, Método λ	1,05	0,30
Downdrag Ejes perforados, Método O' Neill and Reese (1999)	1,25	0,35
DW: Superficies de Rodamiento e Instalaciones para Servicios	1,50	0,65
EH: Presión Horizontal del Terreno:		
Activa	1,50	0,90
En reposo	1,35	0,90
AEP para muros anclados	1,35	N/A
EL: Tensiones Residuales en Construcción	1,00	1,00
EV: Presión Vertical del Terreno		
Estabilidad Global	1,00	N/A
Muros de Sostenimiento y Estribos	1,35	1,00
Estructura Rígida Enterrada	1,30	0,90
Marcos Rígidos	1,35	0,90
Estructura Flexibles Enterradas		
Alcantarillas Cajón Metálico y de Placas Estructurales con Corrugaciones Profundas	1,50	0,90
Alcantarillas termoplásticas	1,30	0,90
Todas las demás	1,95	0,90
ES: Sobrecarga de Suelo	1,50	0,75

Nota. Factores de carga para cargas permanentes, máximos y mínimos, Rodríguez (2020).

Según Eduardo Castell (2004):

2.2.5. Puente viga cajón

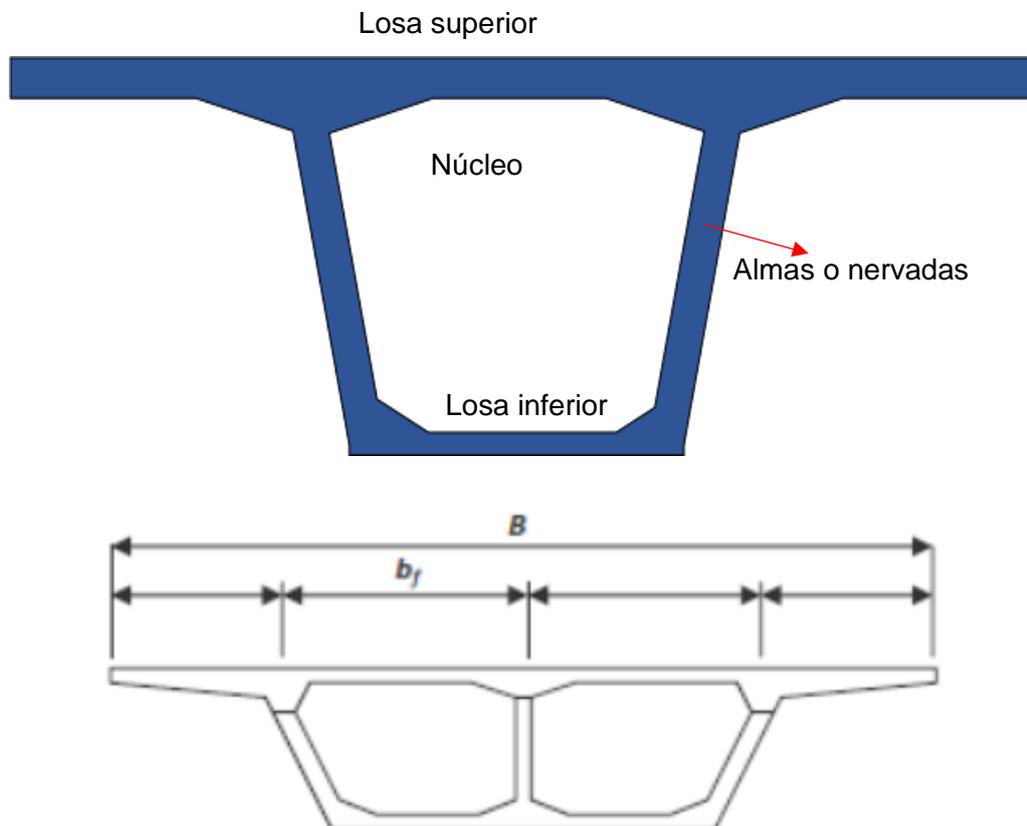
Los puentes viga cajón son aquellos en donde las vigas principales presentan de forma de cajón hueco, pueden ser construidos mediante concreto presforzado, acero o en sección compuesta de acero con concreto reforzado. En lo general el cajón se considera de forma rectangular y trapezoidal.

- Sección cajón típica

La figura 6 muestra la sección típica de una sección viga cajón, siendo el soporte de la construcción en puentes, siendo la forma de una caja rectangular.

Figura 6

Sección típica



Nota. La sección viga cajón es elemento estructural de la superestructura que se encuentra encima de los apoyos de estribos y/o pilares.

En la figura 7 muestra El Wakota Bridge es un puente de diez carriles que se encuentra sobre el río Mississippi entre South St. Paul y Newport , Minnesota, Estados Unidos.

Figura 7

Wakota Bridge



Nota. vista de longitud del puente wakota bridge, tomada de asbi institute, puente atirantado más largos de los estados unidos.

En la figura 8 muestra la vista transversal El Wakota Bridge en proceso de construcción en donde se observa la sección viga cajón de dos núcleos.

Figura 8

Vista transversal del puente Wakota Bridge



Nota. Vista transversal del puente wakota bridge, tomada de asbi institute, caracterizado por sus dimensiones, siendo uno de los puentes más grandes de los estados unidos.

- ✓ Las vigas cajón actualmente se consideran útiles para luces de puentes de gran longitud, luces entre 15 y 50 metros, pero se pueden extender hasta 60 metros con materiales de alta resistencia como el concreto pretensado o con sistemas constructivos como las vigas Gerber.

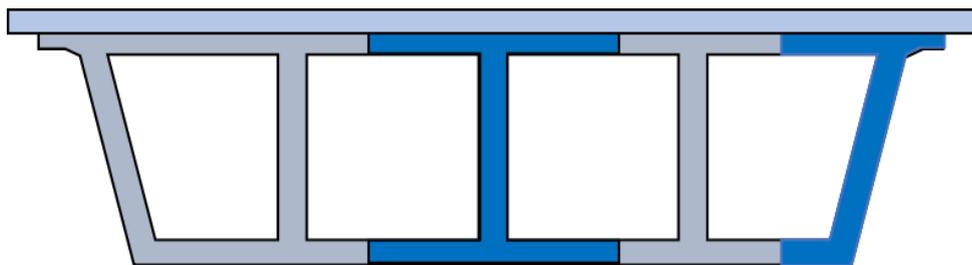
a. Clasificación viga cajón

a1. Según su estructura interna

En la figura 9 se considera el número de núcleos o células que lo compone, la sección típica se denomina monocelular y compuesta por una losa superior, asimismo se tiene secciones que están compuestas por dos o más núcleos se considera secciones cajón multicelulares.

Figura 9

División de diseño de viga cajón



Nota. La sección viga cajón es elemento estructural de la superestructura que se encuentra encima de los apoyos de estribos y/o pilares.

a2. Según proceso constructivo

En la figura 10 muestra una estructura prefabricada; las secciones o partes del puente son transportadas a la zona de la construcción, siendo esta una estructura hueca de forma rectangular que se utiliza para soportar la carga del puente, las secciones cajón prefabricadas se construyen en una fábrica o en una instalación de prefabricación cercana al sitio de construcción del puente. Estas secciones se construyen con acero, concreto u otros materiales de alta resistencia, y se moldean en la forma rectangular deseada, La sección cajón prefabricado puede variar en tamaño y forma, dependiendo del diseño y las especificaciones del puente. Una vez que las secciones cajón prefabricadas están completas, se transportan al sitio de construcción y se ensamblan mediante la unión de las secciones en la ubicación del puente

Figura 10*Sección cajón prefabricado*

Nota. Trabajo con sección cajón prefabricado, tomada de Yepes, el uso de secciones cajón prefabricadas puede ayudar a reducir los costos y los tiempos de construcción, ya que se pueden fabricar en serie y ensamblar rápidamente en el lugar de construcción. Además, el proceso de prefabricación permite un mayor control de calidad y una mayor eficiencia en la construcción, lo que a su vez puede mejorar la durabilidad y la vida útil del puente.

En la figura 11 muestra una estructura fundida en sitio; se usan en estructuras reforzadas o concretos postensados, iniciando la construcción en cada uno de los extremos o al igual que en procesos de prefabricados a través de sistemas en voladizo, sistemas que consta de ubicar un apoyo o pila central y partir de ella construir la estructura controlando el equilibrio de fuerza en cada uno de los extremos, cabe resaltar que las partes de un puente se dividen en 2 grupos, siendo la superestructura (tablero, viga) y la subestructura (estribos y pilares).

Figura 11

Construcción de puente



Nota. Trabajo con sección cajón, tomada de Bloglanammeucr, fue diseñado con una innovadora estructura en arco que le da una apariencia única. Además, la estructura de arco y la ubicación de las columnas permiten una mayor amplitud de la plataforma del puente, lo que proporciona más espacio para el tráfico vehicular

b. Clasificación puentes vehiculares sección cajón

Se general principalmente por su diseño geométrico:

b1. Puentes rectos en vigas cajón

En la figura 12 muestra tren BART puente de seccion viga cajon construido de forma recta, es un puente colgante que se extiende por la Bahía de San Francisco, conectando Oakland con San Francisco en California, Estados Unidos en el oeste de Oakland, siendo uno de los medios de transporte principales, algunas características que lo destacan del resto es su gran longitud de 8,4 millas y su estructura que cuenta con dos torres gemelas de acero que sostienen los cables principales, que a su vez soportan la carga del puente, cabe resaltar que este puente es muy importante para el estado, debido que se convirtió en un símbolo importante para el turismo

Figura 12

Representación de puente recto de sección cajón



Nota. Tren BART en el oeste de Oakland, tomada de Wikimedia commons, estado de california.

b2. Puentes curvos en viga cajón

En la figura 13 muestra la construcción de sección viga cajón de forma curva

Figura 13

Construcción de puente curvo de sección viga cajón



Nota. Construcción ejecutada por la municipalidad de Lima para la ampliación de la Costa Verde, tomada de Alsina

Según Garcia – Rossell (2006) se tiene lo siguiente:

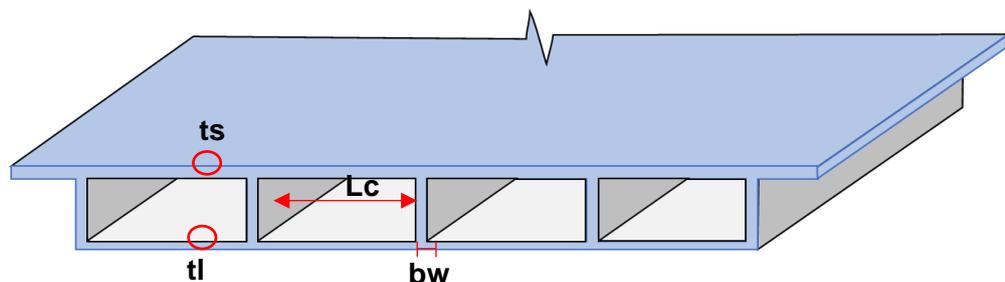
c. Parámetros para el diseño de puentes de sección cajón

- ✓ Consiste de una losa superior, almas o nervios verticales y una losa inferior.
- ✓ Se usan para luces de: 1,00 – 36m (en U.S.A).
- ✓ Espaciamiento de vigas: 1,5 xh.
- ✓ Luces > 36,00 (concreto postensado).
- ✓ Rango general de luces: 24,00 – 42,00, vaciados (in situ) con encofrado y falso puente.
- ✓ El tablero puede modelarse como compuesto por vigas «I» que pueden trabajar como vigas (T) para momento positivo y negativo.
- ✓ Debido a su alta resistencia torsional se usan mucho en intercambios o pasos a desnivel de trazo curvo, pilares (o estribos).
- ✓ En el Perú se usan en concreto postensado

En la figura 14 muestra una sección de puente cajón, en el cual se observa como referencia los calculos de sus diomensiones.

Figura 14

Sección de puente cajón



Nota. Se tiene un corte transversal del puente con sección tipo cajón, para tener una idea más clara de las dimensiones que se deben considerar para aplicar las fórmulas y determinar su resistencia, desplazamiento, entre otros.

- $b_w \geq 11,00'' (28cm)$. A menudo se necesita engrosar b_w en los apoyos interiores (cortante).
- $t_1 = \frac{1}{16} l_c \leq t_s \geq 14,00cm$.

c1. Estribos y estructuras de contención

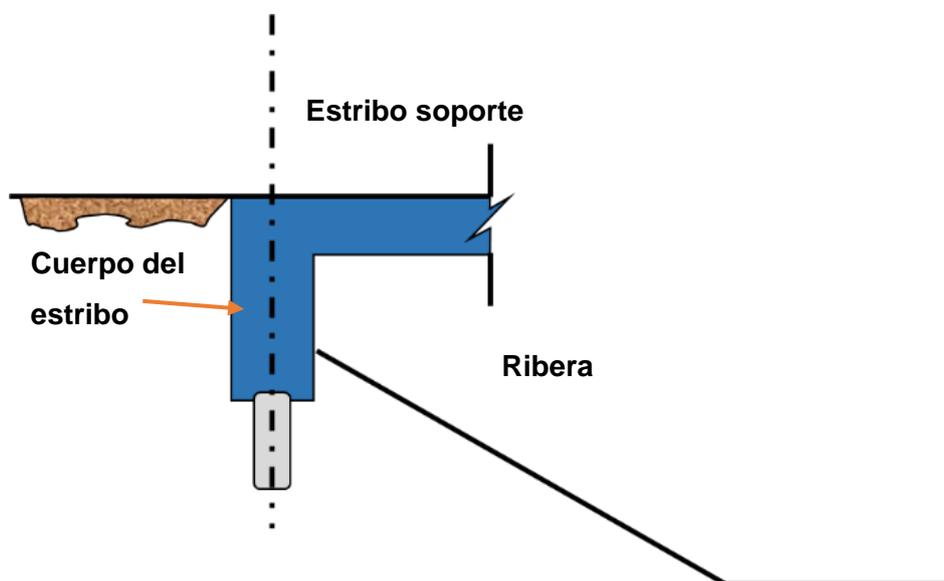
- Tipos de estribos

De la relación entre estribo y la carretera o río, los estribos se pueden dividir en dos categorías: estribos de extremo abierto y estribos de extremo cerrado, como se observa a continuación:

En la figura 15 muestra estribo monolítico de extremo abierto que está compuesta por una serie de muros o columnas que están separados por aberturas. Estas aberturas se dejan para permitir el flujo del agua y la sedimentación natural del terreno, lo que puede ayudar a reducir la erosión y el daño a la estructura.

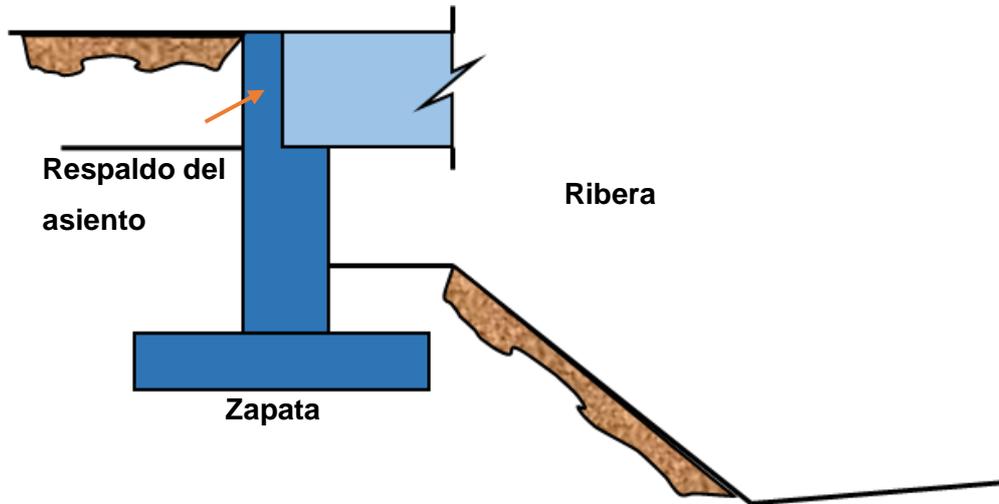
Figura 15

Estribo monolítico de extremo abierto



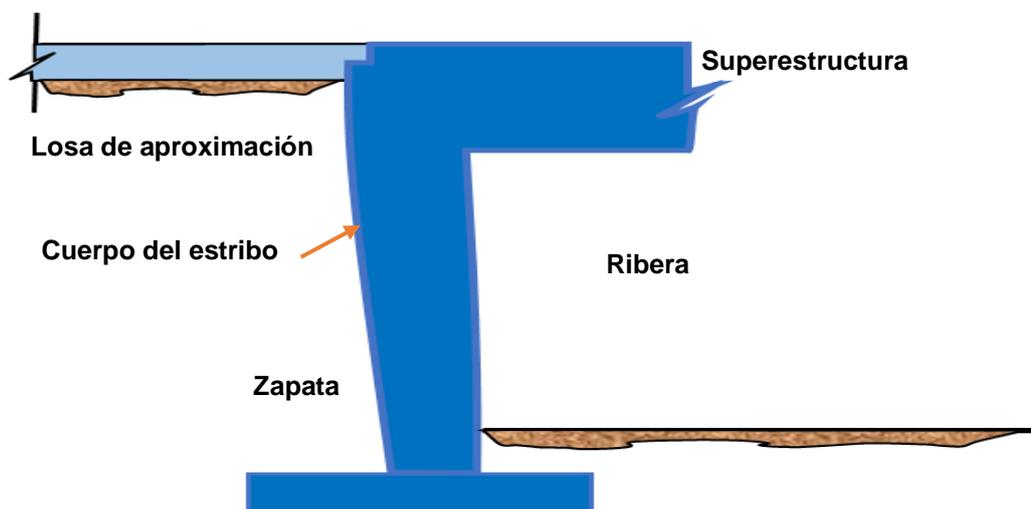
Nota. un estribo monolítico abierto es un tipo de estructura de soporte utilizada en la construcción de puentes y otras obras de infraestructura. Se utiliza para soportar la carga del puente y transferirla al terreno.

En la figura 16 muestra estribo de asiento de pantalla corta de extremo abierto, estructura de soporte utilizada en la construcción de puentes y otras obras de infraestructura. Se utiliza para soportar la carga del puente y transferirla al terreno.

Figura 16*Estribo de asiento de pantalla corta de extremo abierto*

Nota. un estribo de asiento de pantalla es una estructura de soporte utilizada en la construcción de puentes y otras obras de infraestructura. Está compuesta por una pantalla o muro de contención de concreto armado que se extiende hacia abajo en el terreno y se ancla en él, y un asiento de concreto donde se coloca la viga de soporte del puente. La pantalla proporciona estabilidad y soporte para la carga del puente y puede incluir refuerzos para mejorar su resistencia.

En la figura 17 muestra estribo de asiento de pantalla corta de extremo abierto, estructura de soporte utilizada en la construcción de puentes y otras obras de infraestructura. Se utiliza para soportar la carga del puente y transferirla al terreno.

Figura 17*Estribo monolítico de extremo*

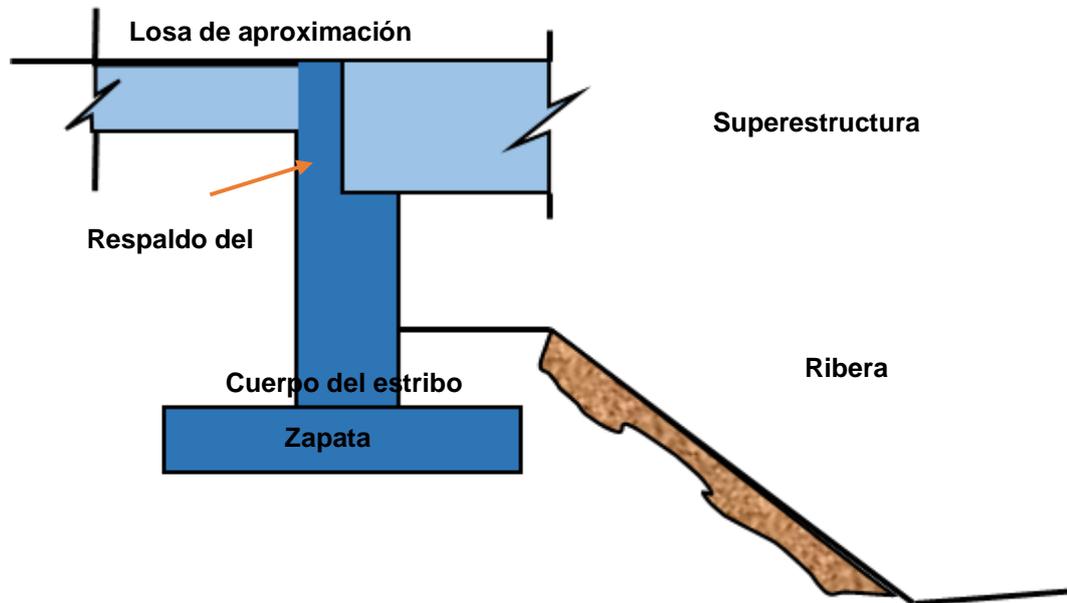
Nota. está compuesta por una pantalla o muro de contención de concreto armado que se extiende hacia abajo en el terreno y se ancla en él, y un asiento de concreto donde

se coloca la viga de soporte del puente. La pantalla proporciona estabilidad y soporte para la carga del puente y puede incluir refuerzos para mejorar su resistencia.

En la figura 18 muestra estribo de asiento de pantalla alta de extremo cerrado.

Figura 18

Estribo de asiento de pantalla de extremo cerrado



Nota. un estribo de asiento de pantalla es una estructura de soporte utilizada en la construcción de puentes y otras obras de infraestructura.

- Consideraciones generales de diseño

La tabla 6 se observa las cargas de diseño para los estribos incluyen las cargas verticales y horizontales transmitidas por el tablero, las presiones de tierras horizontales y verticales, el peso propio del estribo y las cargas vivas sobre el terraplén, de acuerdo a los casos específicos, considerando una categoría de nivel, desde el caso i al caso vi, Estas cargas se tienen en cuenta para asegurar que el estribo pueda soportar la carga del puente y transferirla al terreno de manera segura y estable.

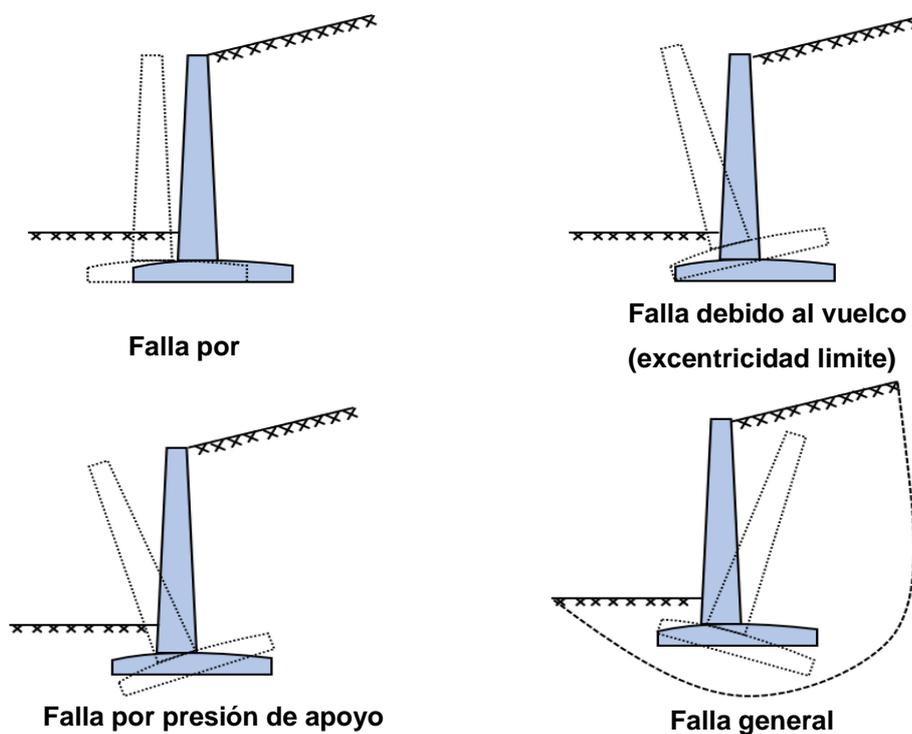
Tabla 5*Cargas de diseño del Estribo*

Cargas	Caso					
	I	II	III	IV	V	VI
Carga muerta de la superestructura	X	X	---	X	X	X
Carga muerta de muro y equilibrio	X	X	X	X	X	X
Carga muerta del terreno sobre el talón de muro incluyendo sobrecarga	X	X	X	X		X
Carga muerta del terreno sobre el pie de muro	X	X	X	X	---	X
Presión del terreno sobre la parte posterior del muro incluyendo sobrecarga	X	X	X	X	---	X
Carga viva sobre la superestructura	X	---	---	X	---	X
Temperatura y contracción	---	---	---	X	---	---
Capacidad permisible del pilote de la presión permisible del suelo en % o básico	100	100	150	125	150	133

Nota. Se debe considerar cualquier combinación de cargas que puedan conducir a las condiciones más severas de sollicitación.

- Consideraciones para la estabilidad

La figura 19 se muestra los estribos y muros de sostenimiento se deben dimensionar de manera de asegurar su estabilidad contra las fallas por vuelco, deslizamiento y presiones en la base.

Figura 19*Mecanismo de falla de muros de semi-gravedad*

Nota. Se observa cada caso de fallas en estribos y muros de sostenimiento

- Consideraciones sísmicas

Dependiendo del lugar de la ubicación del puente, puede que los efectos sísmicos sean irrelevantes o puede que gobiernen el diseño del sistema de resistencia de cargas laterales. Las especificaciones de AASHTO se basan en los siguientes principios:

- Sismos leves serán resistidos sin que los componentes salgan del rango elástico y sin sufrir daños importantes.
- Se usarán movimientos del suelo y fuerzas reales en el proceso de diseño.
- La exposición a prolongadas vibraciones no colapsará la estructura del puente, donde los posibles daños serán fácilmente detectables para inspeccionar y reparar.

AASHTO proporciona aplicaciones para puentes convencionales de losas, vigas, vigas cajón y superestructuras cuya luz no exceda 150m. No es aplicable para puentes que exceden los 150m y otros tipos de puentes como puentes colgantes, puentes atirantados, puentes móviles y arcos.

c2. Pilares y columnas

Los pilares proporcionan soporte vertical a los tableros de puentes y tienen dos funciones principales.

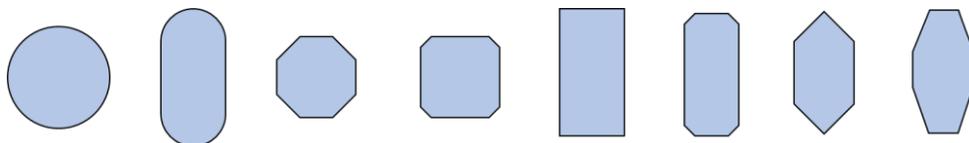
- Transferir las cargas verticales de la superestructura a las cimentaciones.
- Resistir las fuerzas horizontales que actúan sobre el puente.

los pilares que tradicionalmente se diseñaban para soportar cargas verticales, ahora se diseñan para resistir las cargas laterales causadas por los sismos.

La figura 20 muestra formas de secciones transversales para la construcción de pilares para puentes para intercambio vial y viaductos.

Figura 20

Secciones transversales de pilares

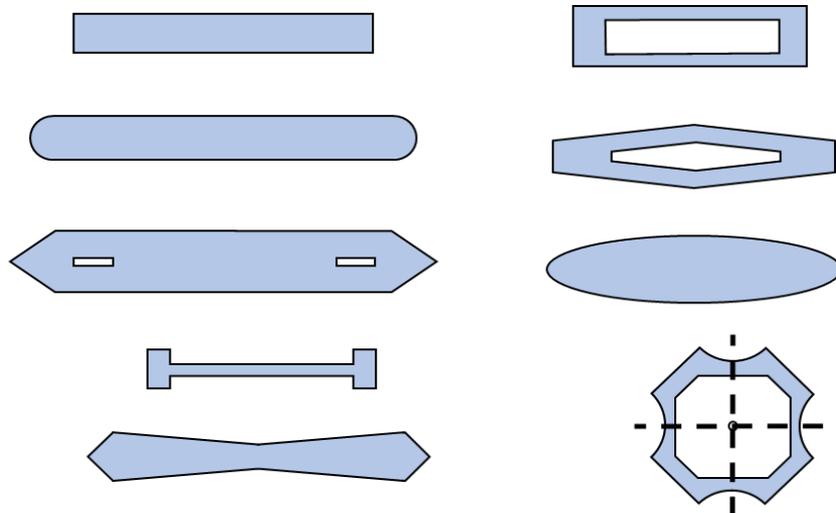


Nota. Sección trasversal de pilares para intercambio vial y viaductos

La figura 21 muestra formas de secciones transversales típicas de pilares para puentes sobre ríos.

Figura 21

Secciones típicas

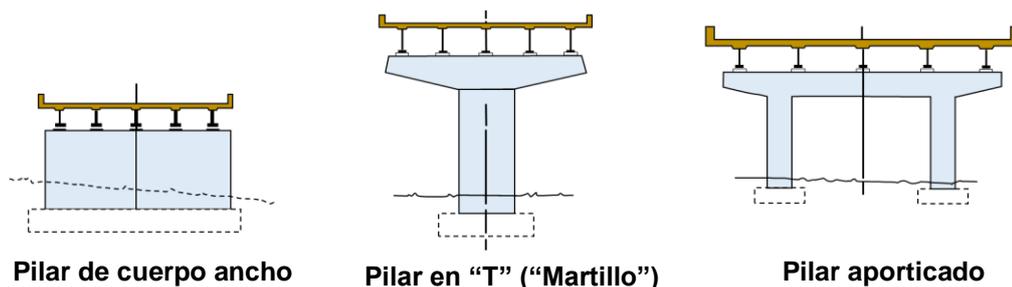


Nota. Sección transversal de pilares para el caso de puentes sobre ríos.

La figura 22 muestra tipos de pilar para la construcción de puentes.

Figura 22

Tipos de Pilar según la construcción



Pilar de cuerpo ancho

Pilar en "T" ("Martillo")

Pilar aporticado

Nota. La elección del tipo de pilar apropiado depende de muchos factores primero el tipo de superestructura, la altura del pilar también se determina por el tipo de pilar. Los pilares altos requieren secciones huecas para reducir el peso sobre las cimentaciones, reduciéndose así la carga y haciendo que la cimentación sea más económica.

La tabla 6 se describe recomendaciones para tipos de pilares aplicables sobre ríos y tierra.

Tabla 6

Recomendaciones generales para la selección de pilares

Tipos de Pilares Aplicables		
Superestructura de acero		
Sobre Ríos	Pilares Altos	De pared gruesa o tipo martillo, sección hueca en la mayoría de casos, en voladizo, puede cambiarse tipo martillo con pared gruesa en la base y un cuerpo de ancho variable
	Menor Altura	De pared gruesa o tipo martillo, sección sólida, tipo cantiles
Sobre Terreno	Pilares Altos	Tipo martillo y aporticado, sección hueca en el caso de un solo cuerpo y sección sólida para el tipo aporticado
	Menor Altura	Tipo martillo y aporticado, sección sólida, su voladizo
Superestructura de concreto presforzado		
Sobre ríos	Pilares Altos	De pared gruesa o tipo martillo, sección hueca en la mayoría de casos, en voladizo, puede cambiarse tipo martillo con pared gruesa en la base y un cuerpo de ancho variable
	Menor Altura	De pared gruesa o tipo martillo, sección sólida, en voladizo
Sobre Tierra	Pilares Altos	Tipo martillo y posiblemente aporticados, de sección hueca para un solo cuerpo y solidos para aporticados, en voladizos
	Menor Altura	Tipo martillo y Aporticado, sección sólida, en voladizo
Superestructuras vaciadas "in situ"		
Sobre ríos	Pilares Altos	De un solo cuerpo, el tablero se vacía con encofrados viajeros por el método de construcción en voladizo, secciones huecas, monolíticos empotrados en la cimentación
	Menor Altura	De pared gruesa, sección sólida, monolíticos empotrados en la base
Sobre Tierra	Pilares Altos	De una columna o múltiples columnas, sección sólida para la mayoría de casos, monolíticos, empotrados en la base
	Menor Altura	De una columna o múltiples columnas, sección sólida, monolíticos, articulados en la paz

Nota. La tabla presenta un resumen de las recomendaciones para la selección de pilares.

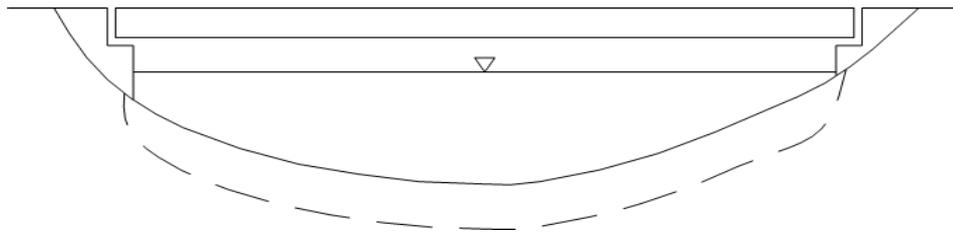
c3. Erosión

Los estribos y pilares ubicados en el curso del río o en las llanuras de inundación están expuestos a la erosión. Desafortunadamente, este efecto es extremadamente complejo de predecir y calcular lo que lo convierte en el causante de la gran mayoría de los colapsos de puentes.

La figura 23 se muestra la erosión durante avenidas

Figura 23

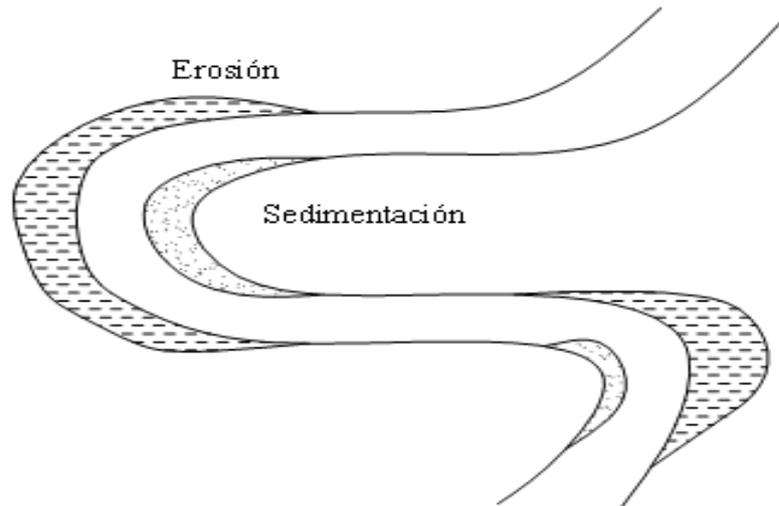
Erosión durante avenidas



Nota. Adaptado por guía para el diseño de puentes con vigas y losas (p.90), por E. seminario, 2004.

En general, se pueden distinguir tipos de erosión. El primer tipo de erosión ocurren en el fondo del río durante periodos de avenidas o inundación. En estos periodos, las altas velocidades son capaces de mover grandes cantidades de materiales, reduciendo el nivel del fondo. Este efecto se ve incrementados cauces angostos. Para condiciones típicas, se puede decir que la erosión es proporcional al incremento del nivel de agua.

La figura 24 muestra la erosión lateral, En este proceso, la acción de la corriente del agua o el viento crea surcos o valles en los bordes del cuerpo de agua o en la base de la pendiente. Estos surcos se van ensanchando con el tiempo a medida que la erosión continúa, lo que puede dar lugar a la formación de acantilados y barrancos.

Figura 24*Erosión lateral*

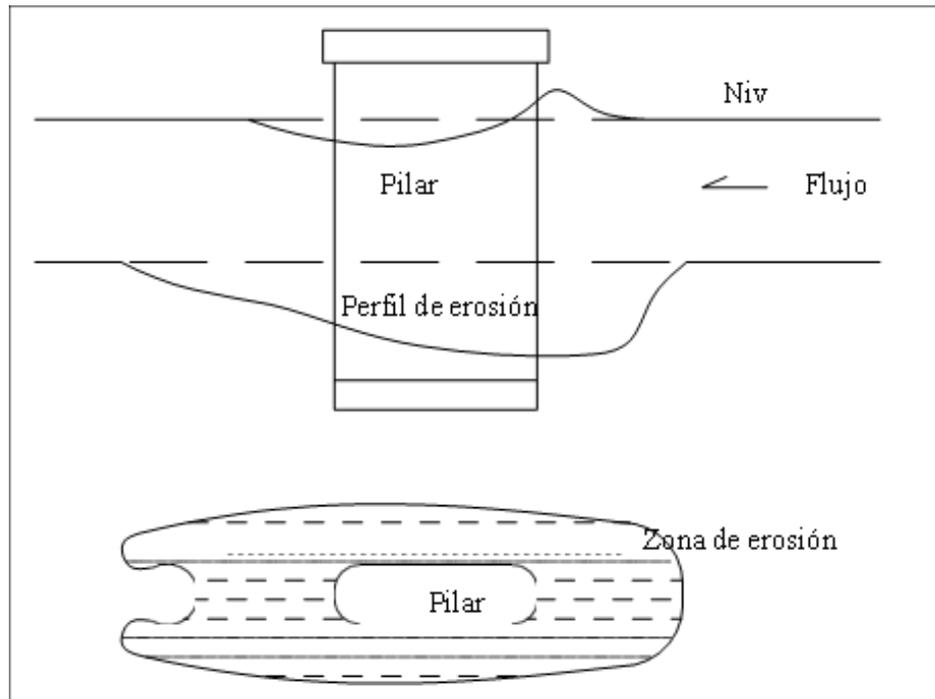
Nota. Adaptado por guía para el diseño de puentes con vigas y losas (p.90), por E. seminario, 2004.

El segundo tipo de erosión ocurre en las curvas de ríos. La erosión se presenta en las riberas exteriores de las curvas debido a las mayores velocidades del flujo. En cambio, las riberas interiores serán sedimentadas producto de las bajas velocidades. Los estribos ubicados en los estribos exteriores de las curvas deberán ser protegidos contra la socavación colocando mallas geotécnicas o protecciones de concreto o cimentando los estribos a una profundidad mayor de la máxima erosión posible.

La figura 25 muestra la erosión local de un pilar, la erosión de un pilar estructural es un proceso de desgaste gradual de la superficie de un pilar debido a la acción de agentes externos como la humedad, la corrosión, la exposición a productos químicos o la falta de mantenimiento.

Figura 25

Erosión local de un pilar



Nota. Adaptado por guía para el diseño de puentes con vigas y losas (p.90), por E. seminario, 2004

2.3. Definición de términos

2.3.1. Abrasión

Es el proceso de desgaste de una superficie debido a la fricción, la erosión o el impacto. Puede ocurrir naturalmente en el medio ambiente, como en un río, o artificialmente, como en un sistema de transmisión de potencia. La abrasión también puede ser un problema en la fabricación de maquinaria, ya que puede causar desgaste en las piezas móviles (Rodríguez, 2021, p.30).

2.3.2. Aguas abajo

Se refiere a una posición o dirección en relación con un cuerpo de agua, como un río o un arroyo, avanza en dirección de la corriente (Rodríguez, 2021, p.30).

2.3.3. Aguas arriba

Se refiere a una posición o dirección en relación con un cuerpo de agua, como un río o un arroyo, avanza en dirección contraria (Rodríguez, 2021, p.30).

2.3.4. Ancho de vía

El ancho de vía se refiere al espacio entre las dos líneas exteriores de una vía férrea, carretera o autopista (Rodríguez, 2021, p.30).

2.3.5. Ancho total del puente

Se considera el total de ancho de la baranda, vía, aceras, y algún otro espacio, como por ejemplo sardineles o ciclovías (Rodríguez, 2021, p.30).

2.3.6. Carga permisible

Se refiere a la carga máxima de operación, de acuerdo a la distribución y la carga por ejes (Rodríguez, 2021, p.30).

2.3.7. Capacidad portante

La capacidad portante de una estructura se utiliza para determinar si es capaz de soportar las cargas esperadas durante su vida útil (Rodríguez, 2021, p.30).

2.3.8. Combinación de carga de un puente

La combinación más desfavorable de capacidad que consiga aguantar la estructura, esto sin conseguir un estado límite y cuidar el nivel de seguridad (Rodríguez, 2021, p.30).

2.3.9. Distancia vertical libre o gálibo

El gálibo se refiere a la diferencia en altura entre el nivel del agua en un cuerpo de agua y el nivel del suelo en una estructura construida sobre él, como un dique o una presa. Es importante tener en cuenta el gálibo en el diseño de estructuras para asegurar que cumplan con las normas de seguridad y para evitar problemas como inundaciones (Rodríguez, 2021, p.31).

2.3.10. Losa de aproximación

Las losas de aproximación son una parte importante de la estructura de un puente, son las partes que se encuentran en los extremos del tablero o viga principal del puente y que permiten conectarlo con el terreno o con otras estructuras. Estas losas son esenciales para transferir cargas del tablero o viga principal al terreno o a otras estructuras de soporte (Rodríguez, 2021, p.33).

2.3.11. Viga cabezal

La viga cabezal es un componente estructural que se utiliza en algunos tipos de puentes, en particular en aquellos con vigas continuas. Es una viga que se encuentra en los extremos de la estructura principal del puente, y que ayuda a transmitir las cargas de las vigas continuas a los pilares o a otras estructuras de soporte (Rodríguez, 2021, p.34).

2.3.12. Viga diafragma

Una viga diafragma es un componente estructural que se utiliza en algunos tipos de puentes, en particular en aquellos con vigas continuas. Es una viga transversal colocada entre las vigas principales del puente, y su función es actuar como una placa que ayuda a transmitir y distribuir las cargas entre las vigas principales y los pilares o estructuras de soporte. Es una viga que ayuda a mantener la estabilidad y rigidez del puente (Rodríguez, 2021, p.34).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1 *Tipo de la investigación*

Por su finalidad, este estudio es descriptivo ya que se observarán y describirán las situaciones sin influir en ellas de ninguna manera y explicativo ya que el comportamiento del puente estará en función de su sistema constructivo, etc.

3.1.2 *Nivel de la investigación*

El nivel es descriptivo ya que se refiere a la identificación de las características y condición del puente Yaravico, se describen sus componentes, dimensiones, materiales, estado de conservación, entre otros aspectos.

El nivel es explicativo porque enfoca en establecer relaciones y causas que expliquen el comportamiento o el estado del puente Yaravico, se busca determinar las causas de las debilidades o fallos en la estructura y proporcionar soluciones para su mejora o reparación.

3.2. Población y/o muestra de estudio

Población: La población de estudio se considerará los Puentes de Moquegua

Muestra: la muestra está conformada por el puente Yaravico del Distrito de Moquegua.

3.3. Operacionalización de variables

En la tabla 7 se muestra el proceso definido y especificado en las formas concretas en que se medirán las variables del estudio de tesis realizado, utilizando indicadores o medidas que sean observables y mensurables, para permitirnos obtener mejores datos concretos y precisos, lo que aumenta la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos, lo cual podemos observar en el anexo 1.

Tabla 7*Operacionalización de variables*

Variable	Indicadores	Definición Operacional	Unidad de Medición
Variable dependiente:	Desplazamientos	Indica el máximo desplazamiento del puente	1.mm
Evaluación Estructural	Momento máximo	Indica el Momento máximo actuante para el puente	1. Kg-m o Ton-m
	Fuerza Cortante	Indica la Fuerza Cortante máxima actuante	1. Kg o Ton
		Indica el sistema estructural	
	Sistema estructural		1.Tipo losa 2.De viga "T" 3. Sección cajón
	Tipo de material	Indica el tipo de material	1.Acero 2.Concreto 3.Madera
Variable Independiente: puente Yaravico			
	Objetivo funcional	Indica tipo de función	1.Carreteros 2.Ferrovianos 3.Acueductos
	Geometría		
		Indica largo, ancho, alto	metros

Nota. Tabla de variables que se utilizó para obtener indicadores precisos y concretos en la elaboración de tesis.

3.4. Técnica e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1 Técnicas

Observación: Se examinará la estructura del Puente Yaravico en cuanto a su ubicación, tamaño, función y patología.

Registro de información: La información se obtendrá a través de medidas de holgura para mostrar las dimensiones y desplazamientos de la estructura del puente en el plano. Los puentes se pueden evaluar registrando la resistencia del concreto mediante una prueba de Esclerómetro.

3.4.2 Instrumentos

Inspección de documentos: obtendrá los factores importantes para que realicemos la evaluación estructural de varias fuentes confiables que usaremos como referencia, como datos de materiales como concreto y barras de acero.

Hoja de almacenamiento de datos: para recopilar los datos de la prueba de curado, se utilizará un almacenamiento de datos para registrar las lecturas de las muestras tomadas para conocer la resistencia a la compresión general.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación preliminar del puente Yaravico

4.1. Ubicación

El puente Yaravico se encuentra de camino a la vía paralela del interoceánico sur, sector santa rosa, distrito Moquegua. Altitud 1,291.31 m.s.n.m.

Región : Moquegua

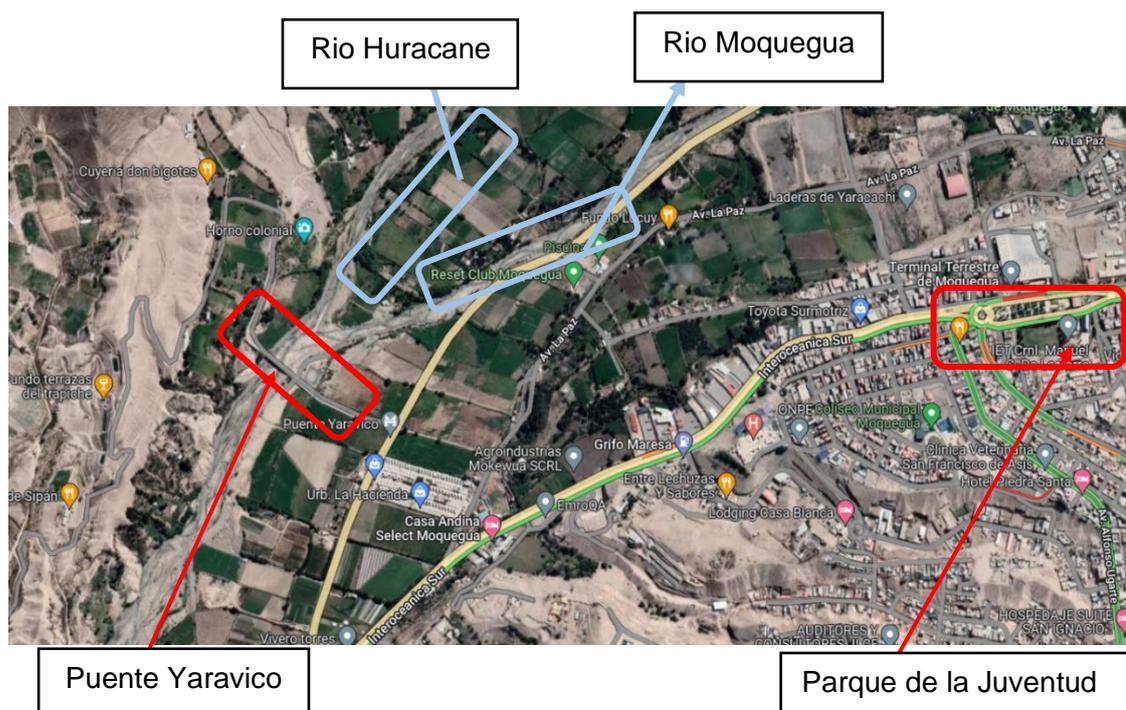
Provincia : Mariscal Nieto

Distrito : Moquegua

en la figura 27 se muestra la ubicación del puente Yaravico en el distrito Moquegua, también se visualiza la ubicación de los 2 ríos que intersecan y chocan contra el puente.

Figura 27

Ubicación del Puente Yaravico



Nota. Ubicación de la superestructura Puente Yaravico, tomada de Google Earth, ubicación de río huaracane y río Moquegua.

En la figura 28 se visualiza la ubicación frontal y lateral del puente estructural Yaravico, para poder realizar su inspección visual insitu.

Figura 28

Puente Yaravico



a)

b)

Nota. En la figura a) se observa el inicio del puente Yaravico, en la b) el puente Yaravico.

4.1.1. Antecedente de suceso por precipitaciones

En el año 2019 entre los meses enero – marzo el departamento de Moquegua sufrió de altas precipitaciones, en donde afecto a las tres provincias del departamento Moquegua; causado deslizamientos y caídas de viviendas en la provincia de Sánchez cerro; asimismo las subidas considerables de caudales de los ríos de Moquegua, las cuales provocaron la salida del rio de su cauce original destrozando veredas, pavimentos, edificaciones y puentes.

En la figura 29 se puede visualizar como antecedente del suceso de Destrucción de pavimento y veredas

Figura 29

Destrucción de pavimentos y veredas

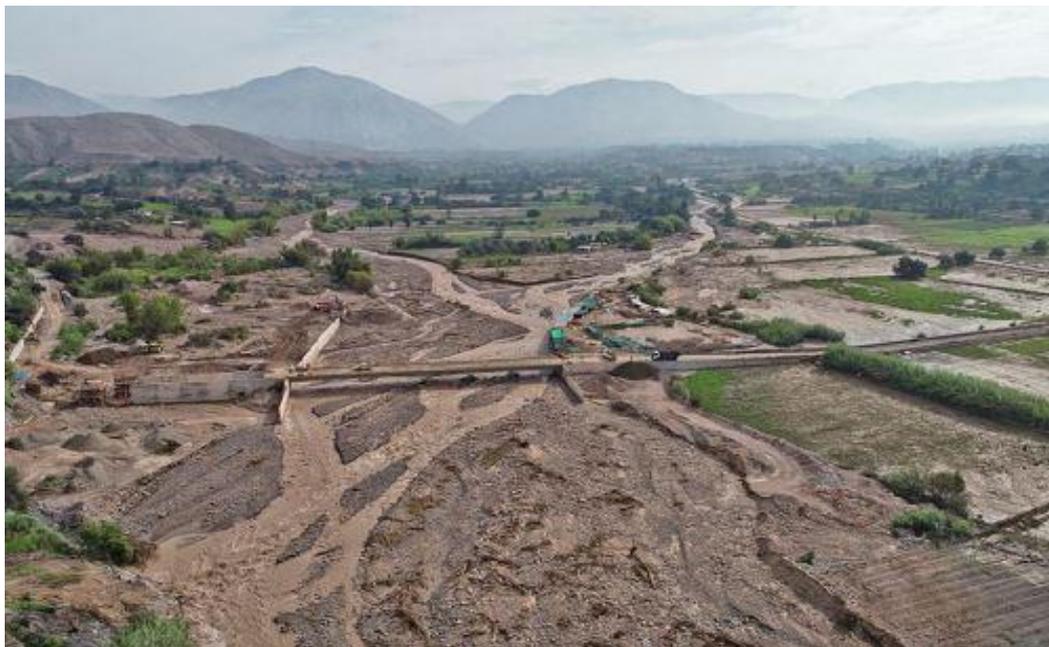


Nota. salida de rio moquegua en el malecón ribereño, provoco destrucción de la zona aledaña, tomada de agencia peruana de noticias andina.

En la figura 30 se puede observar que el Puente Yaravico aproximadamente a 100 metros aguas arriba del puente Yaravico se unen el rio Moquegua y el rio huracane en donde se aprecia confluencias entre los ríos mencionados, en el momento de las lluvias el crecimiento del caudal de ambos ríos creció considerablemente provocando destrozos.

Figura 30

Vista de la salida de rio en el Puente Yaravico



Nota. Salida de rio en el sector del puente yaravico, provoco destrucción de la zona aledaña, tomada de agencia peruana de noticias andina.

4.1.2. Descripción in situ de la Estructura

El puente Yaravico es un sistema estructural tipo viga-cajón, lo cual se realizó la visita en campo in situ realizando el análisis visual.

En la figura 31 se puede verificar que el sector donde se encuentra ubicado el puente Yaravico, se visualiza que se encuentra el rio descolmatado, lo cual fue realizado por el Gobierno Regional.

Figura 31

Descolmatación del cauce de río aguas arriba



Nota. se ve la cantidad que abarca el ancho de la conexión del río Moquegua y río huaracane

En la figura 32 podemos observar desde una vista lateral la descolmatación del puente estructural Yaravico del distrito de Moquegua en la ciudad de Moquegua.

Figura 32

Descolmatación en el puente Yaravico



Nota. se visualiza la descolmatación del puente estructural Yaravico por el río Moquegua y río huaracane.

En la figura 33 se observa una patología en forma de fisura en la parte superior de la viga del puente Yaravico.

Figura 33

Patología superior de viga



Nota. esta patología se identificó por la inspección visual del puente Yaravico.

En la figura 34 se observa las Juntas de separación entre la superestructura y la losa de extensión, con ancho de 5 cm.

Figura 34

Junta de separación superestructura y losa de extensión



Nota. la junta se identificó por la inspección visual del puente Yaravico.

En la figura 35 encontramos pasatubos para el drenaje superficial del puente, Este sistema de drenaje se complementa con la pendiente transversal.

Figura 35

Pasatubos para drenaje superficial del puente



Nota. los pasatubos se identificó por la inspección visual del puente Yaravico.

En la figura 36 se identifica la junta de dilatación entre la superestructura y estribo, con espesor de 10 cm.

Figura 36

Junta de dilatación



Nota. las juntas se identificaron por la inspección visual del puente Yaravico.

En la figura 37 se observa un avance de erosión del concreto, desgaste superficial de la estructura del pilar central del puente.

Figura 37

Erosión del concreto



Nota. la erosión del concreto en el pilar se identificó por la inspección visual del puente Yaravico.

En la figura 38 se observa un avance de erosión del concreto, desgaste superficial de la estructura del pilar central del puente.

Figura 38

Erosión del concreto, lado derecho inferior del pilar



Nota. la erosión del concreto en el pilar se identificó por la inspección visual del puente Yaravico.

En la figura 39 se visualiza la patología por erosión del concreto en el pilar central de la subestructura del puente yaravico.

Figura 39

Erosión del concreto, parte frontal inferior del pilar



Nota. la patología por erosión del concreto en el pilar se identificó por la inspección visual del puente Yaravico.

4.2 Ensayo no destructivo - Ensayo de esclerómetro

Este ensayo revela la homogeneidad de la resistividad del concreto in situ, en otras palabras, nos da la oportunidad de evaluar directamente si la calidad del concreto es mala, concreto duradero o dañado. Se dieron ubicaciones para inspecciones de estrategia para entender la superestructura y subestructura capaz de soportar los datos obtenidos de la primera prueba.

El 10 de enero del 2023 a las 7:00 am se visitó el Puente Yaravico, previamente se verificó el estado situacional de la superestructura y se dio a realizar el ensayo con esclerómetro siguiendo el procedimiento:

Se sostiene firmemente el instrumento en una posición que permita que el émbolo golpee perpendicularmente la superficie a ensayar. Posteriormente incrementar gradualmente la presión sobre el émbolo hasta que el martillo golpee. Después del impacto mantener la presión sobre el instrumento, y si fuera necesario, oprimir el botón al lado del instrumento para bloquear el émbolo en su posición retraída. Leer el número de rebote en la escala, al más cercano número entero y registrar la lectura. Tomar diez lecturas de cada área de ensayo.

En la figura 40 se identifican los Equipos a utilizar para el ensayo del esclerómetro, asimismo se observa en el anexo 3 el informe de verificación.

Figura 40

Equipo esclerómetro para ensayo en campo

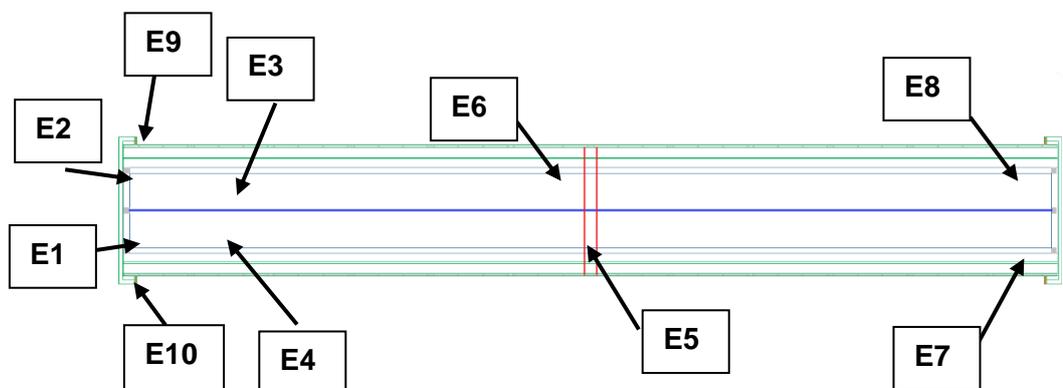


Nota. los instrumentos que se visualizan son los equipos a utilizar para realizar el ensayo del esclerómetro y corroborar la resistencia de cada elemento estructural en el puente Yaravico.

En la figura 41 se identifica la selección de los puntos en cada elemento estructural y se procedió a realizar el ensayo con esclerómetro.

Figura 41

Puntos para extraer muestra por el ensayo del esclerómetro



Nota. Se observan la ubicación de los puntos de muestra que se realizaron los ensayos con esclerómetro.

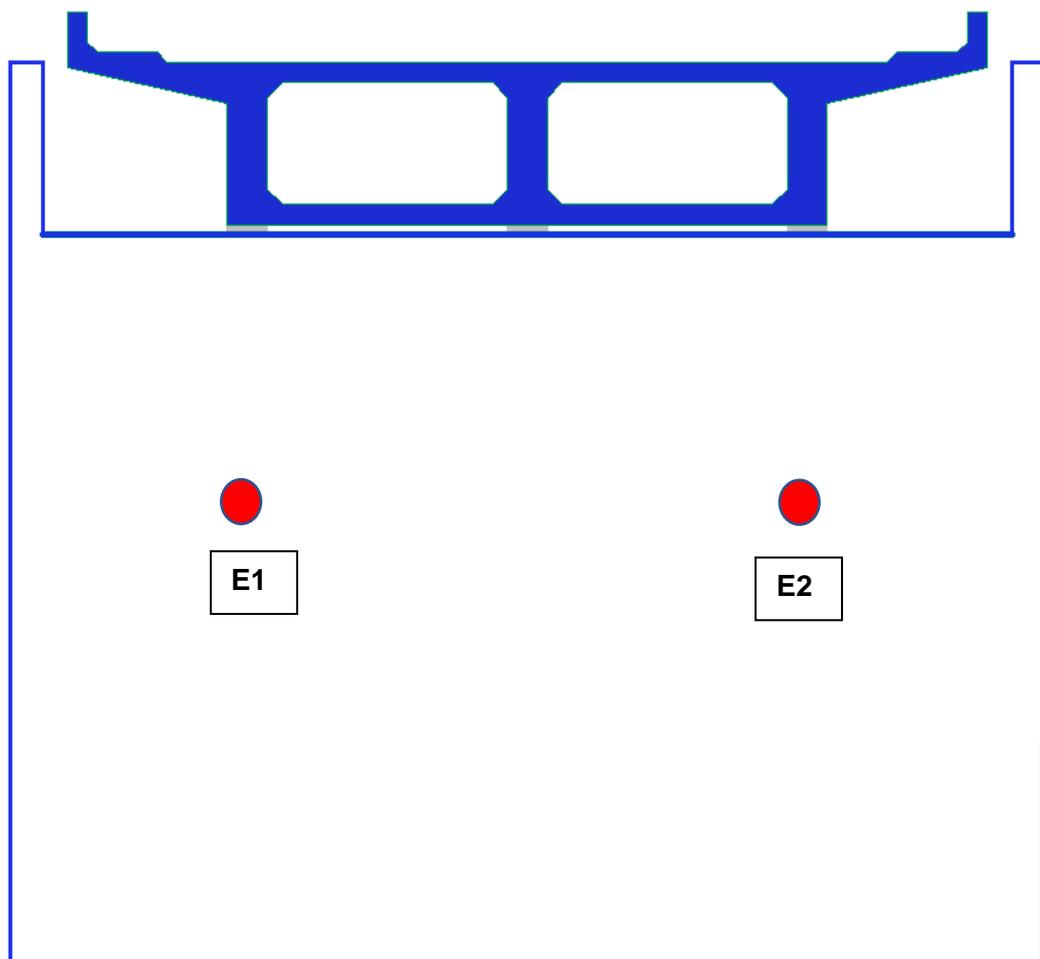
4.2.1 Respecto al estribo

El puente Yaravico está conformado por 2 estribos laterales, definidos el primero como estribo izquierdo y el segundo como estribo derecho, de los cuales se sacaron 2 puntos para extracción de muestra en el estribo izquierdo y en el estribo derecho. Ya que el punto de prueba es representativo en el puente como parte de una zona importante para la estructura.

En la figura 42 se muestra los puntos donde se determino la resistencia mediante el ensayo del esclerómetro.

Figura 42

Puntos de extracción de muestra en el estribo izquierdo

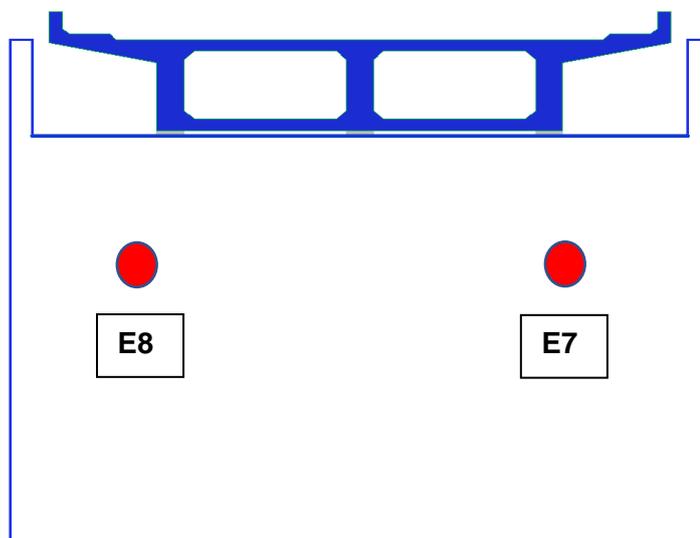


Nota. para visualizar los puntos donde se realizó la muestra, se tuvo que realizar un dibujo en el programa Autocad 2022.

En la figura 43 se identificaron los puntos para el ensayo del esclerómetro en el elemento estructural del estribo derecho.

Figura 43

Puntos de extracción de muestra en el estribo



Nota. para visualizar los puntos donde se realizó la muestra, se tuvo que realizar un dibujo en el programa Autocad 2022.

En la figura 44 se muestra como se hizo el procedimiento del ensayo para el elemento estructural del estribo izquierdo denominado como e-01.

Figura 44

Muestra del estribo izquierdo punto e-01



Nota. ensayo del esclerómetro del estribo izquierdo, punto e-01.

En la figura 45 se muestra el procedimiento de ensayo del esclerómetro en el estribo izquierdo determinado como punto e-02.

Figura 45

Muestra del estribo izquierdo punto e-02



Nota. ensayo del esclerómetro del estribo izquierdo en el punto e-02.

En la figura 46 se muestra el procedimiento de ensayo del esclerómetro en el estribo derecho determinado como punto e-07.

Figura 46

Muestra del estribo derecho punto E-07



Nota. ensayo del esclerómetro del estribo derecho en el punto e-07.

En la figura 47 se muestra el procedimiento de ensayo del esclerómetro en el estribo derecho determinado como punto e-08.

Figura 47

Muestra del estribo derecho punto E-08



Nota. ensayo del esclerómetro del estribo derecho en el punto e-08.

4.2.2 Respecto a la viga losa

Se tomo como muestra para vigas postensadas 2 puntos, y para losa se extrajo 2 muestras para el ensayo de esclerómetro, siendo elementos estructurales de suma importancia para el correcto funcionamiento del puente Yaravico.

En la figura 48 se muestra el procedimiento de ensayo del esclerómetro en la viga lado izquierdo-izquierdo identificado o nombrado como punto e-10, el planteamiento del esquema se realizó mediante el software Autocad versión 2022 para tener identificado en una idea más clara donde se realiza la determinación de puntos para el ensayo del esclerómetro de acuerdo a la norma astm c805 y corroborar la resistencia del concreto en la parte de la superestructura en la viga.

Figura 48

Identificación del puente muestra para la viga lado izquierdo-izquierdo punto e-10

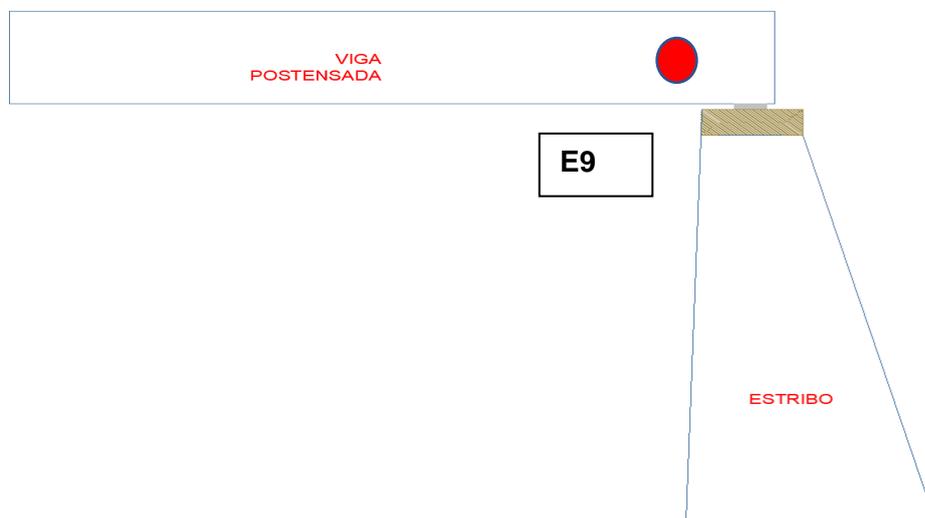


Nota. para visualizar los puntos donde se realizó la muestra, se tuvo que realizar un dibujo en el programa Autocad 2022.

En la figura 49 se muestra la ubicación del punto de ensayo para determinar la resistencia del concreto mediante el ensayo del esclerómetro.

Figura 49

Identificación del punto muestra para la viga lado izquierdo-derecho punto e-09

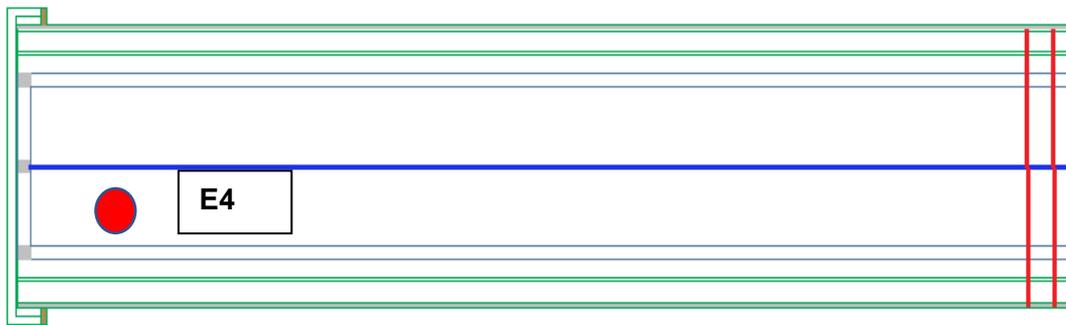


Nota. para visualizar los puntos donde se realizó la muestra, se tuvo que realizar un dibujo en el programa Autocad 2022.

En la figura 50 se ubica el punto de ensayo para la losa en el lado izquierdo denominado como punto e-04.

Figura 50

identificación del punto muestra para la losa lado izquierdo - izquierdo punto e-04



Nota. para visualizar los puntos donde se realizó la muestra, se tuvo que realizar un dibujo en el programa Autocad 2022.

En la figura 51 se ubica el punto de ensayo para la losa en el lado izquierdo-derecho denominado como punto e-03.

Figura 51

Identificación del punto muestra para la losa lado izquierdo - derecho punto E-03



Nota. para visualizar los puntos donde se realizó la muestra, se tuvo que realizar un dibujo en el programa Autocad 2022.

En la figura 52 muestra el ensayo de esclerómetro en una zona específica de la superestructura para su evaluación.

Figura 52

Extracción de muestra para la losa lado izquierdo - derecho puente E-03



Nota. se identificó el punto de extracción de muestra para el ensayo de esclerometría en el elemento estructural.

En la figura 53 muestra el ensayo de esclerómetro en una zona específica de la superestructura para su evaluación.

Figura 53

Extracción de muestra para la losa lado izquierdo-izquierdo punto E-04



Nota. se identificó el punto de extracción de muestra para el ensayo de esclerometría en el elemento estructural.

En la figura 54 muestra el ensayo de esclerómetro en una zona específica de la superestructura para su evaluación.

Figura 54

Extracción de muestra para la viga lado izquierdo-derecho punto E-09



Nota. se identificó el punto de extracción de muestra para el ensayo de esclerometría en el elemento estructural.

En la figura 55 muestra el ensayo de esclerómetro en una zona específica de la superestructura para su evaluación.

Figura 55

Excavación de muestra para la viga lado izquierdo - izquierdo punto E-10



Nota. se identificó el punto de extracción de muestra para el ensayo de esclerometría en el elemento estructural.

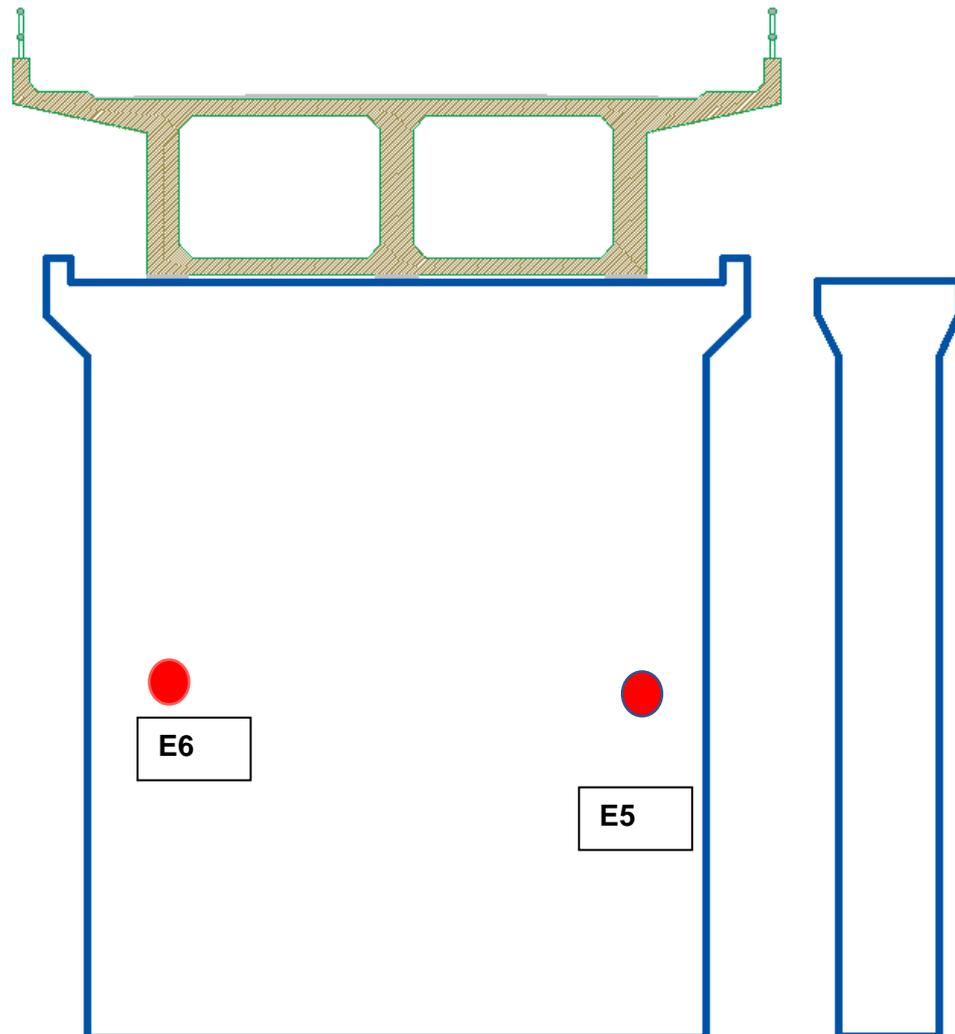
4.2.3 Respecto al pilar

El pilar central del puente es el elemento fundamental para que la estructura pueda funcionar correctamente, para ello se identificó dos puntos para extraer la muestra por el ensayo del esclerómetro.

En la figura 56 muestra el ensayo de esclerómetro en una zona específica de la superestructura para su evaluación.

Figura 56

Extracción de muestra para el ensayo con esclerómetro.



Nota. Adaptado diseño y dibujo para la identificación de puntos ensayados, mediante el software AutoCAD, 2022.

En la figura 57 muestra el ensayo de esclerómetro en una zona específica de la superestructura para su evaluación.

Figura 57

Extracción de muestra para el pilar parte delante punto E-05



Nota. se identificó el punto de extracción de muestra para el ensayo de esclerometría en el elemento estructural.

En la figura 58 muestra el ensayo de esclerómetro en una zona específica de la superestructura para su evaluación.

Figura 58

Extracción de muestra para el pilar parte atrás punto E-06



Nota. se identificó el punto de extracción de muestra para el ensayo de esclerometría en el elemento estructural.

4.2.4 Resultado de ensayo con esclerómetro

En la tabla 8 se muestra los resultados de ensayo de esclerómetro, en donde se observan los valores obtenidos de índice de rebote.

Tabla 8

Resultado de ensayo de esclerómetro

Ítem	Denominación	Descripción	Dirección de aplicación del martillo	Valores obtenidos índice de rebote														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	E-1	Estribo izquierdo (adelante)	horizontal	40	39	39	39	40	39	38	40	38	38	38	40	40	38	40
2	E-2	Estribo izquierdo (atras)	horizontal	42	42	43	45	43	40	42	43	44	44	44	44	44	44	41
3	E-3	Viga (delante)	vertical	46	47	47	48	47	46	45	48	47	45	46	46	48	48	48
4	E-4	Viga (atras)	vertical	49	47	48	49	47	47	48	47	49	47	49	45	45	47	45
5	E-5	Pilar (lado derecho)-(adelante)	horizontal	40	41	40	42	40	42	40	40	41	41	39	39	40	40	42
6	E-6	Pilar (lado izquierdo)-(atras)	horizontal	41	43	40	41	49	41	40	42	42	49	48	49	40	42	42
7	E-7	Estribo derecho (adelante)	horizontal	39	38	38	37	37	39	39	38	38	36	37	37	38	39	38
8	E-8	Estribo derecho (atras)	horizontal	39	38	38	37	37	38	39	39	38	37	38	38	37	38	39
9	E-9	Viga(lado izquierdo)-(adelante)	horizontal	33	44	43	40	42	41	40	42	41	42	43	41	43	43	42
10	E-10	Viga (lado izquierdo)-	horizontal	41	42	41	42	42	42	40	42	40	41	40	42	41	42	41

Nota. Adaptado del resumen de 10 muestras con el ensayo de esclerómetro, obteniendo los resultados como se observa en la tabla.

En la tabla 9 se muestra el resumen de resultados de ensayo de esclerómetro, en donde se observan los promedios de índice de rebote y resistencia de cada muestra, asimismo podemos observar el resumen de resultados en el anexo 2.

Tabla 9

Resumen de ensayo con esclerómetro

Ítem	Denominación	Descripción	Dirección de aplicación del martillo	Promedio índice de rebote	Tabla esclerómetro PSI	Resistencia kg/cm ²
1	E-1	Estribo izquierdo (adelante)	horizontal	39,1	4766	335
2	E-2	Estribo izquierdo (atras)	horizontal	42,1	5445	383
3	E-3	Viga (delante)	vertical	46,8	5547	390
4	E-4	Viga (atrás)	vertical	47,3	5810	408
5	E-5	Pilar (lado derecho)-(adelante)	horizontal	40,5	5171	364
6	E-6	Pilar (lado izquierdo)-(atras)	horizontal	40,6	5243	369
7	E-7	Estribo derecho (adelante)	horizontal	37,9	4699	330
8	E-8	Estribo derecho (atrás)	horizontal	38,0	4630	325
9	E-9	Viga(lado izquierdo)-(adelante)	horizontal	41,8	5421	381
10	E-10	Viga (lado izquierdo)-	horizontal	41,3	5462	384

Nota. Adaptado del resumen de 10 muestras de ensayo esclerómetro de cada punto con su resistencia correspondiente.

- El ensayo con esclerómetro se analizó con la norma ASTM-C805 donde da a conocer los parámetros y requisitos para la evaluación del ensayo en la estructura.
- Indica lo siguiente si más del 20% de las lecturas realizadas; varía del promedio en 6 unidades se descarta por completo las lecturas, en el área del ensayo. Como se observan en la tabla N.º 07 Resultado de ensayo con esclerómetro, se concluye que el concreto es uniforme.
- De las resistencias halladas de cada elemento estructural como se muestra en la tabla N.º 08 Resumen de ensayo con esclerómetro, se observa que el resultado de los puntos de ensayo muestra valores altos a lo considerado en el plano del proyecto encontrado, para la condición actual de los elementos estructurales el concreto se encuentra estable.

4.3 Descripción del Puente Yaravico

La figura 59 muestra la verificación de las dimensiones de la superestructura

Figura 59

Medida de vereda



Nota. Se identificaron mediante una inspección visual y métrica las dimensiones de cada elemento estructural.

La figura 60 muestra la verificación de las dimensiones de la superestructura

Figura 60

Medida de estribo

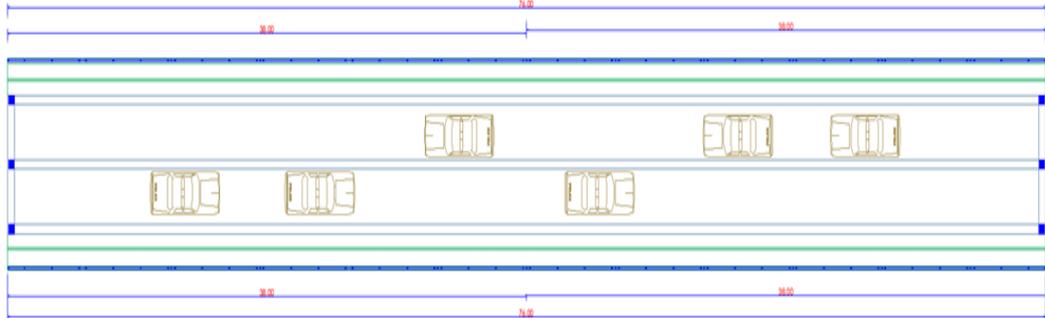


Nota. Se identificaron mediante una inspección visual y métrica las dimensiones de cada elemento estructural.

En la figura 61 se muestra una vista en planta del puente Yaravico con las dimensiones planteadas de acuerdo a la inspección real insitu de la estructura del puente.

Figura 61

Vista en planta puente Yaravico

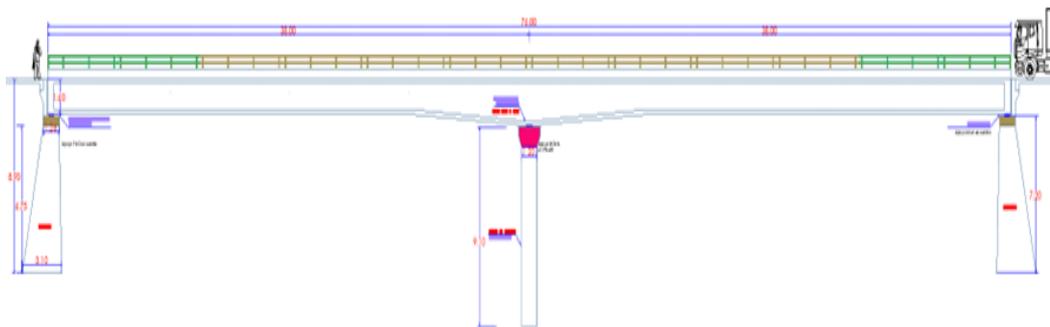


Nota. Adaptado diseño y dibujo para la identificación de puntos ensayados, mediante el software AutoCAD, 2022.

En la figura 62 se muestra una vista en planta del puente Yaravico con las dimensiones planteadas de acuerdo a la inspección real insitu de la estructura del puente.

Figura 62

Vista en elevación del puente Yaravico

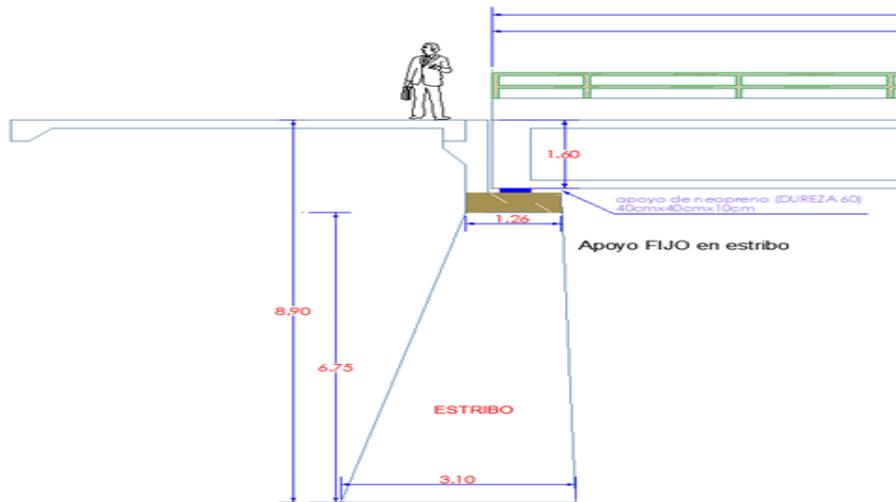


Nota. Adaptado diseño y dibujo para la identificación de puntos ensayados, mediante el software AutoCAD, 2022.

En la figura 63 se muestra una vista en planta del puente Yaravico con las dimensiones planteadas de acuerdo a la inspección real insitu de la estructura del puente.

Figura 63

Vista en elevación del estribo



Nota. Adaptado diseño y dibujo para la identificación de puntos ensayados, mediante el software AutoCAD, 2022.

En la figura 64 se muestra una vista en planta del puente Yaravico con las dimensiones planteadas de acuerdo a la inspección real insitu de la estructura del puente.

Figura 64

Vista en elevación del pilar

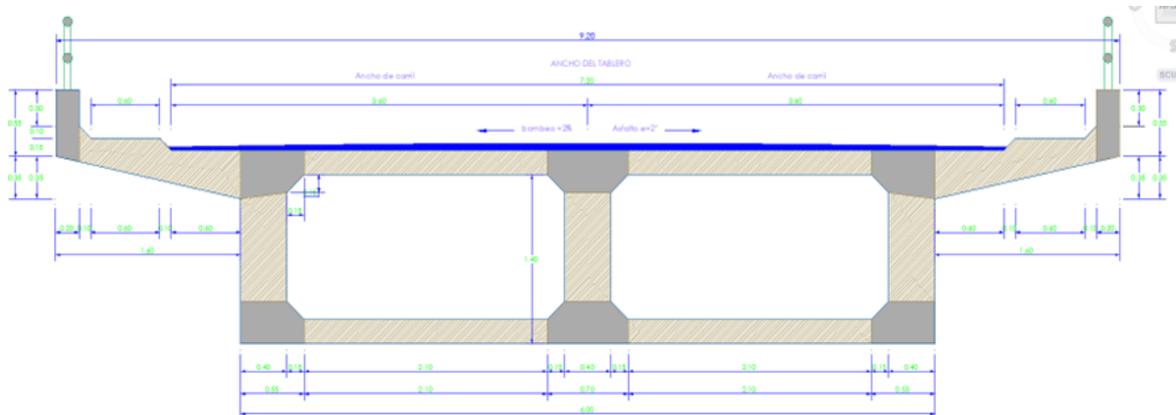


Nota. Adaptado diseño y dibujo para la identificación de puntos ensayados, mediante el software AutoCAD, 2022.

En la figura 65 se muestra una vista en planta del puente Yaravico con las dimensiones planteadas de acuerdo a la inspección real insitu de la estructura del puente.

Figura 65

Vista de sección transversal del puente Yaravico



Nota. Adaptado diseño y dibujo para la identificación de puntos ensayados, mediante el software AutoCAD, 2022.

Dimensiones:

Longitud de la superestructura: 76ml (dos tramos de 38ml)

Ancho de la calzada: 9,20 ml

Espesor de la losa de concreto: 0,20 ml

Espesor de la viga de concreto: 1,40ml

Ancho de la viga de concreto: 6,0ml

Espesor de la carpeta asfáltica: 0,05ml

Datos de carga

dc= peso de componente estructural

dw= peso de la superficie de desgaste (asfalto)

ll= sobre carga vehicular

pl= sobrecarga peatonal

Factores de carga y combinaciones

dc= 1.25

dw= 1.50

ll=1.75

4.4 Análisis Estructural del puente por el software CSI Bridge

4.4.1 preparación de modelo

En el contexto de CSI Bridge, modelado se refiere al proceso de crear un modelo matemático de una estructura o puente para su análisis y diseño. Este modelo incluye información sobre la geometría de la estructura, las propiedades de los materiales utilizados, las cargas aplicadas y las restricciones de la estructura. Una vez que el modelo ha sido creado, se utiliza para realizar cálculos y analizar la estructura en términos de tensiones, deformaciones y factor de seguridad. En CSI Bridge, el modelado se realiza mediante la entrada de datos en una interfaz gráfica de usuario (GUI) y utilizando herramientas específicas para generar el modelo.

En la figura 66 se muestra el bridge layout line data (datos de línea de diseño de puente), Se determina la longitud total del puente a evaluar a lo largo del eje vial, siendo un total de 76ml.

Figura 66

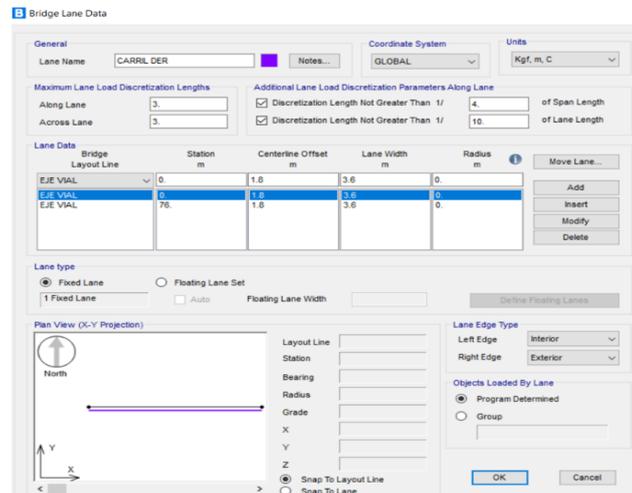
Definición de la línea de diseño del puente

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

En la figura 67 muestra el bridge lane data (datos del carril del puente), nuestro puente cuenta con 2 carriles para el tránsito vehicular, definidos como carril derecho y carril izquierdo, el ancho de los carriles es de 7,2ml, teniendo un ancho para cada carril de 3,6ml.

Figura 67

Definición del ancho de carril para el lado derecho

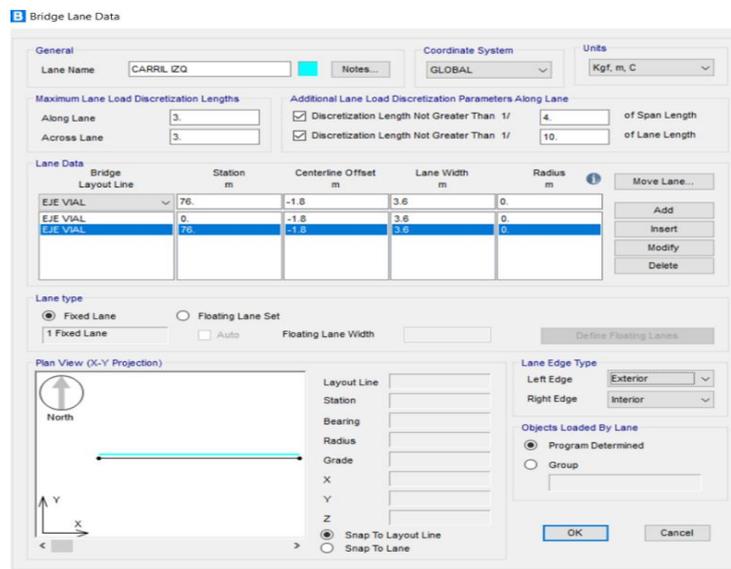


Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

En la figura 68 se muestra la definición del ancho del carril izquierdo como uno de los pasos para poder adaptar las dimensiones al modelado con el software.

Figura 68

Definición del ancho de carril para el lado izquierdo



Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 69 se muestra el material property data (datos de propiedades materiales), se establece los materiales para cada elemento estructural del puente, de acuerdo a los planos iniciales de diseño del puente Yaravico tenemos las siguientes resistencias de concreto; para vigas = 280 kg/cm², para pilar = 280 kg/cm², para estribos = 210 kg/cm².

Figura 69

Definición del material para la viga

B Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: VIGA 280

Material Type: Concrete

Material Grade: f'c 4000 psi

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2400.

Mass per Unit Volume: 244.7319

Units

Kgf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2.510E+09

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 1.046E+09

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 2800000.

Expected Concrete Compressive Strength: 2800000.

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

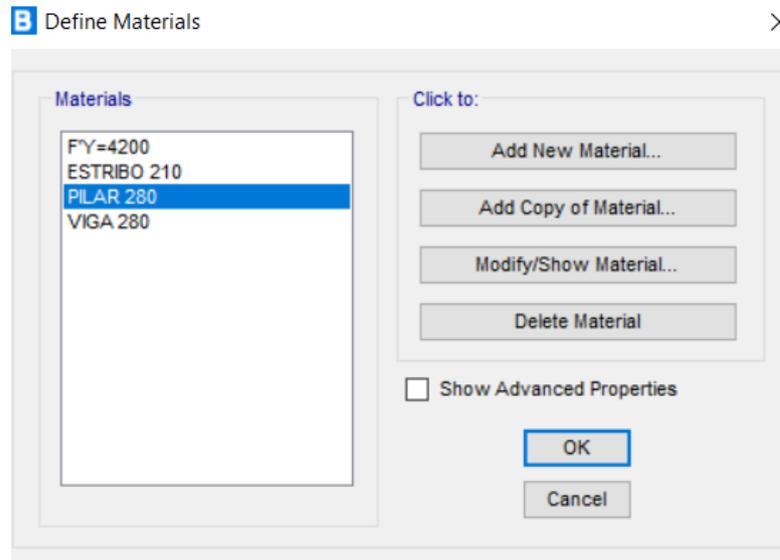
OK Cancel

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 70 muestra la definición que se los materiales para cada elemento estructural con el que se va a modelar en el software.

Figura 70

Definición del material para cada elemento estructural

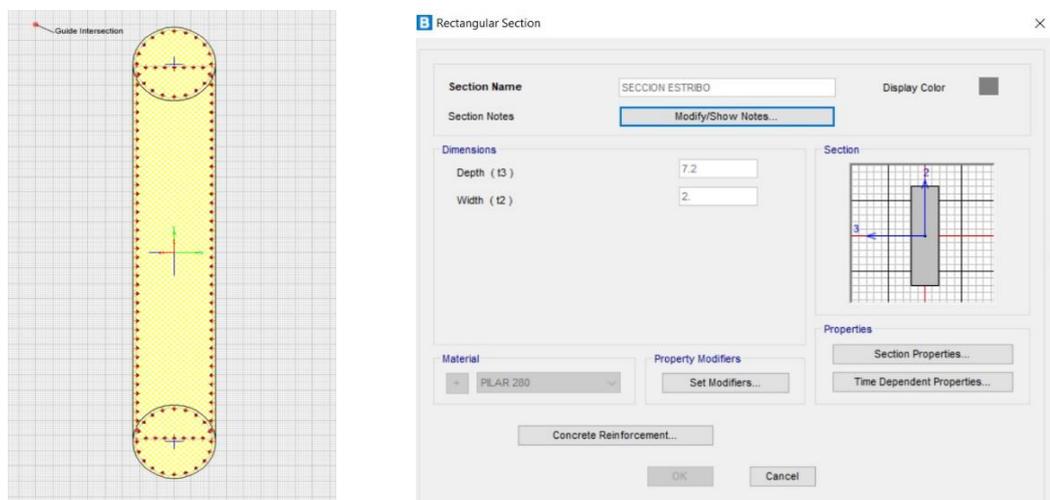


Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 71 muestra el pilar central semicircular de altura total 8,7 m con un espesor de 1,2 m y los estribos son simétricos con dimensiones de 7,2 m de largo y 2 m de espesor.

Figura 71

Definición de las dimensiones del pilar

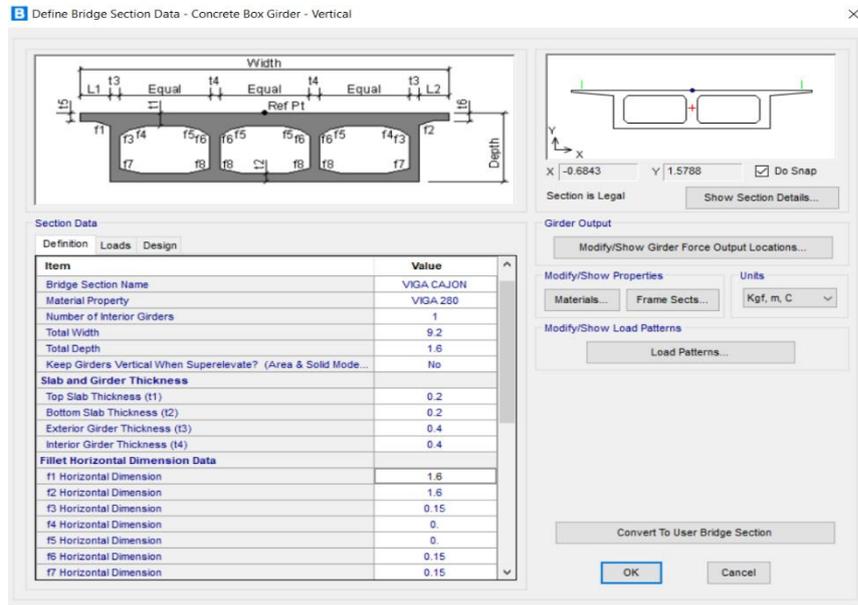


Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

En la figura 72 se muestra el define bridge section data (definir los datos de la sección del puente), Se determina las dimensiones correspondientes al plano planteado para nuestro puente del tipo cajón continua y discontinua en el pilar.

Figura 72

Dimensiones definidas al puente tipo cajón

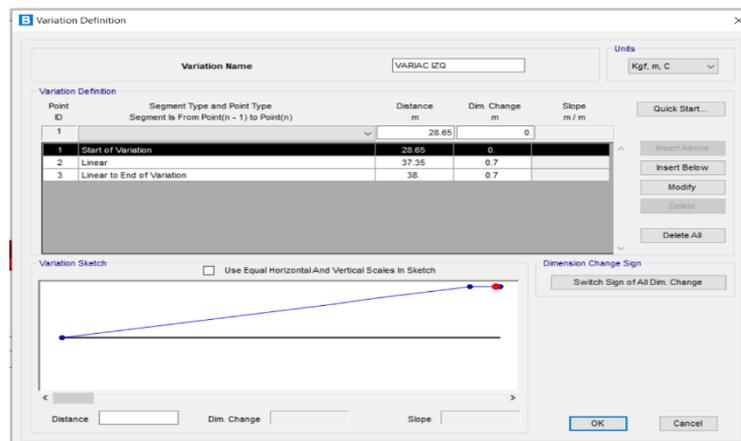


Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022

La figura 73 muestra la variación que hay en centro del pilar, esta variación viene por parte de la viga cajón para el diseño y modelado mediante el software.

Figura 73

Variación izquierda

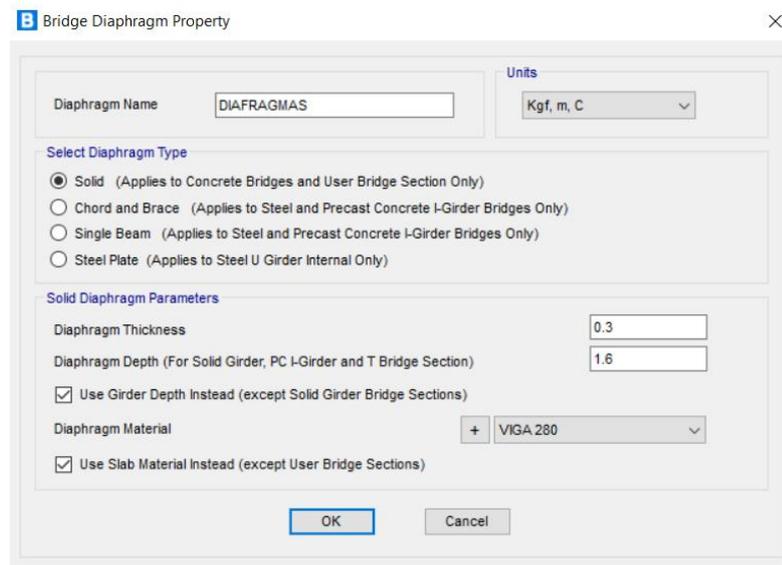


Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 74 muestra el bridge diaphragm property (propiedad del diafragma del puente), tenemos diafragma en todo el puente tipo cajón

Figura 74

Asignación de diafragmas

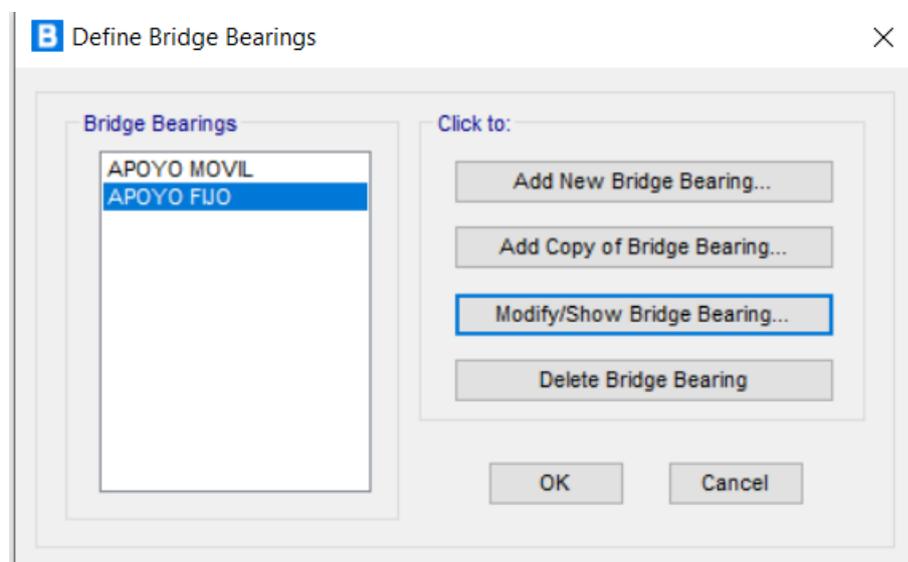


Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 75 muestra el define bridge bearings (definir los apoyos del puente), presentamos apoyos fijos y apoyos móviles para el puente tipo cajón.

Figura 75

Definición del apoyo fijo y móvil



Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 76 muestra el software CSI bridge viene incluido para adicionar cargas vehiculares con mayor facilidad a comparación de otros softwares, el CSI viene siendo el más completo.

Figura 76

Carga vehicular AML

The screenshot shows the 'Vehicle Data' dialog box with the following settings:

- Vehicle Name:** AML
- Design Type:** Vehicle Live
- Units:** Kgf, m, C
- Source:** AASHTO.xml
- Length Effects:** Axle: None, Uniform: None
- Vehicle Location in Lane:**
 - Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only
 - Vehicle Remains Fully in Lane (In Lane Longitudinal Direction)
- Usage:**
 - Lane Negative Moments at Supports
 - Interior Vertical Support Forces
 - All other Responses
- Min Dist Allowed From Axle Load:**
 - Lane Exterior Edge: 0.3048
 - Lane Interior Edge: 0.6096
- Center of Gravity:**
 - Height - Axle Loads: 0.
 - Height - Uniform Loads: 0.

The right side of the dialog features a 'Load Plan' diagram showing two axles on a lane, and a 'Load Elevation' diagram showing two vertical arrows representing axle loads. Below these are 'Modify/Show Loads' buttons for 'Vertical Loading...' and 'Horizontal Loading...'.

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 77 muestra el software CSI bridge viene incluido para adicionar cargas vehiculares con mayor facilidad a comparación de otros softwares, el CSI viene siendo el más completo.

Figura 77

Carga vehicular HSn-44

The screenshot shows the 'Vehicle Data' dialog box with the following settings:

- Vehicle Name:** HSn-44
- Design Type:** Vehicle Live
- Units:** Kgf, m, C
- Source:** AASHTO.xml
- Length Effects:** Axle: None, Uniform: None
- Vehicle Location in Lane:**
 - Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only
 - Vehicle Remains Fully in Lane (In Lane Longitudinal Direction)
- Usage:**
 - Lane Negative Moments at Supports
 - Interior Vertical Support Forces
 - All other Responses
- Min Dist Allowed From Axle Load:**
 - Lane Exterior Edge: 0.3048
 - Lane Interior Edge: 0.6096
- Center of Gravity:**
 - Height - Axle Loads: 0.
 - Height - Uniform Loads: 0.

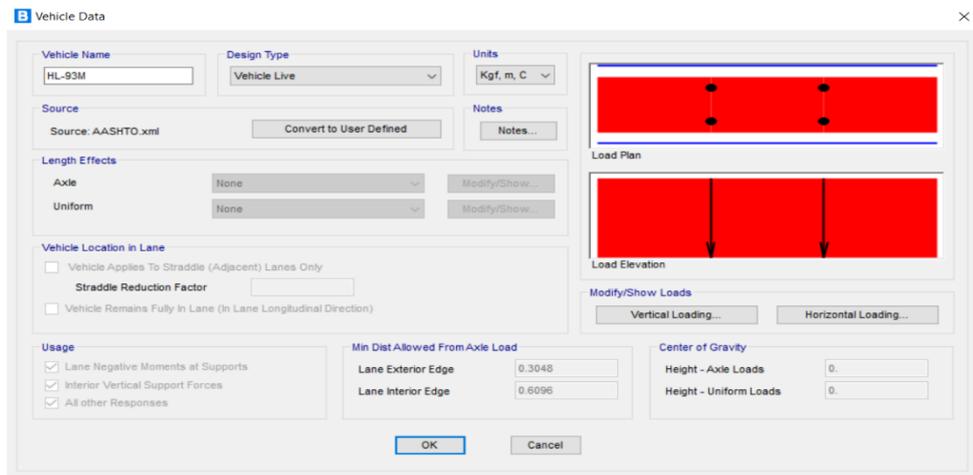
The right side of the dialog features a 'Load Plan' diagram showing two axles on a lane, and a 'Load Elevation' diagram showing two vertical arrows representing axle loads. Below these are 'Modify/Show Loads' buttons for 'Vertical Loading...' and 'Horizontal Loading...'.

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 78 muestra el software CSI bridge viene incluido para adicionar cargas vehiculares con mayor facilidad a comparación de otros softwares, el CSI viene siendo el más completo.

Figura 78

Carga vehicular HL-93M

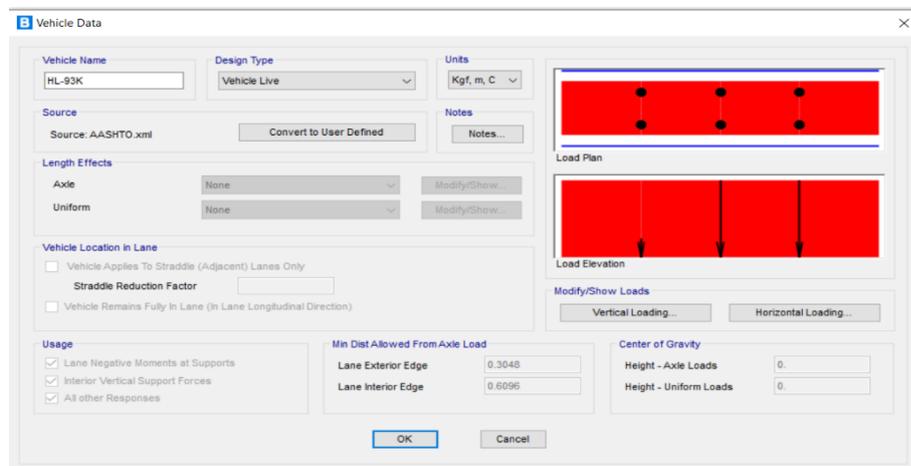


Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 79 muestra el software CSI bridge viene incluido para adicionar cargas vehiculares con mayor facilidad a comparación de otros softwares, el CSI viene siendo el más completo.

Figura 79

Carga vehicular HL-93K



Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 80 muestra el software CSI bridge viene incluido para adicionar cargas vehiculares con mayor facilidad a comparación de otros softwares, el CSI viene siendo el más completo.

Figura 80

Carga vehicular HL-93S

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 81 muestra cómo se adiciona cargas lineales de baranda una carga de 300 kgf/m, para el lado derecho e izquierdo.

Figura 81

Carga lineal de baranda

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 82 muestra la carga del asfalto (dw) se considera un total de 110 kg/m^2 , carga peatonal (lp) se considera un total de 415 kg/m^2 .

Figura 82

Carga por área de asfalto

The screenshot shows the 'Bridge Area Load Distribution Definition Data' dialog box. The 'Load Name' field contains 'DW'. The 'Units' dropdown is set to 'Kgf, m, C'. Under 'Load Direction', 'Load Type' is 'Force', 'Coordinate System' is 'GLOBAL', and 'Direction' is 'Gravity'. Under 'Load Value', both 'Left Edge Value' and 'Right Edge Value' are set to '110'. Under 'Load Transverse Location', 'Left Reference Location' is 'Left Edge of Deck', 'Left Load Distance from Left Ref. Location' is '0.98', 'Right Reference Location' is 'Right Edge of Deck', and 'Right Load Distance from Right Ref. Location' is '0.98'. Under 'Load Vertical Location', the text reads 'Top Slab is Loaded at Midheight of its Thinnest Portion'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 83 muestra las cargas peatonales añadidas tanto en el tramo derecho como en el tramo izquierdo.

Figura 83

Carga peatonal izquierda y derecha

The screenshot shows the 'Bridge Area Load Distribution Definition Data' dialog box. The 'Load Name' field contains 'PL IZQ'. The 'Units' dropdown is set to 'Kgf, m, C'. Under 'Load Direction', 'Load Type' is 'Force', 'Coordinate System' is 'GLOBAL', and 'Direction' is 'Gravity'. Under 'Load Value', both 'Left Edge Value' and 'Right Edge Value' are set to '415'. Under 'Load Transverse Location', 'Left Reference Location' is 'Left Edge of Deck', 'Left Load Distance from Left Ref. Location' is '0.', 'Right Reference Location' is 'Left Edge of Deck', and 'Right Load Distance from Right Ref. Location' is '0.98'. Under 'Load Vertical Location', the text reads 'Top Slab is Loaded at Midheight of its Thinnest Portion'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 84 muestra el puente que cuenta con 2 tramos a lo largo del eje vial, los cuales se dividen para cada tramo 38ml.

Figura 84

Definición de tramos

Bridge Object Data

Bridge Object Name: PUENTE CAJON
Layout Line Name: EJE VIAL
Coordinate System: GLOBAL
Units: Kgf, m, C

Define Bridge Spans

Span Label	Start Station m	Length m	End Station m	Start Support	End Support
TRAMO 2	38.	38.	76.	PILAR	ESTRIBO
TRAMO 1	0.	38.	38.	ESTRIBO	PILAR
TRAMO 2	38.	38.	76.	PILAR	ESTRIBO

Note: 1. Bridge object location is based on bridge section insertion point following specified layout line.

Bridge Object Plan View (X-Y Projection)

Modify/Show Assignments

- Spans
- User Discretization Points
- Abutments
- Bents
- In-Span Hinges (Expansion Jts)
- In-Span Cross Diaphragms
- In-Span Splices
- Superelevation
- Prestress Tendons
- Girder Rebar
- Staged Construction Groups
- Point Load Assigns

OK Cancel

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 85 muestra la asignación de diafragmas por tramos para todo el elemento estructural.

Figura 85

Asignación de diafragmas por tramo

Bridge Object In-Span Cross-Diaphragm Assignments

Bridge Object Name: PUENTE CAJON
Units: Kgf, m, C

In-Span Cross-Diaphragm Definition

Span	Diaphragm Property	Location	Bearing	Distance	Ref Line
TRAMO 2	DIAFRAGMAS	All Spaces	Default	19.	Layout Line
TRAMO 1	DIAFRAGMAS	All Spaces	Default	19.	Layout Line
TRAMO 2	DIAFRAGMAS	All Spaces	Default	19.	Layout Line

OK Cancel

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 86 se agrupan las clases vehiculares que asignamos como carga vehicular, en HL-93.

Figura 86

Clase de vehículo

Vehicle Class Data

Vehicle Class Name: HL-93

Define Vehicle Class

Vehicle Name	Scale Factor
HL-93S	1
HL-93K	1
HL-93M	1
HL-93S	1

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 87 se muestra la agrupación de las cargas de los vehículos en movimiento.

Figura 87

Agrupación de cargas vehiculares HL-93

Load Case Data - Moving Load

Load Case Name: CAMION MOV

Load Case Type: Moving Load

Stiffness to Use: Zero Initial Conditions - Unstressed State

Loads Applied

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	HL-93	1	0	0	All
	HL-93	1	0	0	

Directional Factors: Vertical (1.0), Braking/Acceleration, Centrifugal

Multilane Scale Factors

Number of Lanes Loaded	Reduction Scale Factor
1	1.2
2	1.0

Mass Source: MSSSRC1

Buttons: OK, Cancel

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

- **combinación de cargas LRFD**

La ecuación, presenta la combinación de cargas utilizamos la evaluación mediante el método LRFD con la formula a desarrollar de:

$$Mu = 1,25dc + 1,5dw + 1,75(1.33ll + ls) \quad (1)$$

Donde:

dc: Peso propio

dw: Peso Asfalto

ll: (Carga Viva Vehicular, Carga Impacto, Sobrecarga de Carril)

La figura 88 se muestra la combinación de cargas asignadas para aplicar el método LRFD.

Figura 88

Combinación de cargas LRFD

The screenshot shows the 'Load Combination Data' dialog box. The 'Load Combination Name' is 'LRFD' and the 'Load Combination Type' is 'Linear Add'. The 'Define Combination of Load Case Results' table is as follows:

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
BARANDA	Linear Static		1.25
DEAD	Linear Static		1.25
DW	Linear Static		1.5
CAMION MOV	Moving Load		1.75
PL	Linear Static		1.75

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 89 muestra la norma americana mediante el software CSI Bridge nos propone la evaluación de distintas resistencias. Optaremos por analizar la resistencia más crítica de la evaluación estructural en este caso es Strength I que es similar al método LRFD

Figura 89*Análisis de resistencia critico*

Code-Generated Load Combinations for Bridge Design - User Defined: AASHTO LRFD 2017

Limit States for which User Defined Load Combinations are to be Generated

Select Limit States

Strength I Strength II Strength III Strength IV Strength V

Extreme Event I Extreme Event II Service I Service II Service III

Service IV Fatigue I Fatigue II

Load Factors for Permanent and Transient Loads

Set Load Factors for Permanent and Transient Loads

Choose Load Cases to Use for Limit State

Limit State: Strength I

List of Load Cases

Load Case Name	Load Case Type	Design Load Type
MODAL	LinModal	Other

Show Only Load Cases with Valid Design Load Types

Load Cases for User Defined Load Combinations

Load Case Name	Load Case Type	Design Load Type
BARANDA	LinStatic	Dead Manufact
CAMION MOV	LinMoving	Vehicle Live
DEAD	LinStatic	Dead
DW	LinStatic	Wearing Surfac
LL	LinMSStat	Vehicle Live

Copy to: All

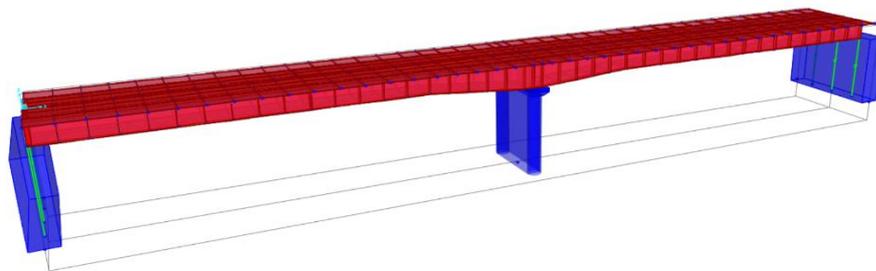
Show Load Case Definition...

Set Design Load Type...

OK Cancel

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 90 muestra la verificación de la estructura antes de correr el Software para verificar los resultados.

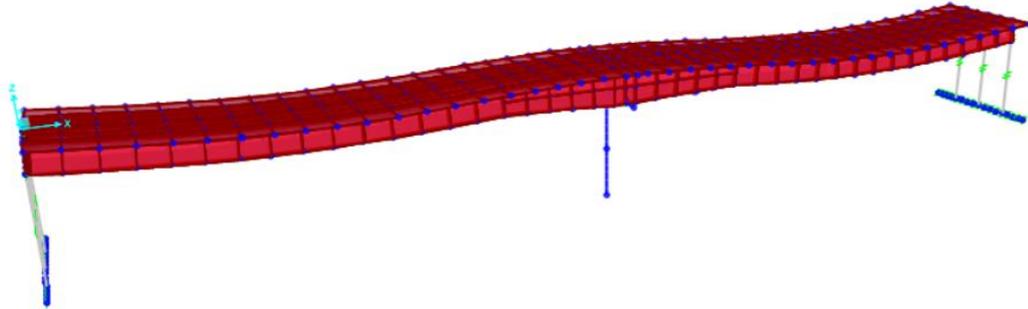
Figura 90*Análisis de resistencia critico*

Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

La figura 91 muestra el modelado final y ejecución mediante el software CSI bridge.

Figura 91

Modelamiento de software



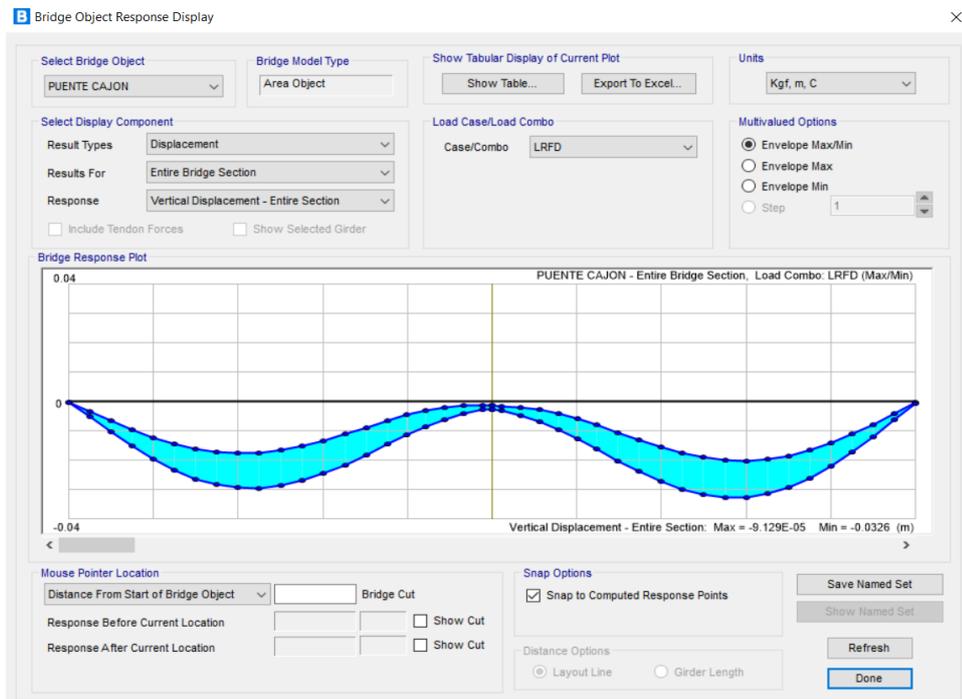
Nota. Adaptado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

4.4.2 resultados del análisis con el programa CSI Bridge

La figura 92 muestra el desplazamiento máximo que actúa sobre la estructura es de 32,60mm, resultado obtenido del software CSI Bridge.

Figura 92

Desplazamiento máximo actuante



Nota. Adaptado del resultado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

- **desplazamiento máximo permisible**

para calcular la resistencia máxima permisible para el puente se utiliza la formula por criterio normado:

$$Des. max. Resist. = tramo mas largo / 1000$$

Calculando:

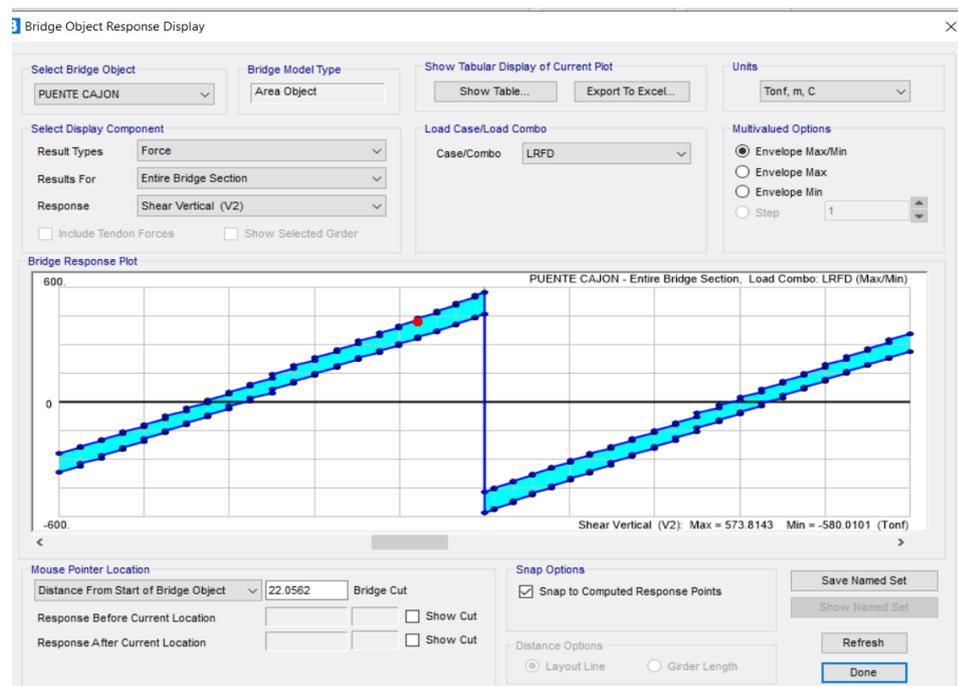
$$Desp. Maximo. Perm = \frac{38}{1000}$$

$$Desp. Maximo. Perm = 38mm$$

La figura 93 muestra la cortante máxima calculado por el programa CSI Bridge es de 580,01 tonf.

Figura 93

Cortante máxima actuante por el Software CSI Bridge



Nota. Adaptado del resultado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

- **cortante máximo resistente**

aplicando la fórmula de la resistencia máxima por cortante:

$$\phi V_c = \phi(0,53)(\sqrt{f'c})(b)(d) \quad (2)$$

donde:

$$\phi = 0,85$$

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 600 \text{ cm}$$

$$d = 140 \text{ cm}$$

Calculando:

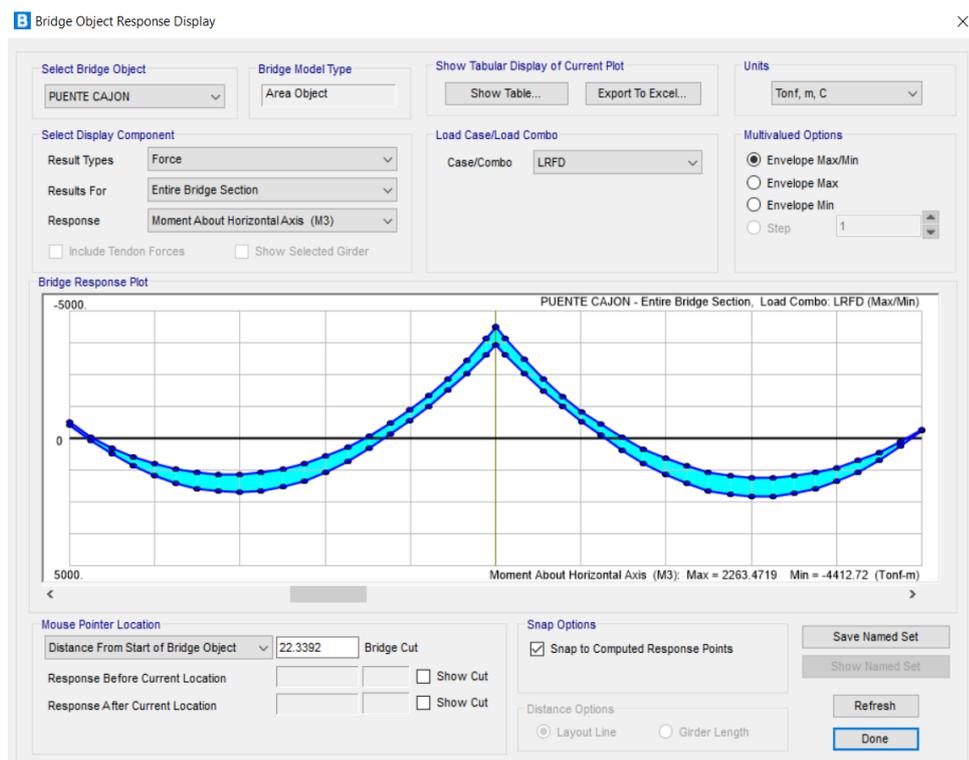
$$\phi V_c = 0,85(0,53)(\sqrt{f'c})(600)(140)$$

$$\phi V_c = 633,217 \text{ tonf}$$

La figura 94 muestra como el resultado obtenido por el programa es de 2263,4719 tonf-m.

Figura 94

Momento máximo actuante



Nota. Adaptado del resultado del análisis, diseño y modelado del puente Yaravico, mediante el software CSI bridge, 2022.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

Hipótesis específica general:

Mediante la evaluación estructural determinaremos el estado situacional del Puente Yaravico, ubicado en el distrito de Moquegua.

Respuesta a la Hipótesis general:

Se determino mediante los resultados del modelamiento por el software CSI Bridge presenta un desplazamiento de 32.60mm y de acuerdo a la norma el desplazamiento máximo es de 38mm, así mismo se tiene como resultado una cortante de 580.010 tonf y de acuerdo a la norma tenemos una cortante máxima de 633.217tonf, por tales resultados se concluye que el estado situacional actual del puente Yaravico se encuentra en optimas consideraciones estructural, pero para futuros periodos se deberá considerar un mantenimiento.

Una evaluación estructural de un puente es un proceso exhaustivo que tiene como objetivo determinar la integridad y seguridad de un puente. Incluye una inspección visual, pruebas de materiales, mediciones de deformaciones y análisis de carga para evaluar la capacidad del puente para soportar el tráfico y resistir factores como el clima y el tiempo. El objetivo es identificar cualquier debilidad o defecto que pueda afectar la seguridad del puente y proporcionar recomendaciones para su reparación o refuerzo si es necesario.

Hipótesis específica Nro. 01:

Debido a la salida del rio y los movimientos sísmicos ocurridos en la ciudad de Moquegua, el Puente Yaravico presenta daños en sus elementos estructurales.

Respuesta a la Hipótesis específica Nro. 01:

Se determino que los elementos estructurales como estribos, la pila central y viga presentaban severos daños ocasionados por la salida del rio Moquegua, como socavación en los pilares, acumulación de sedimentos traídos por el huaico en los estribos y desgaste por abrasión del concreto en losa, vigas y pilar central. Lo cual se concluye que el huaico si ocasiono daños en los componentes estructurales.

Los daños comunes que se pueden presentar en un puente incluyen:

- ✓ Corrosión de los materiales de construcción
- ✓ Deformaciones en las estructuras y vigas

- ✓ Deterioro de los materiales de revestimiento
- ✓ Desgaste en los componentes de conexión, como pernos y uniones
- ✓ Agrietamiento y desprendimiento en la superficie del puente
- ✓ Deslizamientos de tierra y erosiones debajo del puente
- ✓ Daños causados por eventos climáticos extremos, como huracanes y inundaciones
- ✓ Deterioro en las estructuras debido a la sobrecarga de tráfico.

Estos daños pueden afectar la integridad y seguridad del puente y es importante realizar una evaluación estructural periódica para detectarlos y tomar medidas para repararlos antes de que empeoren.

Hipótesis específica Nro. 02:

Conociendo las principales características de ingeniería, como su diseño y propiedades mecánicas, se evaluará mediante un análisis estructural del puente Yaravico del Distrito de Moquegua.

Respuesta a la Hipótesis específica Nro. 02:

Se pudo realizar un correcto modelamiento con el Software CSI Bridge, por las características de ingeniería tomadas fueron las adecuadas y no presenten problemas en el programa.

La verificación del análisis estructural de un puente es importante por varias razones:

Seguridad: Un análisis estructural preciso es crucial para garantizar la seguridad de las personas que cruzan el puente. La evaluación detecta cualquier debilidad o defecto en la estructura y permite tomar medidas para repararlos antes de que puedan poner en peligro la integridad del puente y la seguridad de los usuarios.

Confiabilidad: Un análisis estructural preciso también ayuda a garantizar que el puente sea confiable y cumpla con los requisitos de capacidad de carga. Esto es especialmente importante si el puente es parte de una ruta crítica de transporte y una falla en el puente podría tener graves consecuencias para la economía y la vida cotidiana.

Durabilidad: La verificación del análisis estructural también ayuda a garantizar la durabilidad del puente a lo largo del tiempo. Una evaluación precisa permite realizar mejoras y reparaciones en el momento adecuado, lo que ayuda a prolongar la vida útil del puente.

En resumen, verificar y actualizar el análisis estructural de un puente es crucial para garantizar su seguridad, confiabilidad, optimización de costos y durabilidad.

Hipótesis específica Nro. 03:

Mediante el método LRFD se determinará las fuerzas actuantes en el Puente Yaravico del Distrito de Moquegua.

Respuesta a la Hipótesis específica Nro. 03:

Con el método LRFD, fue posible determinar el peso de la superestructura, la subestructura y las fuerzas que actúan sobre la carga viva en movimiento debido al acceso de vehículos.

LRFD es un acrónimo que significa Load and Resistance Factor Design (Diseño basado en factores de carga y resistencia). Es un método de diseño estructural que se utiliza en la construcción de puentes y otros tipos de estructuras.

El método LRFD se basa en la idea de que los factores de carga y resistencia deben tener un margen de seguridad adecuado para garantizar la seguridad y la durabilidad de la estructura. En el método LRFD, se especifican factores de carga y factores de resistencia para los materiales y componentes estructurales. Se utiliza un análisis estático o dinámico para determinar las cargas y las deformaciones esperadas, y se comparan con los factores de resistencia para determinar si la estructura es adecuada.

El método LRFD es ampliamente utilizado en todo el mundo y se considera una alternativa más precisa y eficiente a los métodos de diseño estructural tradicionales. Permite una mejor comprensión de los riesgos y una mayor capacidad de predecir el comportamiento de las estructuras en situaciones de carga extremas. Esto a su vez permite una optimización más eficiente en términos de costos y una mayor durabilidad de la estructura.

CONCLUSIONES

Con base en los objetivos específicos y los objetivos generales, este trabajo presenta las siguientes conclusiones:

Debido a una inspección visual se identificó que el pilar central había sufrido socavación en la base del elemento estructural, debido a las fuertes lluvias que originaron el descenso del huaico del río Moquegua y el río Huaracane, llegando a afectar la superestructura (vigas y tablero) del puente Yaravico, así mismo se visualizó la acumulación de sedimentos en los estribos llegando hasta la parte superficial del elemento estructural.

Al realizar el levantamiento del terreno en campo se determinó que la luz del puente es de 76m, el cual se divide en dos partes; la sección transversal es de 9.2 m. Se puede usar una prueba de esclerómetro para determinar si el concreto es homogéneo al de diseño.

El análisis estructural del Puente Yaravico, por el método LRFD muestra que el momento flector máximo de la superestructura es de 2263.4719 tonf-m y la fuerza cortante aplicada es de 580.01 tonf.

Utilizando el software CSI BRIDGE para evaluar la superestructura del Puente Yaravico en el Distrito de Moquegua, se encontró que el puente cumple con la deflexión máxima permitida en el Manual de Puentes MTC.2018, ya que la deflexión máxima permitida es de 38 mm, pero el resultado del diseño modelado arroja un valor de 32.60mm

RECOMENDACIONES

Determinando las conclusiones extraídas, se propone las siguientes recomendaciones:

Se recomienda al MTC realizar un proyecto de mantenimiento estructural para evitar futuras fallas estructurales y de columnas del Puente Yaravico por los grandes movimientos sísmicos que se puedan presentar en la ciudad de Moquegua.

Se recomienda al MTC complementar la información de la presente tesis con pruebas de diamantina, ya que al momento de redactar este informe dicha prueba no era posible debido a que el permiso no fue brindado por parte de la MPMN por los tramites de transferencia por el cambio de gestión.

Se recomienda a los futuros estudiantes que realicen su trabajo de tesis complementen esta información con una revisión más detallada para los estribos y pilar central que mostro una socavación predominante por los daños ocasionados del huaico.

Se recomienda realizar los ensayos de carga en el puente por parte de la entidad que corresponda para verificar con más precisión las deflexiones máximas de la superestructura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero P. (2018). *“Puentes tipo cajón: un clásico vigente que surgió de una gran necesidad”*
<http://bloglanammeucr.blogspot.com/2018/03/puentes-tipo-cajon-un-clasico-vigente.html>
- Andina. (2019) *“MTC. vía alterna en Moquegua por puente Yaravico está habilitada para vehículos livianos”*
<https://andina.pe/agencia/noticia-mtc-via-alterna-moquegua-puente-yaravico-esta-habilitada-para-vehiculos-livianos-742335.aspx>
- Arenas (2022). *Evaluación estructural del puente reticulado quiquijana mediante el método LRFD, con prueba de carga estática y dinámica, cusco – 2021. Se desarrollo como objetivo principal la evaluación estructural del puente Quiquijana, ubicado en el distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchis, departamento de Cusco. [tesis para obtener el título profesional de ingeniera civil].*
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjX8Oaw4oj7AhUUr5UCHWVpDiMQFnoECBAQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.ucv.edu.pe%2Fhandle%2F20.500.12692%2F89915&usg=AOvVaw1ss1BEZ0zwHsenSwSrvrbv>
- Aronés y Cortés (2018). *Evaluación estructural del puente huracane con las especificaciones de diseño de puentes AASHTO LRFD 2012 y norma técnica peruana sismorresistente e.030 2016. [tesis para obtener el título profesional de ingenieracivil].*
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiVhfHg4oj7AhVelJUCHQs2APIQFnoECB8QAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorioacademico.upc.edu.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2F10757%2F623526%2FArones_VA.pdf%3Fsequence%3D5&usg=AOvVaw0jVC9X_Tj3EzYsLZTLbwZg
- ASBI INSTITUTE (2005). *“Wakota bridge update, Minnesota”*
<http://www.asbi-assoc.org/projects/project.cfm?articleID=5AE0D3B0-F1F6-B13E-8499DCE839DFCDC0&categoryIDs=44A57F74-F1F6-B13E-81940961706FF0A9&searchString=&mainPageNumber=7&resultsPerPage=20>

- Caín y Arcos (2016). *Evaluación estructural y funcional del puente cebadas, ubicado en el kilómetro 32 del tramo guamote-macas (ruta e46), aplicando la metodología del sistema de administración de estructuras de puentes, para su rehabilitación y conservación. [Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil]*.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjzxsyd4Yj7AhVngpUCHSSYCw8QFnoECAgQAQ&url=http%3A%2F%2Fspace.unach.edu.ec%2Fhandle%2F51000%2F569&usg=AOvVaw2RBVO-syE-jE4UtwNwqHTN>
- Fernández (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. [tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil]*.
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiAmMm_4Yj7AhV-ppUCHYWJA84QFnoECA8QAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.unjfsc.edu.pe%2Fhandle%2FUNJFSC%2F2727&usg=AOvVaw1u7Bu234-rGs_ESUkpQG8_
- Gago y Limache (2019). *Análisis comparativo del comportamiento estructural entre un puente extradosado y un puente atirantado de 220 metros de luz. [tesis para obtener el título profesional de ingeniera civil]*.
https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2672/CIV_T030_45619866_T%20%20%20LIMACHE%20FLORES%20JOS%C3%89%20NAZARIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García-Rossell (2006). “Análisis y diseño de puentes de concreto armado, Método AASHTO – LRFD”
- López y Salas (2017). *Evaluación e identificación de fallas estructurales en puentes peatonales en concreto armado, detectando las posibles causas y proponiendo acciones correctivas, en la localidad de Fontibón [Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil]*
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwifZva3Yj7AhUoH7kGHfl7CVoQFnoECBYQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.ucatolica.edu.co%2Fbitstream%2F10983%2F14494%2F1%2FTRABAJO%2520DE%2520GRADO%2520-%2520FINAL%2520->

%252017%2520DE%2520MAYO%2520DE%25202017.pdf&usg=AOvVaw2C360Fw6lrM_1tYqKeQ0Zy

Macedo (2018). *Evaluación estructural mediante el método LRFR en puentes de concreto y reforzamiento en el puente chancay. [tesis para obtener el título profesional de ingeniera civil].*
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjJpLD74Yj7AhWZIJUCHRYUD1kQFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2F repositorio.ucv.edu.pe%2Fhandle%2F20.500.12692%2F35524&usg=AOvVaw2vOL7lkukudU4k2ueziKdm>

MTC (2018). *“Manual de Puentes”*

Rodríguez A. (2020). *“Puentes con AASHTO LRFD 2020 (9th edición)”*

Rodríguez (2021). *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. [tesis para obtener el título profesional de ingeniera civil].*
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjCglHN4oj7AhXcppUCHRZiC5IQFnoECBAQAQ&url=https%3A%2F%2F repositorio.continental.edu.pe%2Fhandle%2F20.500.12394%2F11071&usg=AOvVaw1f1LJXDZhvVVrJZkGXgPY5>

Wikimedia C. (2018). *“BART train in west Oakland”*

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BART_train_in_West_Oakland,_June_2018.JPG

Yepes V. (2017) *“Procedimiento de construcción de puentes viga de hormigón pretensado”*

<https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/puente-viga/>

Zapata (2018) *Evaluación del puente sobre el rio ocoa utilizando la metodología de inspección principal (visual) de puentes de concreto reforzado en servicio según manual de invias. [presentado como requisito de grado para optar al título de especialista en patología de la construcción].*
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwipxoCy4lj7AhWWjZUCHYKTB0MQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2F repository.usta.edu.co%2Fhandle%2F11634%2F10169&usg=AOvVaw3H7zMskE3I3gqP_IYA_gF7

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“EVALUACION ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL ESTADO SITUACIONAL DEL PUENTE YARAVICO, DISTRITO MOQUEGUA, MOQUEGUA 2022”

Problema General	Objetivos	Hipótesis.	Variables	Indicadores	Métodos
<p>Principal</p> <p>¿Cuál es la evaluación estructural para determinar el estado situacional del puente Yaravico del Distrito de Moquegua, año 2022?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Realizar la evaluación estructural y el estado situacional del puente Yaravico en la ciudad de Moquegua</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Mediante la evaluación estructural determinaremos el estado situacional y el grado de seguridad estructural del Puente Yaravico, ubicado en el distrito de Moquegua</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>- Evaluación estructural</p>	<p>- Desplazamiento - Resistencia Estructural - Momento máximo - Fuerza cortante - Ensayo con eclerometro</p>	<p>1. Tipo y nivel de investigación - Tipo de investigación Aplicativa Nivel de investigación Descriptivo</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>a. ¿Cuál es la situación actual IN SITU del puente Yaravico del Distrito de Moquegua?</p> <p>b. ¿Qué características principales de la ingeniería podemos verificar del puente Yaravico de la ciudad de Moquegua?</p> <p>c. ¿Cuáles son las fuerza que actúan en el puente Yaravico mediante el método LRFD?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>a. evaluar la situación actual IN SITU del puente Yaravico en la Ciudad de Moquegua</p> <p>b. Identificar las características principales de ingeniería del puente Yaravico de la Ciudad de Moquegua</p> <p>c. Determinar las fuerzas que actúan en el puente Yaravico mediante el método LRFD</p>	<p>Hipótesis Específicos</p> <p>a. Debido a la salida del río y los movimientos sísmico en la ciudad de Moquegua, el Puente Yaravico presenta daños en sus elementos estructurales</p> <p>b. Conociendo las principales características de ingeniería, como su diseño y propiedades mecánicas, se evaluará mediante un análisis estructural del puente Yaravico del Distrito de Moquegua.</p> <p>c. Mediante el método LRFD se determinará las fuerzas actuantes en el Puente Yaravico del Distrito de Moquegua</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>- Puente Yaravico</p>	<p>- Sistema estructural - Tipo de material - Objetivo funcional - Geometría</p>	<p>2. Diseño de Investigación - Tipo no experimental y es una investigación transversal</p> <p>3. Población y muestra - Población, objeto al estudio, compuesto por los puentes de la Región Moquegua - La muestra lo conforma el puente Yaravico del Distrito de Moquegua</p> <p>4. Acciones y actividades - Verificación en campo - recolección y análisis de datos - Desarrollo de la Tesis - Informe Final - Sustentación de la Tesis</p> <p>5. Instrumentos - Planos - Fotografías - Software de diseño - Equipos para obtener los datos</p>

Anexo 2. Resultados de ensayos de esclerómetro



LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

RUC 20447454379
REGISTRO DE CONSULTOR C-2504
Calle Gran Nº 127 Moquegua
CEL 953692383
fpaucar@gmail.com
Av. Industrial Nº 712 APIMA Arequipa

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDARD TESTING PENETRATION (STP)
COMPRESSION TEST/PLACA DE CARGA
CER EN LABORATORIO/EN CAMPO
PROCTOR
ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS
EXCLEROMETRÍA
COMPRESION DE PROJETAS
COMPRESION DIAGONAL EN MURTE ALB.
DYNAMIC PROBING PENETRATION (DPP)
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN PLETES
PERFORACION DIAMANTINA

TESIS : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL PARA DETERMINAR EL ESTADO SITUACIONAL DEL PUENTE YARAVICHO, DISTRITO MOQUEGUA, MOQUEGUA 2022

SOLICITA : Bach. JEAN ANTHONY CHICALLA MAMANI
Bach. CRISTHIAN ELVIS ROQUE QUISPE

UBICACIÓN : PUENTE YARAVICHO - DISTRITO MOQUEGUA- DEPARTAMENTO MOQUEGUA

FECHA : 10 ENERO 2023

RESULTADO DE ENSAYO DE ESCLEROMETRO

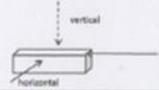
399.181 ASTM C 805

NORMA TECNICA NTP

REFERENCIA DEL ESCLEROMETRO : MAFICA PROCEQ S.A. SWITZERLAND
CERTIFICATE ACCURACY CALIBRACION

ITEM	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN de aplicación del martillo	VALORES OBTENIDOS INDICE DE REBOTE															PROMEDIO INDICE DE REBOTE	SMA esclerómetro PSI	Resistencia kg/cm ²	OBS.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
1	E-1	ESTRIBO IZQUIERDO (ADELANTE)	HORIZONTAL	40	39	39	40	39	38	40	38	38	38	40	40	38	40	39.1	4766	335		
2	E-2	ESTRIBO IZQUIERDO (ATRÁS)	HORIZONTAL	42	42	43	45	43	40	42	39	42	42	42	45	40	43	41	42.1	5445	383	
3	E-3	VIGA (ADELANTE)	VERTICAL	46	47	47	48	47	46	45	48	47	45	46	48	48	48	46.8	5547	390		
4	E-4	VIGA (ATRÁS)	VERTICAL	49	47	48	48	47	47	48	47	49	47	49	45	45	47	45	47.3	5810	406	
5	E-5	PILAR (LADO DERECHO) - (ADELANTE)	HORIZONTAL	40	41	40	42	40	42	40	40	41	41	39	39	40	40	42	40.5	5171	354	
6	E-6	PILAR (LADO IZQUIERDO) -(ATRÁS)	HORIZONTAL	41	43	40	41	39	41	40	42	42	39	38	39	40	42	42	40.8	5243	369	
7	E-7	ESTRIBO DERECHO (ADELANTE)	HORIZONTAL	39	38	38	37	37	39	39	38	38	36	37	37	38	39	38	37.9	4699	330	
8	E-8	ESTRIBO DERECHO (ATRÁS)	HORIZONTAL	39	38	38	37	37	38	39	39	38	37	38	38	37	38	39	38.0	4630	325	
9	E-9	VIGA (LADO IZQUIERDO)-(ADELANTE)	HORIZONTAL	43	41	43	40	42	41	40	42	41	42	43	41	43	43	42	41.8	5421	381	
10	E-10	VIGA (LADO IZQUIERDO)-(ATRÁS)	HORIZONTAL	41	42	41	42	42	42	40	42	40	41	40	42	41	42	41	41.3	5462	384	

REMARKS:



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL



FEDERICO PAUCAR TITO INGENIERO CIVIL, REGISTRO CP 149410

RUC 20447454379

fpaucar@gmail.com
CALLE GRAN Nº 127 MOQUEGUA
AV. INDUSTRIAL Nº 712 APIMA AREQUIPA

CA 81992832 gsm

Anexo 3. Informe de verificación



INFORME DE VERIFICACIÓN

Laboratorio FUERZA Código: E1910-3441A-2022-1

a. Solicitante: FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.

b. Dirección solicitante: CALMIGUEL GRAU NRO. 127 INT. 1
MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

c. Instrumento de medida: Esclerómetro analógico

d. Marca: SOILTESTE INC.

e. Modelo: No indica

f. Numero de serie: No indica

g. Identificación: LJ-4379

h. Lugar de la verificación: Laboratorio de Fuerza de LO JUSTO S.A.C.

i. Fecha de ejecución: 2022-09-06

j. Supervisor de Laboratorio: Gian Carlos, Malca Correa
Supervisor de Laboratorio

k. Signatario autorizado:

 Jose Luis Rosales Saavedra
CONTROL OPERACIONES
Fecha: 2022/09/06 12:49
 

Este informe de verificación solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de LO JUSTO S.A.C.
Informe sin firma digital carecen de validez.

FT00-INRE-Edición digital 00

Jr. Huánuco N° 204 - Semi Rural Pachacutec - Cerro Colorado - Arequipa - Perú
www.lojusto.com

Pagina 1 de 2

Laboratorio FUERZA Código: E1910-3441A-2022-1

1 Información del instrumento

Int. Indicación : 10 - 100 (Índice de rebote)

Resolución: 2 (Índice de rebote)

2 Trazabilidad :

- Bloque cilíndrico, con reporte de Análisis D-001

3 Procedimientos:

- ASTM C805/C805 M-18. *6. Apparatus*; Método de prueba estándar para el número de rebote de hormigón endurecido. Ed. 2017

4 Resultados de verificación

VALOR DE REFERENCIA	INDICACIÓN DEL INSTRUMENTO	CORRECCIÓN	ERROR MÁXIMO PERMITIDO
R	R	R	R
37,5	40	-2,5	--

R: Índice de rebote

5 Notas y aclaraciones:

- El instrumento fue ensayado en la posición 90°.
- Se colocó al instrumento una etiqueta de color verde en señal de su verificación.

6 Observaciones y comentarios:

- sin observaciones.

** FIN DEL DOCUMENTO **