

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TESIS

“Optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán – Huánuco - 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Garcia Ortiz, Fiorella Flor

ASESOR: Tuanama Lavi, Jose Wicley

HUÁNUCO – PERÚ

2024



U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

D

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73016255

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 05860064

Grado/Título: Maestro en gerencia pública

Código ORCID: 0000-0002-5148-6384

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible.	41891649	0000-0001-8392-1769

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 11:00 horas del día **jueves 03 de octubre de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- | | |
|--|------------|
| ✓ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS | PRESIDENTE |
| ✓ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA | SECRETARIA |
| ✓ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2078-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL PUENTE CARROZABLE PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN EL DISTRITO DE SAN FRANCISCO DE CAYRÁN-HUÁNUCO-2024", presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Fiorella Flor GARCIA ORTIZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **Aprobado** por **Unanidad** con el calificativo cuantitativo de **16** y cualitativo de **BUENO** (Art. 47).

Siendo las **11:50am** horas del día **03 del mes de octubre** del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS

DNI: 40895876

ORCID: 0000-0001-7920-1304

PRESIDENTE

MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA

DNI: 73645168

ORCID: 0009-0001-0745-5433

SECRETARIO (A)

MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO

DNI: 41891649

ORCID: 0000-0001-8392-1769

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: FIORELLA FLOR GARCIA ORTIZ, de la investigación titulada "Optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el Distrito de San Francisco de Cayrán-Huánuco-2024", con asesor JOSÉ WICLEY TUANAMA LAVI, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0996-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 17 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 02 de septiembre de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

14. GARCIA ORTIZ FIORELLA FLOR.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

vdocuments.es

Fuente de Internet

2%

4

distancia.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repository.unipiloto.edu.co

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A mis padres; Mauricio García y Paulina Ortiz, quienes han sido mi mayor fuente de apoyo, inspiración y fortaleza a lo largo de este viaje. Gracias por su amor incondicional, sacrificio, por creer en mí y por estar a mi lado en cada paso del camino.

A mis queridos hermanos Ruth, Juler, Pilar y Susana, quienes han sido mi soporte, mi fuente de alegría y mis más cercanos confidentes. Su amor, compañía y comprensión han sido pilares fundamentales en mi camino.

A mi mascota Bizcocho por su compañía inquebrantable y su amor incondicional. Su presencia en mi vida ha sido una fuente constante de alegría, confort y apoyo emocional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su guía constante y su apoyo en los momentos de dificultad.

A mis padres y familiares, cuyo amor y respaldo incondicional han sido una fuente inagotable de inspiración.

A mis amigos, quienes han estado a mi lado compartiendo risas, lágrimas y momentos inolvidables a lo largo de este viaje.

A mis profesores, por transmitir sus conocimientos y sabiduría, y por el apoyo esencial y la confianza brindada.

A todos aquellos que han contribuido de alguna manera a mi trayectoria académica, les agradezco sinceramente.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	15
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.5.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	15
1.5.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	16
1.5.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	16
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	17
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	18
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES.....	21
2.2 BASES TEÓRICAS	21
2.2.1 PUENTE.....	21
2.2.2 PARTES DEL PUENTE	22
2.2.3 TIPOLOGÍA DE PUENTES	22

2.2.4	DE ACUERDO CON EL SISTEMA ESTRUCTURAL PRINCIPAL	
	24	
2.2.5	SEGÚN EL TIEMPO DE VIDA	29
2.2.6	PUENTE TIPO LOSA.....	29
2.2.7	ESTADOS LÍMITE.....	30
2.2.8	DUCTILIDAD.....	30
2.2.9	REDUNDANCIA.....	30
2.2.10	IMPORTANCIA OPERATIVA.....	31
2.2.11	CARGAS Y FACTORES DE CARGA	31
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES	37
2.4	HIPÓTESIS.....	37
2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL	37
2.4.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	38
2.5	VARIABLES	38
2.5.1	VARIABLE DEPENDIENTE	38
2.5.2	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	38
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	39
CAPÍTULO III.....		40
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		40
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	40
3.1.1	ENFOQUE	40
3.1.2	ALCANCE O NIVEL	40
3.1.3	DISEÑO	40
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.2.1	POBLACIÓN	40
3.2.2	MUESTRA.....	41
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	41
3.3.1	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41
3.3.2	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	42
3.3.3	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS..	43
CAPÍTULO IV.....		44
RESULTADOS.....		44
4.1.	PROCEDIMIENTO DE DATOS	44
4.1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	44

4.1.2	DISEÑO DEL PUENTE	44
4.1.3	DISEÑO DE LOSA CENTRAL	63
4.1.4	DISEÑO DE LOSA DE BORDE	65
4.2.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS..	68
CAPÍTULO V.....		70
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		70
5.1	CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS.....	70
CONCLUSIONES		71
RECOMENDACIONES.....		72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		73
ANEXOS.....		77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes de un puente	22
Figura 2 Sección transversal: Tablero con Viga I.....	25
Figura 3 Sección transversal: viga cajón.	25
Figura 4 Arco de tablero superior.....	26
Figura 5 Arco de tablero intermedio.....	26
Figura 6 Arco de tablero inferior.....	26
Figura 7 Pórtico de columnas incluidas	27
Figura 8 Puente tipo pórtico.....	27
Figura 9 Puente suspendido	28
Figura 10 Sección transversal de viga de rigidez tipo celosía	28
Figura 11 Sección transversal de viga de rigidez tipo cajón	28
Figura 12 Partes del puente tipo losa	30
Figura 13 Características del camión de diseño	33
Figura 14 Dimensiones en sección transversal del puente.....	45
Figura 15 Sección transversal del puente.....	46
Figura 16 Propiedades de material	48
Figura 17 Sección de peralte de losa.....	49
Figura 18 Patrones de carga.....	49
Figura 19 Datos de carril.....	50
Figura 20 Asignación de vehículos	50
Figura 21 Asignación de factor de escala de vehículos	51
Figura 22 Caso de carga para 01 carril cargado.....	51
Figura 23 Caso de carga para más de un 01 carril cargado	52
Figura 24 Asignación de las combinaciones de carga.....	52
Figura 25 Carga distribuida del peso de asfalto.....	53
Figura 26 Momento máximo para 01 CC	53
Figura 27 Cortante máxima para 01 cc.....	53
Figura 28 Momento máximo para más de 01 CC	54
Figura 29 Cortante máxima para más de un 01 cc	54
Figura 30 Momento máximo para 01 CC	54
Figura 31 Cortante máxima para más de un 01 CC.....	54
Figura 32 Momento máximo para más de 01 CC	55

Figura 33 Cortante máxima para más de un 01 CC.....	55
Figura 34 Propiedades de material	56
Figura 35 Sección de peralte de losa.....	56
Figura 36 Patrones de carga.....	57
Figura 37 Datos de carril.....	57
Figura 38 Asignación de vehículos	58
Figura 39 Asignación de factor de escala de vehículos	58
Figura 40 Caso de carga para el vehículo	59
Figura 41 Asignación de las combinaciones de carga	59
Figura 42 Carga distribuida del asfalto	60
Figura 43 Carga distribuida de la vereda	60
Figura 44 Carga distribuida de la baranda.....	60
Figura 45 Carga distribuida de la sobrecarga peatonal	60
Figura 46 Momento máximo para la franja de borde	61
Figura 47 Cortante máxima para la franja de borde.....	61
Figura 48 Momento máximo para la franja de borde	61
Figura 49 Cortante máxima para la franja de borde.....	62
Figura 50 Detalles de acero de franja central	65
Figura 51 Detalles de acero de franja de borde	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro evolutivo de los puentes	21
Tabla 2 Factor de presencia múltiple	35
Tabla 3 Sistema de variables-dimensiones e indicadores	39
Tabla 4 Resumen de efectos de carga viva	42
Tabla 5 Resumen de reacciones máximas	42
Tabla 6 Propiedades de materiales	44
Tabla 7 Geometría de puente	44
Tabla 8 Factores de modificación de cargas	45
Tabla 9 Resumen de momentos y cortantes máximos a usar para franja central	62
Tabla 10 Resumen de momentos y cortantes máximos a usar para franja de borde.....	62
Tabla 11 Resumen de refuerzos.....	68

RESUMEN

La investigación de esta tesis se enfocó en el diseño de un puente carrozable de concreto armado tipo losa, se abordó cuestiones fundamentales como la selección del tipo de superestructura adecuada y la disposición del refuerzo del acero en la losa. Es importante investigar a fondo estos componentes cruciales para el éxito de cualquier proyecto de construcción de puente.

En el desarrollo de esta investigación, se evaluó cómo el tipo de estructura afecta la circulación del tráfico, destacando la importancia de seleccionar la solución más adecuada para cada situación particular. Asimismo, se revisaron las normativas del Manual de puentes, que orientan el diseño y la construcción de puentes carrozables que sean seguros y duraderos.

Uno de los aspectos más principal de la investigación ha sido la distribución del acero en la losa del puente, donde se empleó tecnologías modernas como el uso del software SAP2000 para calcular las cargas y, además, se ha ideado una técnica manual para lograr una distribución adecuada del acero, en el diseño se amplió la calzada a dos carriles, el ensanchamiento de las veredas y aumento de la altura de las barandas.

Como resultado se tiene un impacto positivo tanto en la seguridad del tránsito vehicular como en el acceso peatonal, la adición de un segundo carril en la calzada aumenta la capacidad de la vía, reduciendo la congestión y mejorando la fluidez del tráfico, lo que no solo facilita los desplazamientos de los vehículos sino que también contribuye a la eficacia del transporte, esta investigación permitió examinar en profundidad el diseño de la losa, maximizando el aprovechamiento del material y asegurando la integridad estructural.

Palabras claves: Puente carrozable, concreto armado, superestructura, diseño estructural, losa, transitabilidad.

ABSTRACT

The research of this thesis focused on the design of a slab-type reinforced concrete carriage bridge, addressing fundamental issues such as the selection of the appropriate type of superstructure and the arrangement of the steel reinforcement in the slab. It is important to thoroughly research these crucial components for the success of any bridge construction project.

In the development of this research, how the type of structure affects traffic circulation was evaluated, highlighting the importance of selecting the most appropriate solution for each particular situation. Likewise, the regulations of the Bridge Manual were reviewed, which guide the design and construction of safe and durable carriage bridges.

One of the most main aspects of the research has been the distribution of steel in the bridge slab, where modern technologies such as the use of SAP2000 software to calculate the loads were used and, in addition, a manual technique has been devised to achieve an adequate distribution of the steel, in the design the roadway was extended to two lanes, the widening of the sidewalks and increase in the height of the railings.

As a result, it has a positive impact on both vehicular traffic safety and pedestrian access, the addition of a second lane on the roadway increases the capacity of the road, reducing congestion and improving traffic flow, which not only facilitates vehicle movements but also contributes to the efficiency of transport, this research allowed for an in-depth examination of the slab design, maximizing material utilization and ensuring structural integrity.

Key words: Carriage bridge, reinforced concrete, superstructure, structural design, slab, trafficability.

INTRODUCCIÓN

Los puentes carrozables son elementos clave en la infraestructura de transporte que une zonas, permite el comercio y mejora la calidad de vida de las comunidades. Estas construcciones son cruciales para el crecimiento económico y social de todo país, facilitando el acceso a las zonas rurales, la expansión de los mercados y el fortalecimiento de la comunicación entre ciudades y regiones. En este entorno, el diseño de puentes carrozables se convierte en una cuestión crítica que requiere un enfoque multidisciplinar, así como amplios conocimientos de ingeniería civil. Esta investigación se centra en el estudio y desarrollo de un puente de hormigón armado tipo losa para carruajes, un componente crítico de las infraestructuras viarias que se enfrenta a continuas dificultades en términos de movilidad, sostenibilidad y seguridad, abordamos esta cuestión con el objetivo de diseñar una estructura que no sólo resista los pesos y las exigencias del tráfico, sino que también satisfaga las expectativas de las comunidades a las que sirve.

Los puentes de losa de concreto armado son una alternativa flexible y duradera en el panorama de la ingeniería de puentes. Su diseño y construcción requieren un sólido conocimiento de los conceptos de ingeniería estructural, así como una comprensión completa de los elementos que intervienen en la selección del tipo de superestructura y en la distribución eficaz del acero. La selección de la superestructura adecuada repercute directamente en la capacidad portante y el movimiento del tráfico, mientras que la distribución del acero asegura tanto la resistencia como la durabilidad de la losa del puente.

El estudio se centró en tres objetivos clave. En primer lugar, se analizó cómo el tipo de infraestructura afecta la fluidez del tráfico dentro del contexto del diseño de un puente. En segundo lugar, se evaluaron los parámetros, propiedades y normas que determinan la construcción de puentes transitables de hormigón armado para asegurar su seguridad y funcionamiento. Finalmente, para desarrollar una distribución adecuada del acero en la losa del puente, se utilizó una técnica completa que emplea tanto sofisticadas herramientas computacionales, como SAP2000, como métodos manuales.

El objetivo de esta tesis es avanzar en el conocimiento y la práctica del diseño de puentes carrozables aportando conclusiones y sugerencias basadas en la experiencia práctica y el rigor científico. No sólo se quiere crear puentes que conecten geografías, sino también mejorar la seguridad vial, la eficiencia del transporte y la sostenibilidad, todo ello maximizando los recursos disponibles en cada proyecto de construcción. Esta investigación permitió sumergirnos en el intrincado e interesante ámbito de la ingeniería de puentes, esperando que los resultados sean útiles para la comunidad de ingenieros civiles y para la sociedad en su conjunto.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El Distrito de San Francisco de Cayrán, al igual que muchas otras zonas, se encuentra enfrentando desafíos significativos en cuanto a la infraestructura vial, especialmente en lo que concierne a la capacidad estructural adecuada de sus puentes para asegurar un funcionamiento óptimo. Estos puentes desempeñan un papel decisivo en la conectividad y en la posibilidad de que las comunidades locales tengan acceso, lo que facilita tanto el transporte de individuos y recursos como el desarrollo económico y social en la región.

Según Espinoza (2018) mencionan que en nuestro país existen diversas estructuras que actúan como conectores en áreas urbanas, particularmente en ubicaciones donde dos áreas diferentes están distanciadas por cuerpos de agua como ríos, arroyos, lagos, riachuelo, etc. Actualmente se reconoce que la ausencia de rutas de tránsito tanto nacionales como internacionales conlleva consecuencias serias, como el aislamiento de las ciudades y la falta de comunicación, por lo que la demora es considerable tanto como social, económico y cultural, esto se debe a que los productos generados en las áreas agrícolas suelen destinarse al consumo local, limitando así su distribución continua fuera de la región. Este fenómeno genera un desequilibrio social que puede resultar en carencias en educación y en el acceso a necesidades básicas. Estos puentes a la población puede ayudarlos en su comunidad, logrando así su uso efectivo.

El área de estudio se localiza en el distrito de San Francisco de Cayrán, provincia y región de Huánuco. En esta región, los meses de lluvia abarcan de noviembre a abril, lo que origina que el caudal del río Huancachupa incremente durante ese período.

Por lo tanto, el problema principal abordado en esta tesis es la urgente necesidad de optimizar el diseño del puente carrozable en el distrito de San Francisco de Cayrán. Mejorar estos diseños es crucial para optimizar el comportamiento estructural de los puentes, garantizando su seguridad y durabilidad, y promoviendo una movilidad eficiente y segura para los residentes y las actividades económicas locales.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo realizar la optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán-Huánuco - 2024?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cómo influye el tipo de superestructura en el diseño del puente carrozable a la movilidad del tráfico en el puente carrozable, San Francisco de Cayrán - Huánuco - 2024?

¿Cuáles son los diferentes parámetros, características y normas que guían en el diseño de concreto armado del puente carrozable, San Francisco de Cayrán – Huánuco - 2024?

¿Cómo realizar la distribución de acero en el diseño de concreto armado del puente carrozable, San Francisco de Cayrán – Huánuco - 2024?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Realizar la optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán - Huánuco – 2024.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la influencia del tipo de superestructura en el diseño del puente carrozable a la movilidad del tráfico en el puente carrozable, San Francisco de Cayrán - Huánuco – 2024.

Determinar los diferentes parámetros, características y normas que guían en el diseño de concreto armado del puente carrozable, San Francisco de Cayrán – Huánuco – 2024.

Realizar la distribución de acero en el diseño de concreto armado del puente carrozable, San Francisco de Cayrán – Huánuco – 2024.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El puente en cuestión es de gran importancia para la población del distrito de San Francisco de Cayrán, ya que constituye su principal conexión con diversos centros poblados y con la plaza de armas del distrito. Por tanto, es crucial llevar a cabo este estudio para evaluar e

identificar los aspectos relevantes en el diseño de concreto armado del puente carrozable. La utilización del software Sap2000 v14 permitirá un análisis detallado y preciso, justificando así la necesidad de este estudio para garantizar la seguridad y funcionalidad del puente.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En la actualidad, la ingeniería civil ha ampliado mucho sus campos, uno de los cuales es la ingeniería estructural y sísmica, y también incluye puentes que promueven el desarrollo y la conectividad, por lo que se utiliza como fuente teórica el Manual de Diseño de Puentes (2018) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y AASHTO LRFD Bridge Design Manual (9ª ed. 2020) esencial en el campo.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Esta investigación se centra en el diseño de puentes de losa de concreto armado, que juegan un papel crucial en la sociedad debido a su capacidad para mejorar la infraestructura de transporte y facilitar la conexión entre distintas áreas. El diseño adecuado de puentes no sólo mejora la seguridad vial, sino también la movilidad, la eficiencia del transporte, la sostenibilidad al maximizar los recursos, y el desarrollo de la comunidad al abrir nuevas perspectivas económicas, se justifica por mejorar la calidad de vida individual y el avance de la comunidad mediante infraestructuras de transporte seguras y eficientes.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio presentó la siguiente limitación: Alto costo de la licencia del software Sap200 v14.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es viable ya que se usará el software Sap2000 v14 como herramienta principal, donde el cual se hará el modelado y análisis del puente carrozable, además de que se usarán parámetros que serán extraídos del Manual de Diseño de Puentes (2018) y la Norma AASHTO LRFD Bridge Design Manual (2020).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Carrillo y Lozano (2018) en su tesis titulado: “Diseño en concreto reforzado del nuevo puente “Las Delicias” para la conexión de los municipios de Alpujarra y Baraya bajo la norma colombiana de puentes LRFD CCP-14”; presentada a la Universidad Católica de Colombia, el propósito de esta tesis fue la creación de un nuevo puente para abordar los problemas estructurales de uno existente, este puente tenía problemas como cables deteriorados, una capa superficial en mal estado que luego fue reemplazada por tableros de madera, y deformación cíclica en su marco estructural debido a las cargas de tráfico, lo que aceleró el desgaste de las estructuras metálicas, en las conclusiones, se destaca que esta obra ha mejorado significativamente la actividad comercial y, como resultado, ha tenido un impacto positivo en la economía regional. Además, es importante señalar que el costo de implementar esta solución fue menor que el costo de construir un nuevo puente desde cero.

Rivera, Gutiérrez y Trujillo (2021) en su artículo científico titulado: “Propuesta de diseño estructural del puente Flandes - Parque Central” en el municipio de Pasca Cundinamarca mediante un diseño en la losa maciza en concreto con vigas fundamentado en la norma CCP-14; presentada a la Universidad Piloto de Colombia, el objetivo principal de esta tesis fue desarrollar el diseño del puente "Flandes – Parque Central" ubicado en Pasca, Cundinamarca, este puente se encontraba en un estado deficiente debido a la falta de mantenimiento y al uso constante, el diseño propuesto consistió en un puente de concreto armado, con una superestructura que incluía una losa de viga completa, y una infraestructura que constaba de postes de apoyo y una pila central, para el diseño se aplicaron conceptos fundamentales de la norma CCP-14, inicialmente, se realizó un diseño preliminar del puente que incluía un carril, un ciclo-pista y una acera. Este diseño fue evaluado bajo diferentes condiciones, incluyendo cargas dinámicas y estáticas, para determinar el

ancho de la viga y los valores del espesor de la placa, posteriormente, se realizaron cálculos para determinar la cantidad de acero de refuerzo necesario, siguiendo las pautas estipuladas en el proyecto correspondiente, finalmente, se realizó un análisis completo empleando el software estructural SAP 2000.

Martín (2019) en proyecto de fin de grado titulado: “Estudio paramétrico del comportamiento estructural de puentes arco”; presentada a la Universidad de Sevilla, en su investigación, su objetivo era discutir la veracidad a partir del análisis, cuál o cuán grande puede ser el efecto de la deformación de los puentes arqueados. Comparando sus resultados, se comprobó que en su procesamiento se utilizó el software Microsoft Excel, donde se elaboraron los gráficos y tablas correspondientes. A través del modelado, investigó los efectos de las distorsiones en el comportamiento estructural y los fenómenos de flexión. Se concluyó que mientras más distorsiones existan, la estructura contará con una mayor flexibilidad.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Flores y More (2018) en su tesis titulado: “Estudio del uso de sellador, varillas platinas y mantas de fibra de carbono, en el comportamiento de la losa de concreto armado de tablero del puente en el río Mantaro, en los distritos de Chilca, tres de Diciembre, provincias de Huancayo, Chupaca, región Junín 2017”; presentada a la Universidad Peruana del Centro, el objetivo de esta investigación es analizar cómo distintos elementos de refuerzo afectan la resistencia y durabilidad de la placa del puente, se busca determinar cómo estos elementos influyen en el comportamiento de la losa del puente y analizar el impacto de diferentes niveles de adhesión del filamento de carbono en esta interacción, además, se investiga cómo la aplicación de sellador puede influir en la durabilidad estructural del puente, la metodología empleada es de tipo experimental aplicado, y el área de estudio se concentra en el tablero del puente que se encuentra en el río Mantaro, este tablero incluye diversos componentes, como perfiles longitudinales, transversales, losa de hormigón, barandales, aceras y cables, ubicados en las regiones de Tres de Diciembre, Chilca, Chupaca y Huancayo, en la región Junín, se utilizó

un enfoque de observación no probabilística en las unidades de observación, que en este caso corresponden a las losas de hormigón armado del puente, como resultado de este estudio señala que el refuerzo más efectivo para el tablero del puente es la incorporación de fibra de carbono, debido a su facilidad de aplicación y al rendimiento superior que proporciona en términos de resistencia a la carga de rotura y tensión de flexión, en conclusión, el proceso de instalación de las varillas, placas y tejidos de fibra de carbono sobre la placa del puente se realizó de acuerdo con rigurosos estándares de calidad y técnicas adecuadas, los resultados sugieren que este método de refuerzo puede mejorar significativamente la resistencia y durabilidad de la estructura de la losa del puente ubicado en el río Mantaro.

Rodríguez (2019) en su tesis titulado “Diseño de un puente tipo losa y un puente viga losa hasta 20 m de luz, en el distrito de Chilca -2017”; presentada a la Universidad Continental, en el contexto de la guía de Diseño de Puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se propone el desarrollo de un método de cálculo ideal para un puente con una luz máxima de 20 metros, el método sugerido establece que el diseño de puente de placas y el proceso de análisis debe llevarse a cabo en detalle, siguiendo la normativa vigente, y comenzando desde cero, el proceso se desglosa en los siguientes pasos: 1) Diseño Preliminar de Tablero: En esta etapa inicial, se realiza un diseño preliminar del tablero del puente, esto implica la definición de la disposición de las vigas, de las dimensiones generales, las losas o placas, y otros elementos estructurales básicos, también se consideran las cargas esperadas y las condiciones de apoyo, 2) Análisis Estructural de Tablero y Pavimento: Una vez que se tiene el diseño preliminar, se procede a realizar un análisis estructural detallado del tablero y del pavimento del puente, esto incluye la evaluación de las cargas dinámicas y estáticas que actuarán sobre la estructura, así como la determinación de las deformaciones y tensiones resultantes, 3) Diseño de Tablero y Pavimento: A partir de los resultados del análisis estructural, se procede al diseño definitivo del tablero y del pavimento del puente, esto implica seleccionar los materiales adecuados, determinar las dimensiones precisas de los elementos estructurales y

calcular las armaduras necesarias para garantizar la resistencia y durabilidad del puente, este enfoque secuencial, que comienza con un diseño preliminar y avanza hacia un análisis estructural detallado y un diseño final, permite asegurar que el puente cumpla con los estándares de seguridad y rendimiento requeridos, además, al seguir la normatividad vigente, se garantiza que el puente esté diseñado de acuerdo con las mejores prácticas de ingeniería y las regulaciones aplicables.

Díaz (2018) en su tesis titulado “Deformaciones Producidas en el Puente Vehicular Motilonos – Moyobamba - San Martín de 153.00 M de Luz, Considerando la Estructura Real y el Modelo Analítico”; presentada a la Universidad de Cajamarca, el objetivo principal de su investigación consistió en calcular las deformaciones que surgieron como resultado de un ensayo de carga estática e igualar estos resultados con un modelo analítico creado previamente utilizando el software CSi Bridge, el ensayo de carga involucró la repetición de diversas condiciones de carga, con el propósito de comparar y analizar su comportamiento funcional, los hallazgos revelaron que, durante el ensayo de carga, las deformaciones reales fueron más significativas en los modos de carga que incluían la presencia de 4 camiones y deformaciones en paralelo, tanto en dirección paralela como aguas arriba, esta situación fue contrastada con las deformaciones observadas cuando se consideraban cuatro camiones consecutivos y deformaciones aguas abajo, en cuanto al uso del software de modelado Csi Bridge, se observó que las deformaciones eran mayores al considerar cuatro camiones en paralelo junto con deformaciones aguas abajo, en comparación con el escenario de cuatro camiones en línea cargados con deformaciones tanto aguas abajo como aguas arriba, además, se realizó un caso de carga desde puntos de control, demostrando que las deformaciones variaban, algunas siendo más pronunciadas y otras menos, dependiendo de la ubicación de los camiones, como recomendación final, se sugirió que, antes de llevar a cabo pruebas de carga en puentes, se realicen modelos analíticos preliminares para estimar las probables deformaciones que se experimentarán durante el ensayo, esto puede ofrecer una visión

anticipada de los resultados y contribuir a una planificación más precisa de las pruebas de carga en el futuro.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Santiago (2022) en su tesis titulado: “Diseño de infraestructura vial para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en el espacio urbano del puente Huallaga y vías adyacentes Huánuco 2021”; presentada a la Universidad de Huánuco, el objetivo principal es llevar a cabo el diseño de una infraestructura vial que acceda mejorar el flujo de tráfico en el Puente Huallaga y las vías circundantes dentro del área urbana, este diseño se fundamenta en una evaluación de la capacidad y el nivel de servicio de la situación actual, así como en consideraciones relacionadas con el diseño geométrico y la seguridad vial, para llevar a cabo esta evaluación, se utilizaron varios métodos, que incluyen la determinación de los niveles de servicio siguiendo las pautas del análisis TWSC del manual de carreteras HCM 2000, el diseño geométrico basado en parámetros canalizados y las intersecciones definidas en el Manual Vial DG-2018, además, se evaluó la seguridad vial mediante la simulación de calificación de estrellas iRAP.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 PUENTE

Rodríguez (2016) define un puente como una estructura diseñada para superar un obstáculo y asegurar la continuidad de una vía.

Villarino (2010) el término puente se refiere a las estructuras utilizadas para cruzar obstáculos naturales, incluidos ríos, quebradas, hoyos, canales, etc.

Tabla 1

Cuadro evolutivo de los puentes

Siglo	Diseño	Material	Normativa
XVI	Puentes colgantes, puentes suspendidos	Madera, piedra.	No existía.
XVIII	Puente viga	Madera, piedra, concreto.	No existía.
XIX	Puente viga, losa, atirantado	Madera, piedra, concreto, hierro, acero.	No existía.

XX	Puente viga, puente colgante, puente arco, atirantado, levadizo, preesforzado, etc.	Madera, piedra, mampostería, concreto, acero, aluminio, etc.	AASHTO, NTC.
XXI	Puente colgante, puente viga, puente arco, atirantado, levadizo, preesforzado, losa, eléctricos, puentes inteligentes, etc.	Madera, piedra, mampostería, concreto, acero, aluminio, acero, etc.	AASHTO, Manual de Diseño de Puentes 2003, NTC, etc.

Nota. Cuadro evolutivo de los puentes a través de los años. Fuente: Peralta (2017).

2.2.2 PARTES DEL PUENTE

a) Superestructura:

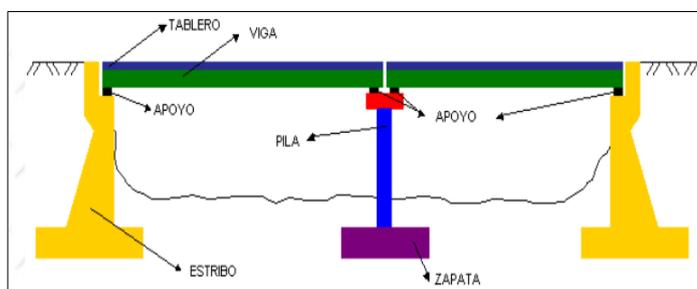
- El tablero
- Vigas longitudinales y transversales
- Aceras y pasamanos
- Capa de rodadura
- Otras instalaciones

b) Subestructura

- Estribos
- Pilas

Figura 1

Partes de un puente



Nota. Principales partes de un puente. Fuente: (Villarino Otero, 2010).

2.2.3 TIPOLOGÍA DE PUENTES

Según Villarino (2010) los clasificamos según:

2.2.3.1 LA NATURALEZA SOPORTADA

- Puentes de carretera

- Puentes de ferrocarril
- Puente-canal
- Puente-acueducto

2.2.3.2 EL MATERIAL CONSTITUIDO

- Madera

Es el material que el ser humano utilizó en sus primeras construcciones, y sin duda, el tronco de un árbol sobre un río representa el origen de los primeros puentes artificiales. Los puentes de madera se destacan por ser más simples y rápidos de construir en comparación con los puentes de piedra, además de ser generalmente más económicos, por esta razón, los primeros puentes realizados por los seres humanos fueron mayoritariamente de madera, a lo largo del tiempo, se han construido numerosos puentes de madera, superando en cantidad a aquellos realizados con piedra.

- Metálicos

Los materiales empleados en la construcción de puentes han experimentado una evolución notable a lo largo de la historia. En sus inicios, se utilizaron materiales como la madera para la construcción de puentes. No obstante, la incorporación del hierro marcó una revolución tanto en la construcción en general como en la edificación de puentes en particular. El hierro tenía capacidades superiores a los materiales previamente conocidos, lo que llevó a un rápido desarrollo de estructuras metálicas que pronto superaron en tamaño a todas las construcciones anteriores. En la actualidad, el hierro no se utiliza tanto como antes en la construcción de puentes. En su lugar, se emplea el acero, un material que ha experimentado un gran desarrollo. Existe una diferencia significativa en términos de propiedades y calidad entre el hierro fundido originalmente utilizado y los aceros modernos. Este progreso en la tecnología de materiales ha permitido la creación de estructuras más fuertes, duraderas y resistentes al desgaste. Una de las innovaciones fundamentales en la producción de acero fue

el proceso de convertidor, que implica insuflar aire en el hierro fundido para eliminar impurezas y reducir el contenido de carbono, produciendo así un material más resistente y maleable. Este avance tecnológico ha sido fundamental en la fabricación de grandes estructuras de acero, incluyendo puentes, y ha tenido un impacto significativo en la industria de la construcción.

- Concreto

En el concreto armado, se integran vigas de acero dentro del bloque de concreto, generalmente en los bordes, para proporcionar resistencia a la tensión, mientras que el concreto en sí mismo soporta las cargas de compresión. En contraste, el concreto pretensado representa una innovación en la que la armadura se trata de manera diferente. En el concreto pretensado, la armadura se somete a tensiones antes de verter el concreto, y esta tensión previa se mantiene. Cuando se aplican cargas a la estructura, el concreto pretensado se tensa en respuesta a esas fuerzas, lo que lo diferencia del concreto armado, donde la armadura actúa de manera pasiva. Por lo tanto, se conoce como concreto pretensado debido a esta característica distintiva de tener una armadura ligeramente pretensada.

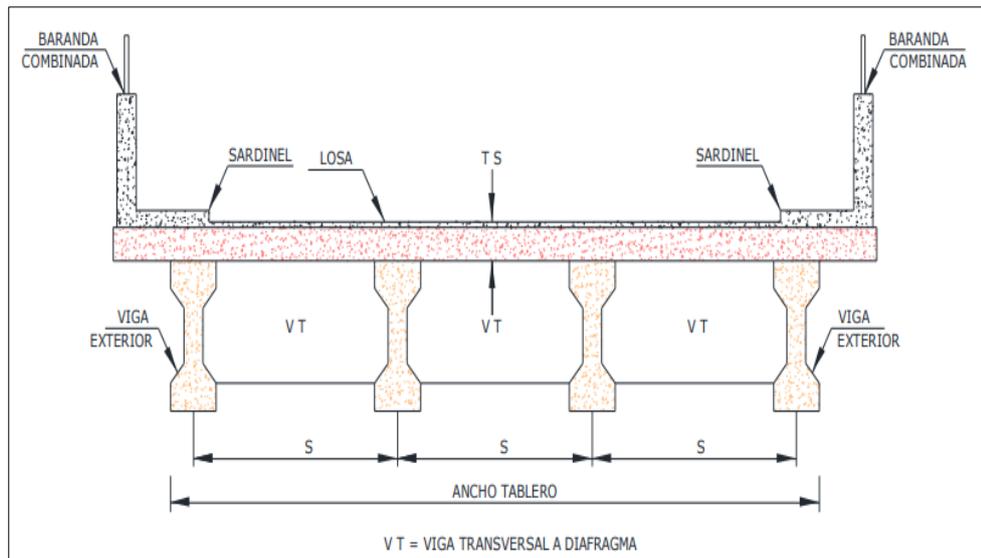
2.2.4 DE ACUERDO CON EL SISTEMA ESTRUCTURAL PRINCIPAL

Los puentes se clasifican en tres categorías principales según su sistema estructural: puentes de vigas, puentes colgantes y puentes de arco. Cada tipo presenta características específicas en cuanto a diseño y capacidad de soporte de carga. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

- Puente tipo viga: Los puentes de vigas pueden tener diferentes diseños y comportamientos estructurales. Estos pueden ser secciones apoyadas, secciones en voladizo o isostáticas Gerber, secciones superestáticas o continuas. Los factores de carga más importantes en este tipo de puentes son, principalmente la flexión y el cortante.

Figura 2

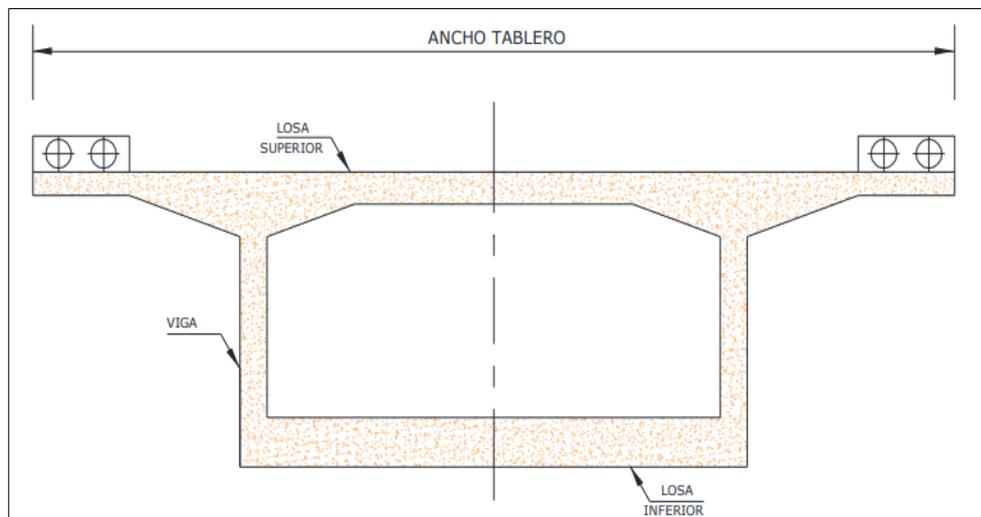
Sección transversal: Tablero con Viga I



Nota. La figura nos muestra la sección transversal de un tablero con viga I. Fuente: (MTC, 2018).

Figura 3

Sección transversal: viga cajón

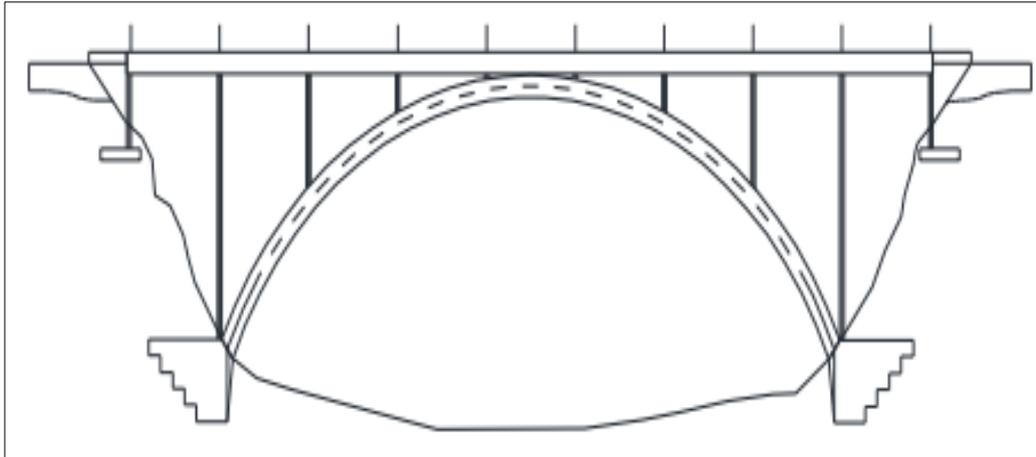


Nota. La figura nos muestra la sección transversal de una viga cajón. Fuente: (MTC, 2018).

Puente en arco: Los diseños de puentes pueden tomar muchas formas y funciones. Pueden tener diferentes configuraciones en la parte superior, media e inferior. La forma de la película del tambor, que es la parte estructural que cubre el espacio entre los elementos de soporte, puede variar, puede ser transparente, acolchada o en forma de cúpula.

Figura 4

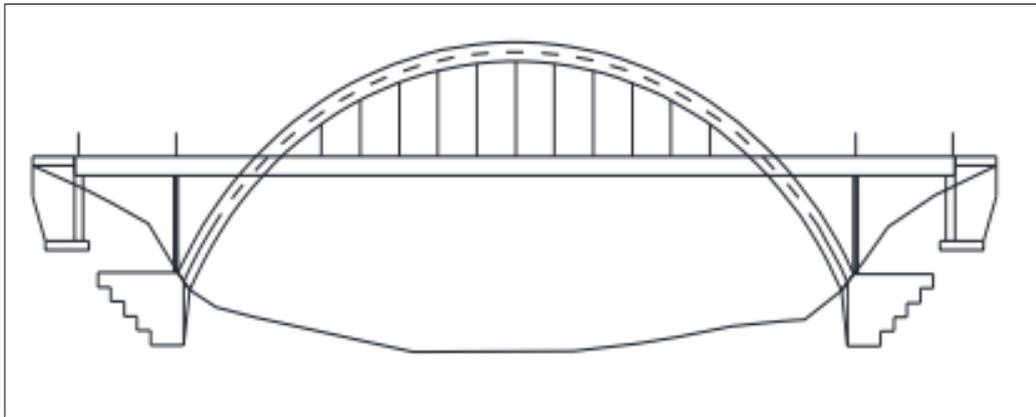
Arco de tablero superior



Nota. Arco de tablero superior. Fuente: (MTC, 2018).

Figura 5

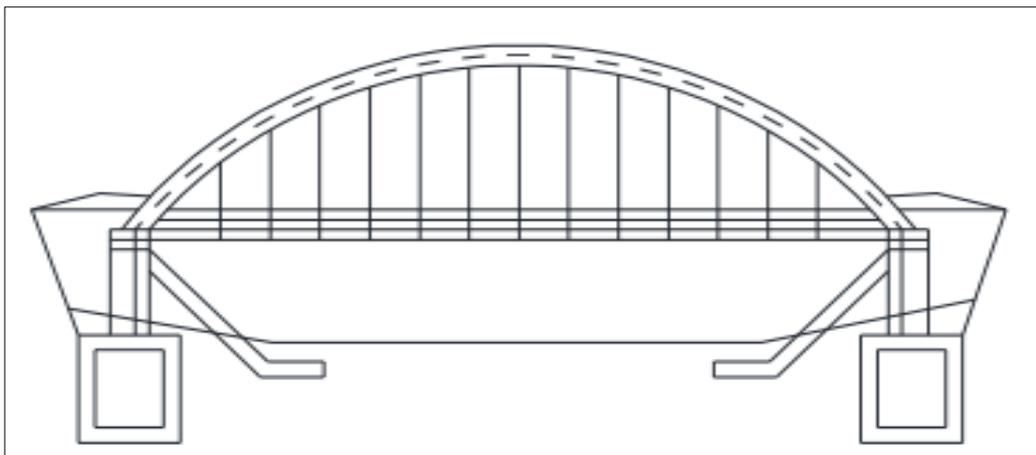
Arco de tablero intermedio



Nota. Arco de tablero intermedio. Fuente: MTC (2018).

Figura 6

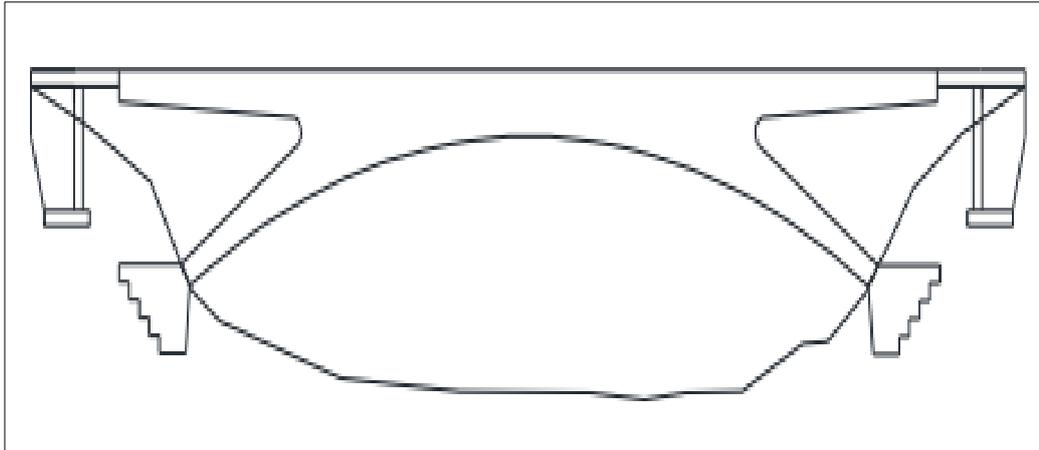
Arco de tablero inferior



Nota. La figura nos muestra el arco de tablero inferior. Fuente: (MTC, 2018).

Figura 7

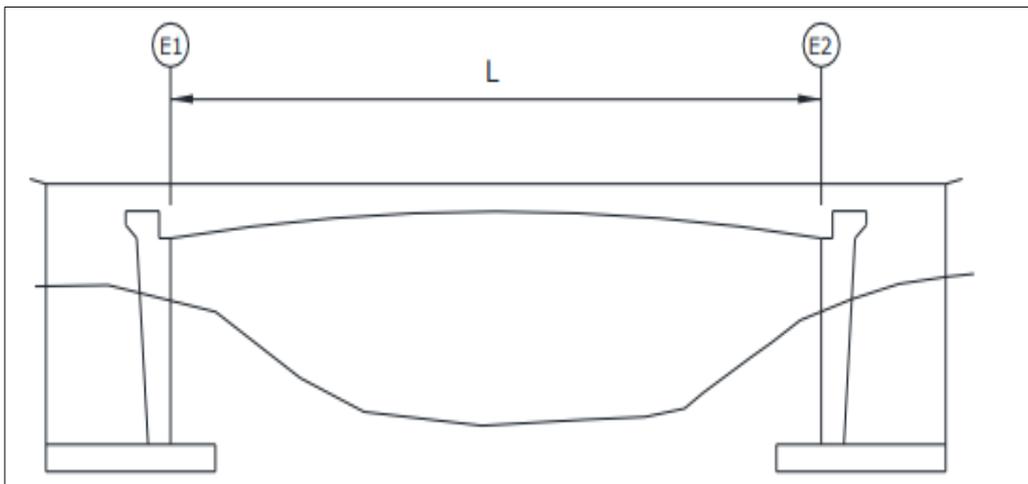
Pórtico de columnas inclinadas



Nota. La figura nos muestra el pórtico con columnas inclinadas. Fuente: (MTC, 2018).

Figura 8

Puente tipo pórtico

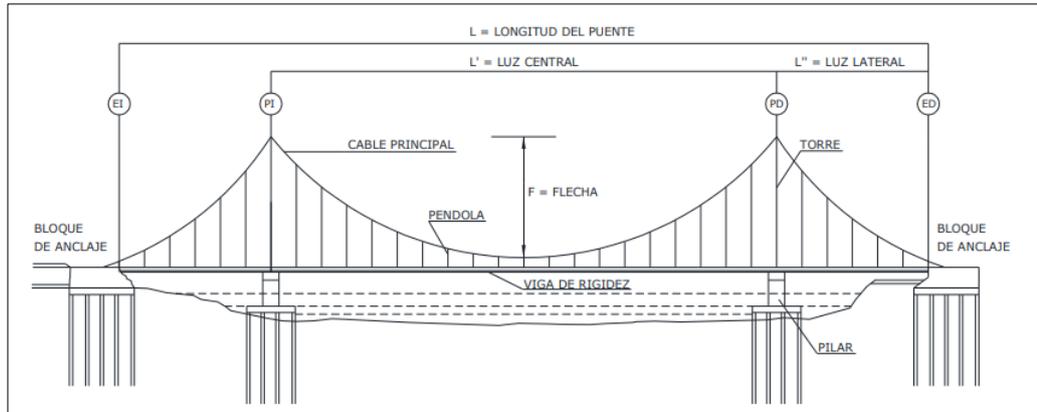


Nota. Puente tipo pórtico. Fuente: (MTC, 2018).

- Puentes suspendidos: Los puentes pueden usar diferentes configuraciones dependiendo de su sistema de soporte. Estos pueden ser atirantados, suspendidos o una combinación de ambos sistemas.

Figura 9

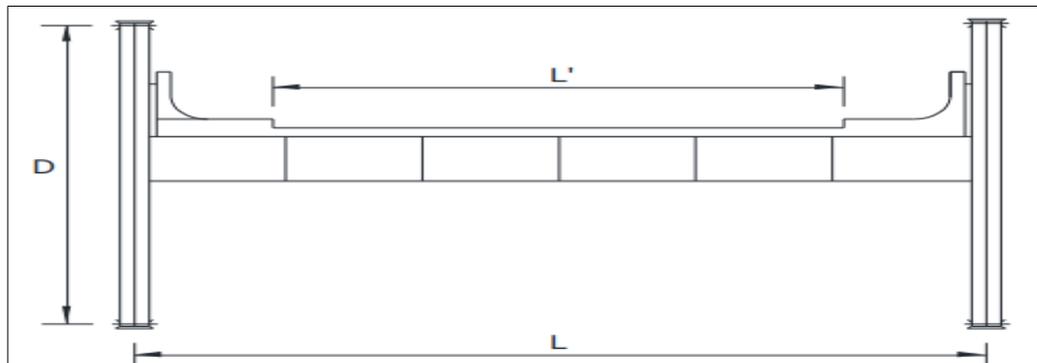
Puente suspendido



Nota. La figura nos muestra un puente suspendido. Fuente: (MTC, 2018).

Figura 10

Sección transversal de viga de rigidez tipo celosía

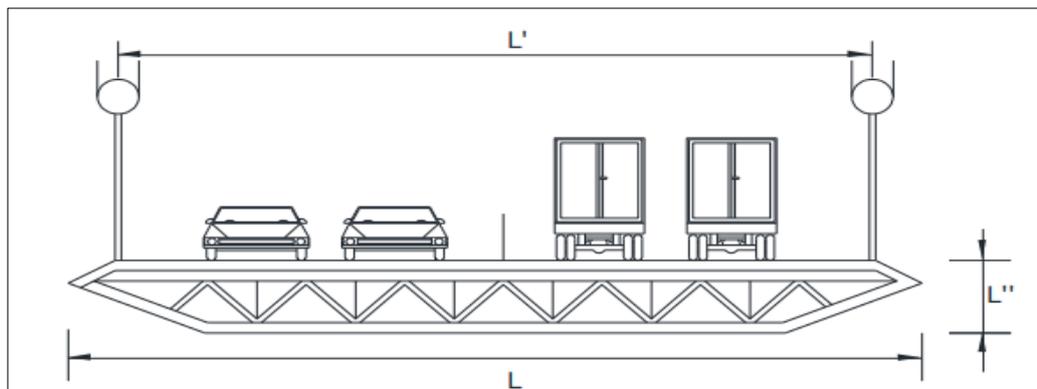


Nota. La figura nos muestra la sección transversal de viga de rigidez tipo celosía.

Fuente: (MTC, 2018).

Figura 11

Sección transversal de viga de rigidez tipo cajón



Nota. La figura nos muestra la sección transversal de viga tipo cajón. Fuente: (MTC, 2018).

2.2.5 SEGÚN EL TIEMPO DE VIDA

Puentes definitivos

El último puente debe ser planificado con una expectativa de vida de 75 años, en el caso de puentes con un diseño determinista, se deben favorecer opciones estructurales que incluyan redundancia, robustez, una mayor longevidad y una facilidad de mantenimiento mejorada (MTC, 2018).

Puentes temporales

Estos puentes están diseñados para tener una vida útil que no exceda los 5 años. En el diseño de estos puentes, se pueden emplear enfoques estructurales menos redundantes, como elementos modulares de una sola base, siempre y cuando se tenga en cuenta el factor de redundancia. Además, los materiales empleados en su construcción deben cumplir con las especificaciones determinadas por la autoridad competente en cada momento (MTC, 2018).

2.2.6 PUENTE TIPO LOSA

Es un tipo de puente que emplea una losa de concreto armado como elemento estructural principal. La losa se extiende a lo ancho del puente y está sostenida por vigas o postes para distribuir el peso de la carga del vehículo. Este tipo de puente se suele utilizar en carreteras y vías férreas, y su longitud es de 10-12 metros (MTC, 2018).

El puente tipo losa se conforma por tres elementos:

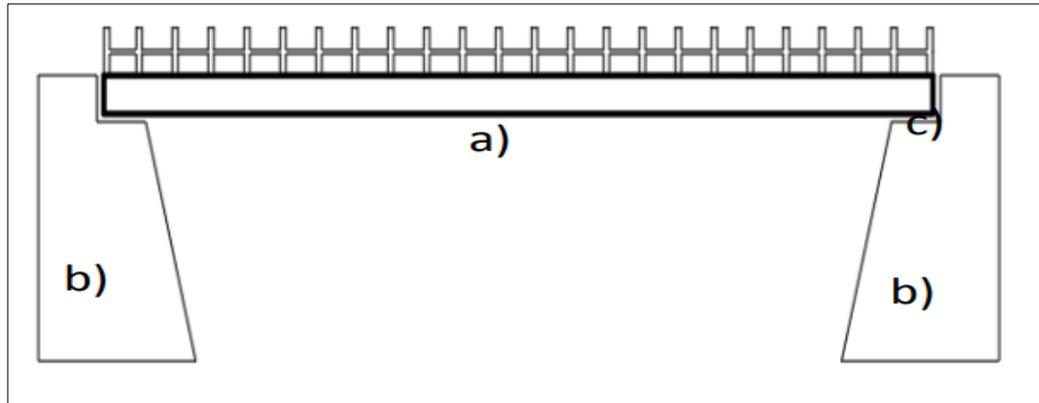
Tablero

Estribos

Cajuela

Figura 12

Partes del puente tipo losa



Nota. Partes principales de un puente tipo losa. Fuente: (Rodríguez Hinostroza, 2019).

2.2.7 ESTADOS LÍMITE

Cada componente y nudo del puente debe cumplir con la ecuación $\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R_r$ para cada estado límite, tanto para los estados límite de servicio como para los casos extremos, excepto para pernos y columnas de hormigón, se tiene en cuenta un factor de resistencia de 1.0. Es necesario adecuarse a los requisitos establecidos por las normas pertinentes de acuerdo la zona sísmica, y todos los estados límite deben ser evaluados con igual importancia (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2020)

2.2.8 DUCTILIDAD

Según AASHTO (2020), el comportamiento de los componentes estructurales o uniones fuera del estado elástico se clasifica en dos categorías: frágil o dúctil. El comportamiento frágil es indeseable, ya que conlleva una pérdida abrupta de la capacidad de carga una vez superado el límite elástico. En contraste, el comportamiento dúctil se caracteriza por una significativa deformación inelástica, lo que permite a la estructura soportar cargas adicionales sin colapsar. Esta plasticidad es fundamental para prevenir daños estructurales causados por la deformación inelástica.

2.2.9 REDUNDANCIA

Según AASHTO (2020), se entiende como la habilidad del sistema estructural de un puente para conservar su capacidad de soportar cargas, incluso después de que uno o más de sus elementos hayan experimentado daños o fallos.

2.2.10 IMPORTANCIA OPERATIVA

Según AASHTO (2020), la clasificación debe ser realizada por personal responsable de la red de transmisión que esté familiarizado con sus necesidades operativas. La definición de prioridad de operación puede diferir entre propietarios y redes.

2.2.11 CARGAS Y FACTORES DE CARGA

Se clasifican en tres:

2.2.11.1 CARGAS PERMANENTES

Estos comportamientos se refieren a características que permanecen prácticamente inalteradas a lo largo de la vida útil de la estructura o que evolucionan hacia un límite predefinido, este conjunto de comportamientos influye el peso propio de las partes estructurales y las cargas estáticas adicionales, como las generadas por el peso de superficies rodantes, balasto, rieles y traviesas, se consideran cargas permanentes la presión del suelo, las cargas superficiales y la fricción superficial negativa (AASHTO, 2020).

➤ Cargas muertas: DW, DC y EV

En el cálculo de la carga muerta (DC), se incluyen todos los elementos esenciales para el funcionamiento adecuado de la estructura. La carga muerta (DW) incluye el peso de los componentes que no son estructurales, tanto pavimentos, peldaños, balasto, pasamanos, pilares, tuberías y cables. Para calcular el peso propio y la carga estática, se emplean las dimensiones específicas de estos elementos y se utiliza el promedio del peso específico correspondiente para cada caso (AASHTO, 2020).

➤ Cargas de suelo: ES, EH y DD

Cuando diseñamos las cargas que actúan sobre los apoyos y otros elementos estructurales que sostienen el suelo, es fundamental considerar la sobrecarga de tierra (ES), las presiones asociadas al empuje de tierra (EH) y la fuerza de rozamiento superficial negativo (DD o Downdrag), siguiendo los principios de la mecánica de suelos, si se anticipa la presencia de tráfico a una

distancia horizontal igual o menor que la altura desde la parte superior de la estructura, se debe aumentar la presión considerando una sobrecarga vertical igual a una altura de relleno mínima de 0,60 m, no obstante, si en el extremo opuesto del puente se planea una placa de acceso apoyada, no es necesario tener en cuenta este incremento de carga, cuando la estructura portante forma parte de un marco rígido, en el diseño de losas o vigas, solo se puede tener en cuenta el 50% del efecto útil del empuje de tierras (AASHTO, 2020).

➤ **Deformaciones impuestas**

Se deben tener en cuenta las tensiones y deformaciones en los elementos de hormigón o madera causadas por la retracción o el flujo plástico de la forma, las tensiones residuales originadas por la laminación de los elementos de acero o el proceso de soldadura, posibles errores en la fabricación o construcción, las deformaciones por cortante de diversas fuentes, así como las cargas permanentes (AASHTO, 2020).

2.2.11.2 CARGAS VARIABLES

Las cargas variables se caracterizan por experimentar cambios frecuentes y significativos en comparación con su valor promedio, este tipo de cargas engloba la masa de vehículos, el personal y los efectos dinámicos asociados, como las fuerzas de frenado y aceleración, las fuerzas centrífugas y las fuerzas laterales de la carretera, se incluyen en las cargas variables la presión del agua y sus fluctuaciones, las variaciones en la presión secundaria, las oscilaciones de temperatura, el efecto sísmico, la influencia del viento y las fuerzas aplicadas durante la construcción (AASHTO, 2020).

➤ **Cargas durante el proceso de construcción**

En toda fase de este proceso de construcción, es fundamental llevar a cabo una planificación detallada para identificar la colocación completa de las cargas, tanto temporales como permanentes, con el fin de prever posibles errores. Además, se debe considerar la posibilidad de una reducción absoluta de la

carga estática a lo largo del procedimiento de construcción o causa de futuras renovaciones, para reducir el riesgo de efectos no deseados que podrían tener un impacto excesivo (AASHTO, 2020).

➤ **Cargas vidas de vehículos**

a) El número de carriles

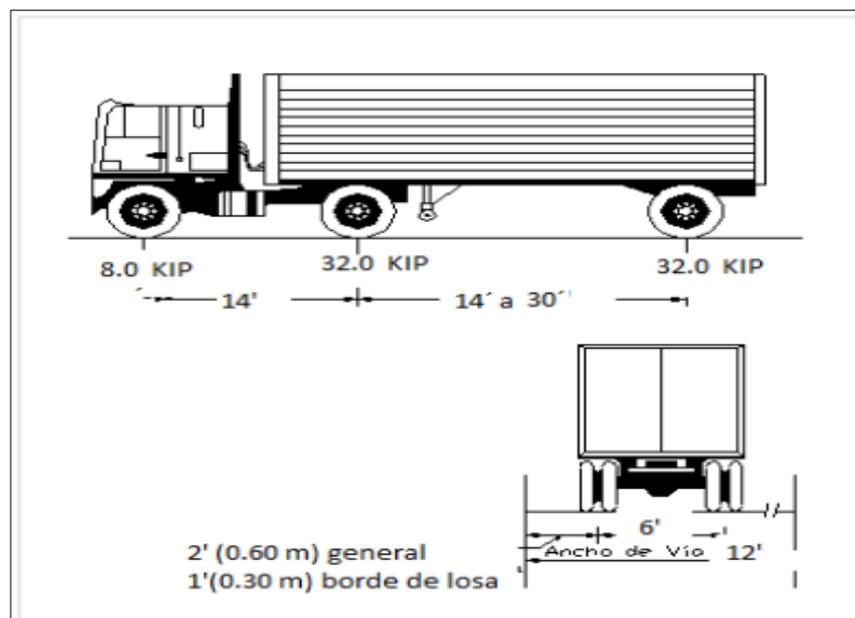
En el diseño de carreteras, generalmente está determinado por varias condiciones, como el ancho de carril despejado ($w/12$) entre bordillos, bordillos y bordillos, medido en pies. Es importante tener en cuenta probables modificaciones futuras en las características físicas u operativas de los vehículos en la carretera (AASHTO, 2020).

b) El camión de diseño

La imagen muestra la distancia entre los ejes y el peso del eje. Una distancia de 32 kips (14,55 tn) entre los ejes, se considera la distancia máxima de impacto dentro del rango de 14 pies (4,27 m) y 30 pies (9,14 m). Se agregó un diseño de carga de camiones para tener en cuenta los efectos dinámicos (AASHTO, 2020).

Figura 13

Características del camión de diseño



Nota. La figura nos muestra las características de un camión de diseño.
Fuente: (MTC, 2018).

c) Tándem de diseño

El diseño contempla dos ejes, cada uno con una carga de 25 kips (11,4 tn) y separados por 1,2 metros. Además, el espacio dentro de las ruedas de cada uno de los ejes debe ser de 6 ft (1,8 metros) (AASHTO, 2020).

d) Carril de diseño

Se aplica una sobrecarga uniformemente distribuida a lo largo de 0,64klf (954 kgf/m) a las partes del puente donde se ve afectada negativamente. Se asume que este rango se distribuye de una manera uniforme a lo largo de un ancho de 10,0 ft (3 metros). Esta carga adicional también se considera en áreas donde se encuentra un coche de maquinista o un tándem. Los efectos dinámicos no se toman en cuenta para esta sobrecarga (AASHTO, 2020).

e) Área de contacto de neumáticos

Para uno o dos neumáticos, el área de contacto de la rueda se considera como un rectángulo de 20 pulgadas (0,5 m) de ancho y 10 pulgadas (0,25 m) de largo, esta superficie de contacto ejerce una presión similar sobre el neumático, se asume que la repartición de la presión ejercida por los neumáticos se comporta de la siguiente manera: cuando es una superficie continua, la presión se distribuye uniformemente sobre un área de contacto específica; dentro de una zona discontinua, la presión se distribuye de manera uniforme sobre la superficie de contacto real de la banda de rodadura, lo que provoca un aumento en la presión (AASHTO, 2020).

f) Presencia múltiple de sobrecargas

Este requisito no es relevante para el estado límite de fatiga para el camión de diseño, sin importar la cantidad de carriles de diseño. Si no se aplican los métodos estáticos y la ley de momentos, la tensión debe ser dividida por 1.20metros. Para determinar la sobrecarga de diseño total en los carriles, la tensión máxima asociada a cada combinación posible de

carriles de carga debe ser multiplicada por el factor de disponibilidad indicado en la Tabla 2 para la sobrecarga HL93, considerando todas las combinaciones simultáneas (AASHTO, 2020).

Tabla 2

Factor de presencia múltiple

Nº de vías cargados	Factor de presencia múltiple (m)
1.	1.20.
2.	1.00.
3.	0.85.
>3.	0.65.

Nota. Se observa el factor de presencia múltiple según el número de vías cargados. Fuente: (MTC, 2018).

➤ **Aplicación de las cargas vivas vehiculares**

a) Posición de las Cargas en Dirección Longitudinal

Según AASHTO (2020), se diseñan tándem más carga distribuida, los camiones están diseñados teniendo en cuenta las cargas distribuidas. La separación entre centros de 32,0 kip (14,55 tn) se toma en cada caso como la distancia de daño más significativa, como el momento flector negativo a través de las marcas de flexión bajo una carga uniforme en cada elemento y la fuerza de reacción. El 90° de las columnas internas representa la tensión creada por las dos palancas. El eje final del primer camión debe estar ubicado a una distancia mínima de 50 pies (15,00 m) del eje del posterior camión aumentando la carga causada por el carril de diseño de 90°. Cada camión de 32,0 kip (14,55 t) tiene una distancia entre ejes de 14 pies (4,27 m). Dos camiones de diseño están ubicados en vanos adyacentes para lograr el máximo esfuerzo.

b) Posición de las Cargas en Dirección Transversal

De acuerdo con AASHTO (2020), los carriles diseñados deben estar espaciados con un ancho de carga de 10,0 ft (3,00 m) por carril para acomodar las cargas laterales y producir la carga máxima. El tándem y el camión diseñados deben posicionarse horizontalmente para asegurarse que el centro de carga de las ruedas no esté más bajo. A menos que se indique lo opuesto, la distancia del riel diseñado o la sección del riel que colabora a la tensión máxima debe sostener la carga del riel diseñado.

- **Carga para la Evaluación de la Deflexión por Sobrecarga**
Según AASHTO (2020), la deflexión se determina eligiendo la mayor de las siguientes dos opciones.

- Desviación causada únicamente por camiones de diseño.
- El producto obtenido al tener en cuenta un camión de 25% planificado y la carga de carril de diseño.

- **Carga de Diseño para Tablero**

De acuerdo con AASHTO (2020), al emplear el método de franja próximo para analizar la losa y el tablero de un puente de alcantarilla rectangular, las tensiones se calculan de la siguiente manera:

- Si la placa de la plataforma se carga principalmente en la dirección transversal, solo la corredera o el eje de la serie del modelo deben fijarse a la placa superior de la plataforma del puente o del cajón.
- Si la placa está sujeta principalmente a una carga longitudinal, solo se considera el peso por eje del camión diseñado o del conjunto diseñado, según sea el caso. Tramos de placa superior de tambor de gabinete y otros gabinetes de hasta 4,50 m (15,0 ft) de largo y todos los demás gabinetes, incluyendo los puentes de placa con un ancho superior a 15,0 ft (excluyendo las placas superiores de tambor de caja).

2.2.11.3 CARGAS EXCEPCIONALES

Se refieren a eventos que tienen baja probabilidad de ocurrir, pero que deben ser contemplados por el diseñador en circunstancias específicas. Estos eventos incluyen acciones provocadas por colisiones, explosiones o incendios (AASHTO, 2020).

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Puente tipo losa

Es un componente estructural cuyo espesor es más pequeño que las demás dimensiones. Las cargas aplicadas a la losa, incluido el peso de la placa misma, actúan perpendicularmente a su plano medio (Godínez, 2010).

Tablero

Soporta directamente cargas dinámicas (tráfico) y transfiere su tensión a través del refuerzo a los pilares y estribos, que a su vez hacen que se extiendan hasta los cimientos, donde se disipan en la roca o el paisaje circundante (Villarino, 2010).

Pilares

Los pilares son los apoyos intermedios de puentes de dos o más tramos. Deben soportar una carga constante y sobrecarga sin asentamientos, y son susceptibles a la influencia de factores naturales (Villarino, 2010).

Estribos

Situado en los extremos del puente, soporta los terraplenes que conducen al puente. A diferencia de los pilares, los estribos pueden resistir el empuje de los terraplenes en el puente además de la superestructura, por lo que también actúan como muros de contención (Villarino, 2010).

Apoyo

Son los elementos a través de los cuales el tablero transfiere las cargas necesarias a las pilas y/o estribos (Villarino, 2010).

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

Hi: La optimización del diseño del puente losa tendrá un impacto significativo en la mejora del comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán, Huánuco – 2024.

H₀: La optimización del diseño del puente losa no tendrá un impacto significativo en la mejora del comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán, Huánuco – 2024.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H1: La superestructura del diseño del puente carrozable influye positivamente a la movilidad del tráfico en el puente carrozable, San Francisco de Cayrán - Huánuco – 2024.

H2: Los diferentes parámetros, características y normas que guían en el diseño fueron primordial para el diseño del concreto armado del puente carrozable, San Francisco de Cayrán – Huánuco – 2024.

H3: La distribución de acero es la adecuada para el diseño de concreto armado del puente carrozable, San Francisco de Cayrán – Huánuco – 2024.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Comportamiento estructural

Indicadores:

- Desplazamiento
- Momentos
- Fuerzas Cortantes

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño de puente

Indicadores:

- Puente tipo losa
- Ancho de calzada
- Dimensione de berma
- Peralte
- Largo del puente
- Luz de puente
- Acero
- Concreto

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Sistema de variables-dimensiones e indicadores

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
V. independiente Diseño de puente	Tipo de puente	<ul style="list-style-type: none"> • Puente tipo losa 	Cuantitativa.	Razón
	Datos geométricos	<ul style="list-style-type: none"> • Ancho de calzada • Dimensione de berma • Peralte • Largo del puente • Luz de puente 		
V. dependiente Comportamiento Estructural	Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Acero • Concreto 	Cuantitativa.	Razón
	Análisis Estructural	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento • Momentos • Fuerzas Cortantes 		

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE

En el presente proyecto se presentará un nivel de enfoque cuantitativo, ya que según Hernández et al. (2014), el enfoque cuantitativo es muy estructurado debido a que sigue un orden secuencial. Este enfoque implica un conjunto de procesos que definen y gestionan los objetivos y las preguntas de investigación, a partir de los cuales se elabora un marco o enfoque teórico.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

En este proyecto, se presentará un alcance o nivel explicativo, por lo tanto, se deben explicar los resultados para obtener la información necesaria para el diseño de la estructura. Según Hernández et al. (2014), el propósito de la investigación explicativa, además de describir conceptos o fenómenos, es dar respuesta a las diversas causas de los fenómenos físicos o sociales. Se centra en explicar las causas del fenómeno, en qué condiciones aparecen y por qué dos o más variables están relacionadas. Estas son preguntas que necesitan ser aclaradas.

3.1.3 DISEÑO

En esta investigación, se presentará un diseño no experimental, ya que según Hernández et al. (2014), este tipo de investigación no implica la manipulación ni el control de variables, sino que se limita a registrar y describir lo observado.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

Conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, a los cuales se aplicarán las conclusiones de la investigación, restringidas por el problema de investigación y los objetivos del estudio (Arias, 2012).

La población de la investigación estará conformada por los tres puentes existentes en el río Huancachupa en el distrito de San Francisco de Cayrán.

3.2.2 MUESTRA

Según Hernández et al. (2014) una muestra es un segmento representativo de la población total del que se extrae, y es esencial en la investigación científica porque ofrece información válida y útil para el avance del conocimiento.

La muestra será seleccionada de forma no probabilística, en este caso, la muestra estará representada por el puente existente en el lugar de investigación.

Criterios de Inclusión:

- Puentes ubicados específicamente sobre el río Huancachupa en el distrito San Francisco de Cayrán.
- Puentes que estén en condiciones operativas y accesibles para el estudio.
- Puentes que permitan el acceso seguro para el estudio y la recopilación de datos.

Criterios de Exclusión:

- Puentes que estén en condiciones de deterioro avanzado o que representen riesgos de seguridad.
- Puentes que no sean accesibles debido a factores como la ubicación geográfica remota o restricciones de acceso.
- Puentes para los cuales no se haya obtenido el permiso adecuado para realizar la investigación.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

En muchos casos, la observación directa y sistemática del comportamiento resulta ser el método de medición más apropiado. El investigador elige el comportamiento de interés y desarrolla un procedimiento estructurado para identificarlo, clasificarlo y registrarlo en una situación ya existente o previamente preparada (Mejía, 2005).

Una vez realizada la definición, se opta por la técnica de observación directa.

Se usó la ficha de observación (Anexo 6) como herramienta de recolección de datos y encuestas. También las herramientas necesarias para la recopilación de datos.

- Plantillas de Excel
- Plano de localización y ubicación
- Manual de uso de Sap2000 v14
- Manual de diseño de puentes
- Manual de la norma AASHTO-LRFD
- Ficha de observación
- Laptop
- Equipos de medición

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para la presentación de datos se realizó la visita al lugar de estudio, el cual está ubicado a 630 m de la Plaza de Armas del distrito de San Francisco de Cayrán. Para la presentación de todos los datos se hizo uso del software Sap2000 v14 para el análisis de puente carrozable además de plantillas de cálculo en el software Excel.

Tabla 4

Resumen de efectos de carga viva

Efectos de aplicación de carga viva
Momento de camión de diseño
Momento de tándem de diseño
Momento de carril de diseño

Tabla 5

Resumen de reacciones máximas

Reacción máxima
Reacción de camión de diseño
Reacción de tándem de diseño
Reacción de carril de diseño

3.1.8 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para la evaluación y comprensión de los datos, se utilizarán dos recursos clave: el Manual de Diseño de Puentes publicado en 2018 por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y la 9ª edición de AASHTO LRFD Bridge Design Manual, publicada en 2020. Estas dos fuentes son fundamentales en el campo de la ingeniería de puentes y proporcionarán las directrices y normativas necesarias para el desarrollo del proyecto.

En lo que respecta al aspecto técnico y de análisis, se utilizará el software Sap2000 en su versión 14. Esta herramienta de software potente nos permitirá realizar análisis estructurales detallados y altamente precisos de nuestras estructuras de puente, considerando una amplia gama de factores y cargas.

Para organizar y presentar los resultados de manera efectiva, haremos uso de plantillas disponibles en el software Microsoft Excel. A través de estas plantillas, crearemos tablas resumen que reflejarán de forma nítida y concisa los resultados obtenidos en nuestros análisis. Esto simplificará la comunicación de nuestros hallazgos y garantizará que los datos se presenten de manera accesible y fácilmente comprensible.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCEDIMIENTO DE DATOS

4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El puente existente de 12 m se encuentra a 630 m de la Plaza Mayor del distrito de Cayrán sobre el río Huancachupa, la carretera presenta pendientes, pero en el tramo del proyecto es un área plana.

Los meses más lluviosos van desde enero a marzo, cuando la cantidad de precipitaciones oscila entre 100 y 690 mm (Microcuenca Cayrán - Huánuco, 2021).

4.1.2 DISEÑO DEL PUENTE

4.1.2.1 DATOS DE DISEÑO

Se detallan los datos de diseño para el puente.

Tabla 6

Propiedades de materiales

Propiedades de materiales	
Peso específico de concreto	2.50 tn/m ³
Peso específico de concreto complementario	2.40 tn/m ³
Peso específico de asfalto	2.20 tn/m ³
Sobrecarga peatonal	0.36 tn/m
Peso de baranda	0.2 tn/m
Resistencia de concreto (f'c)	280kg/cm ²
Fluencia de acero (fy)	4200kg/cm ²

Nota. En la tabla 6 tendremos el valor de las propiedades de los materiales que se usarán en el diseño del puente.

Tabla 7

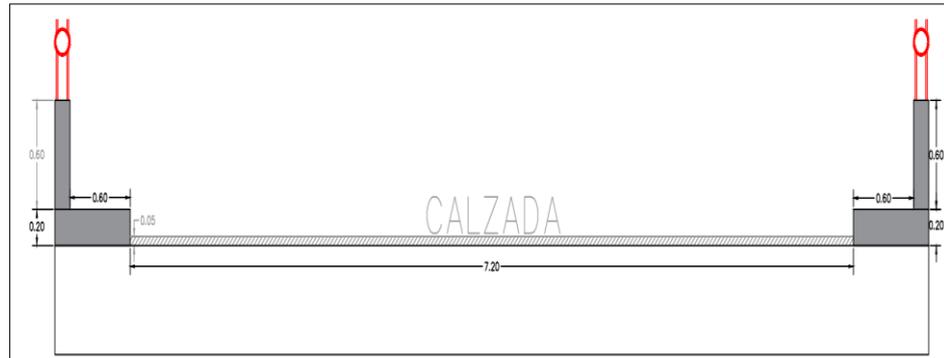
Geometría de puente

Dimensiones	
<i>Longitud de puente</i>	<i>12 metros</i>
<i>Ancho de tablero</i>	<i>8.8 metros</i>
<i>Espesor de asfalto</i>	<i>0.05 metros</i>
<i>Ancho de vereda</i>	<i>0.6 metros</i>
<i>Ancho de sardinel</i>	<i>0.2 metros</i>
<i>Alto de sardinel</i>	<i>0.6 metros</i>

Nota. Se observa las dimensiones de la geometría del puente.

Figura 14

Dimensiones en sección transversal del puente



Nota. En la figura se visualiza las dimensiones de la sección transversal del puente losa.

Tabla 8

Factores de modificación de cargas

Factores de modificación de cargas	
Importancia operativa (ni)	0.95
Ductilidad (nD)	0.95
Redundancia (nR)	1.05
ni	0.95

Nota. Se observa los factores de modificación de cargas que se presenta para el diseño del puente losa.

4.1.2.2 CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

Usaremos la siguiente fórmula:

$$E_C = 0.043 * y_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$$

El cual resulta:

$$E_C = 2844182.66 \text{ tn/m}^2$$

También usaremos el coeficiente de dilatación térmica para el concreto $10.8 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$

Y el módulo de Poisson $u = 0.2$

4.1.2.3 CÁLCULO DE ESPESOR DE LOSA

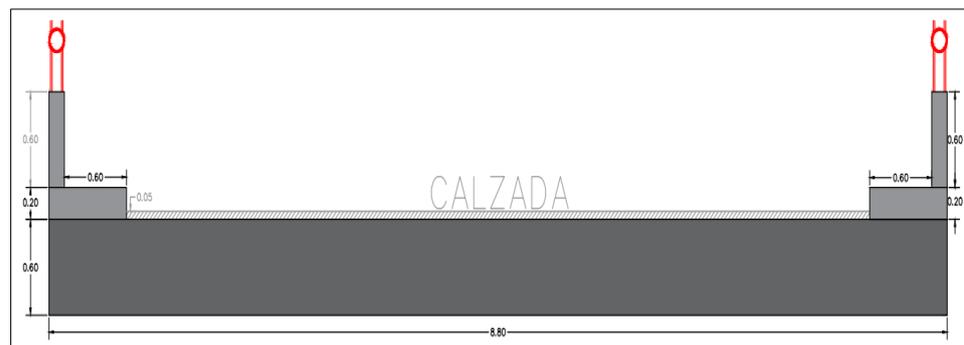
Según el manual de Diseño de Puentes adaptada del AASHTO LRFD indican para peraltes mínimos en puentes losa de un tramo la siguiente fórmula:

$$t_{min} = 1.2 * \left(\frac{L + 3}{30}\right)$$

Resultando: $t_{min} = 0.6 \text{ m}$

Figura 15

Sección transversal del puente



Nota. En la figura se visualiza la sección transversal del puente losa con el peralte del puente.

4.1.2.4 CÁLCULO DE ANCHO DE FRANJA

- **Para 01 carril cargado**

Según el manual de Diseño de Puentes adaptada del AASHTO LRFD indica el ancho equivalente (mm) para 01 carril cargado la siguiente fórmula:

$$E = 250 + 0.42\sqrt{L_1 * W_1}$$

Sabiendo que L_1 es la longitud de tramo modificada y W_1 es el ancho modificado entre los bordes del puente.

Dando el valor del ancho equivalente para 01 carril cargado:

$$E = 4566 \text{ mm}$$

$$E = 4.57 \text{ m}$$

Y el valor para ingresar en el Sap2000 v14:

$$1/E = 0.218818381$$

Multiplicado por el factor de 1.20 para un solo carril cargado.

$$1.2 * 1/E = 0.26258205$$

- **Para más de un 01 carril cargado**

Según el manual de Diseño de Puentes adaptada del AASHTO LRFD indica el ancho equivalente (mm) para más de un 01 carril cargado la siguiente fórmula:

$$E = 2100 + 0.12 * \sqrt{L_1 * W_1} \leq \frac{W}{N_L}$$

Sabiendo que L_1 es la longitud de tramo modificada y W_1 es el ancho modificado entre los bordes del puente y N_L es el número de carriles.

Dando el valor del ancho equivalente para más de 01 carril cargado:

$$E = 3333.1 \text{ mm}$$

El cual confirmo con $E \leq \frac{W}{N_L} = 4000$

Entonces: $E = 3.33 \text{ m}$

Y el valor para ingresar en el Sap2000 v14:

$$1/E = 0.3003003$$

Pero predomina el valor de ancho equivalente de más de un 01 carril cargado.

- **Para losa de borde**

Según el manual de Diseño de Puentes adaptada del AASHTO LRFD indica la siguiente fórmula:

$$E = e_{bar} + 0.3 + E_i/2 \leq E_i \text{ ó } 1.8 \text{ m}$$

Debemos encontrar el mínimo entre $E = 1.967 \text{ m}$, $E_i = 3.33 \text{ m}$ ó 1.8 m .

Entonces usamos: $E = 1.8 \text{ m}$

Y el valor para ingresar en el Sap2000 v14:

$$1/(2 * E) = 0.2777778$$

4.1.2.5 METRADO DE CARGAS

- **Para franja central**

Peso de losa = $(2.5 \text{ tn/m}^3) * (0.6 \text{ m}) * (1 \text{ m}) = 1.5 \text{ tn/m}$

Peso de asfalto = $(2.2 \text{ tn/m}^3) * (0.05 \text{ m}) * (1 \text{ m}) = 0.11 \text{ tn/m}$

Peso de vereda = $(2.4 \text{ tn/m}^3) * (0.8 \text{ m}) * (0.2 \text{ m}) = 0.384 \text{ tn/m}$

$$\text{Peso de baranda} = (2.4 \text{ tn/m}^3) * (0.6 \text{ m}) * (0.2 \text{ m}) + 0.2 \text{ tn/m} = 0.49 \text{ tn/m}$$

$$\text{S/C peatonal} = (0.36 \text{ tn/m}^2) * (0.6 \text{ m}) = 0.22 \text{ tn/m}$$

- **Para franja de borde**

$$\text{Peso de losa} = (2.5 \text{ tn/m}^3) * (0.6 \text{ m}) * (1 \text{ m}) = 1.5 \text{ tn/m}$$

$$\text{Peso de asfalto lat} = (0.11 \text{ tn/m}) * (1 \text{ m}) / (1.8 \text{ m}) = 0.058 \text{ tn/m}$$

$$\text{Peso de vereda} = (0.384 \text{ tn/m}) * (1 \text{ m}) / (1.8 \text{ m}) = 0.213 \text{ tn/m}$$

$$\text{Peso de baranda} = (0.49 \text{ tn/m}) * (1 \text{ m}) / (1.8 \text{ m}) = 0.271 \text{ tn/m}$$

$$\text{S/C peatonal} = (0.22 \text{ tn/m}) * (1 \text{ m}) / (1.8 \text{ m}) = 0.122 \text{ tn/m}$$

4.1.2.6 ANALISIS ESTRUCTURAL EN SAP2000

Se realizará el modelado en Sap2000 v14 para el diseño de la franja central.

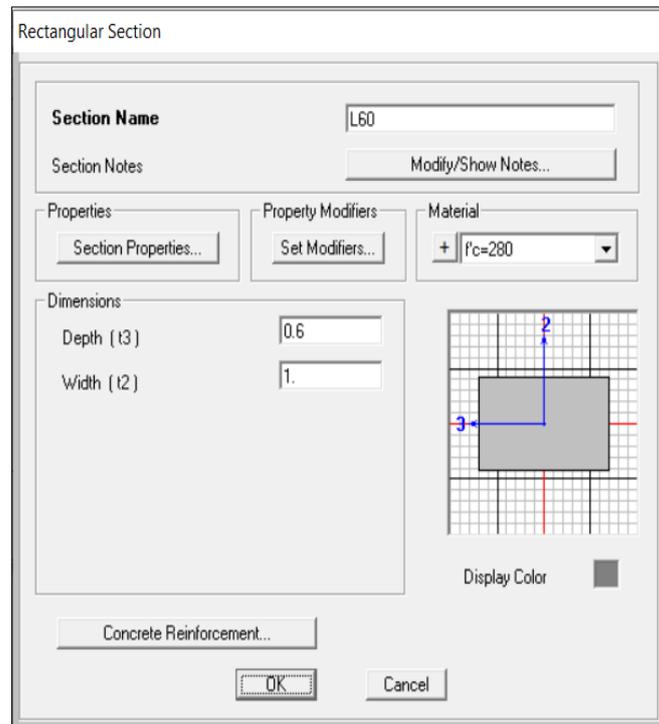
Figura 16

Propiedades de material

Nota. Propiedades de material del concreto estructural f'c= 280 kg/cm².

Figura 17

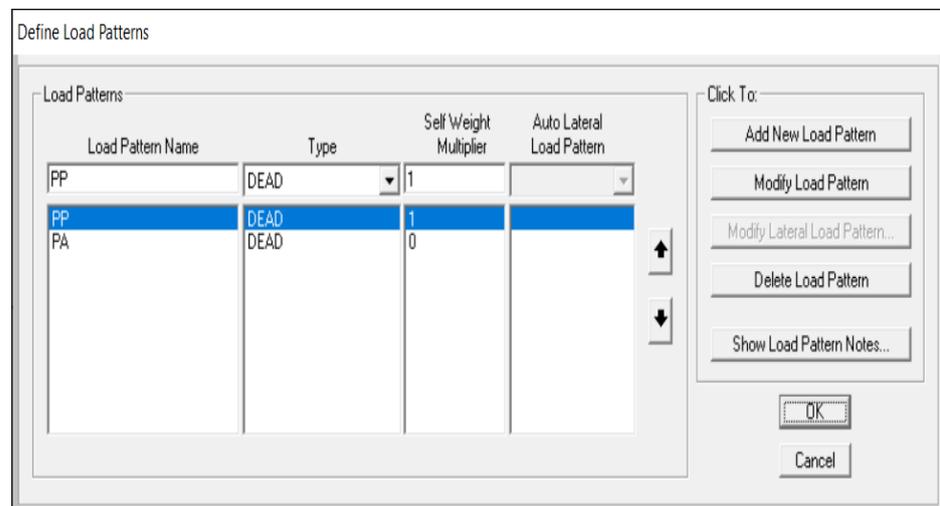
Sección de peralte de losa



Nota. En la figura N° 17 se visualiza las dimensiones de la sección de losa con un peralte de 0.6m.

Figura 18

Patrones de carga



Nota. Observamos en la figura 18 los patrones de carga definidos para la franja central, sabiendo que solo está presente el peso propio del puente (PP) y el peso de asfalto (PA).

Figura 19

Datos de carril

Lane Data

Lane Name: LANE1

Frame	Centerline Offset	Lane Width
1	0	0
1	0	0

Buttons: Add, Insert, Modify, Delete

Buttons: Reverse Order, Reverse Sign, Move Lane...

Lane Edge Type:
Left Edge: Interior
Right Edge: Interior

Maximum Lane Load Discretization Lengths:
Along Lane: 3.048
Across Lane: 3.048

Additional Lane Load Discretization Parameters Along Lane:
 Discretization Length Not Greater Than 1/ 4. of Span Length
 Discretization Length Not Greater Than 1/ 10. of Lane Length

Objects Loaded By Lane:
 Program Determined
 Group

Display Color:

Buttons: OK, Cancel

Nota. Observamos en la figura 19 la asignación de los datos de carril, que va a depender de cuantos tramos es nuestro puente, en nuestro caso solo es 1 tramo o tramo simple.

Figura 20

Asignación de vehículos

Define Vehicles

Vehicles:
HL-93M-1
HL-93K-1

Choose Vehicle Type to Add:
Add Standard Vehicle

Click to:
Add Vehicle...
Modify/Show Vehicle...
Delete Vehicle

Buttons: OK, Cancel

Nota. Observamos en la figura 20 los vehículos definidos siendo el HL-93M (camión de diseño tándem de diseño) y HL-93K (camión de diseño carril de diseño).

Figura 21

Asignación de factor de escala de vehículos

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

Nota. Observamos en la figura 21 la asignación de los factores de escala para las clases de vehículos.

Figura 22

Caso de carga para 01 carril cargado

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	VECL1	0.2188	0	0	All

Number of Lanes Loaded	Reduction Scale Factor
1	1.2

List of Lane Definitions	Selected Lane Definitions
	LANE1

Nota. Se observa el caso de carga para el vehículo de 01 carril cargado, asignando el factor de escala y la reducción del factor de escala.

Figura 23

Caso de carga para más de un 01 carril cargado

Load Case Data - Moving Load

Load Case Name: VEH+01CC | Notes: | Load Case Type: Moving Load

Stiffness to Use:
 Zero Initial Conditions - Unstressed State
 Stiffness at End of Nonlinear Case

Multi-Lane Scale Factors:

Number of Lanes Loaded	Reduction Scale Factor
1	1

Loads Applied:

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	VECL1	0.3	0	0	All

Lanes Loaded for Assignment 1:
List of Lane Definitions: | Selected Lane Definitions: LANE1

Nota. Observamos en la figura 23 el caso de carga para el vehículo de más de un carril cargado, asignando el factor de escala y la reducción del factor de escala.

Figura 24

Asignación de las combinaciones de carga

Define Load Combinations

Load Combinations:

- RESISTENCIA01CC
- RESISTENCIA +01CC
- SERVICIO 1CC
- SERVICIO+01CC

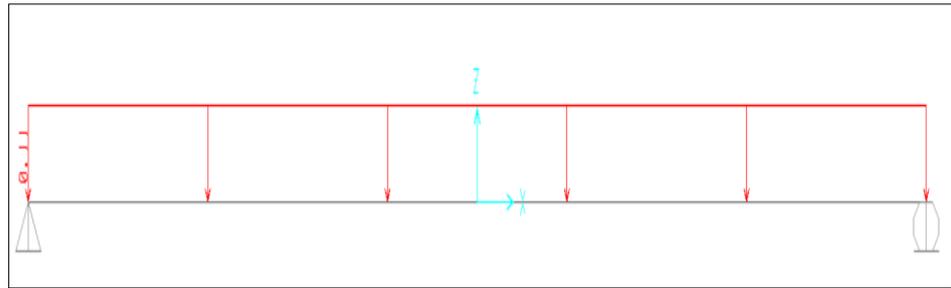
Click to:

- Add New Combo...
- Add Copy of Combo...
- Modify/Show Combo...
- Delete Combo
- Add Default Design Combos...
- Convert Combos to Nonlinear Cases...

Nota. Se observa las combinaciones de carga, que incluyen los factores de carga para RESISTENCIA-I y SERVICIO – I, para 01 y más carriles cargados.

Figura 25

Carga distribuida del peso de asfalto

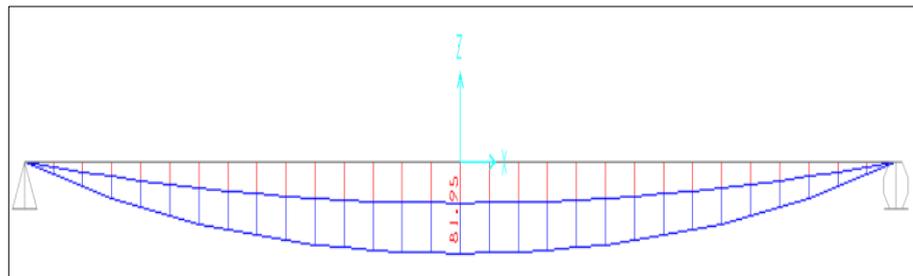


Nota. Observamos en la figura 25 la asignación de la carga distribuida del asfalto 0.11 tn/m, que será la única carga aplicable en la franja central del puente

- **Momentos para franja central**
 1. Resistencia I - 01 carril cargado

Figura 26

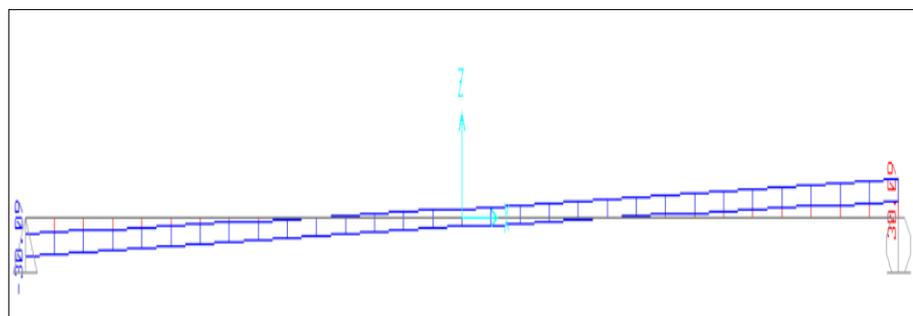
Momento máximo para 01 CC



Nota. En la figura 26 se visualiza el valor del momento máximo en la franja central para el factor de carga RESISTENCIA I para 01 carril cargado, dando el valor de 81.95 tn.m.

Figura 27

Cortante máxima para 01 cc

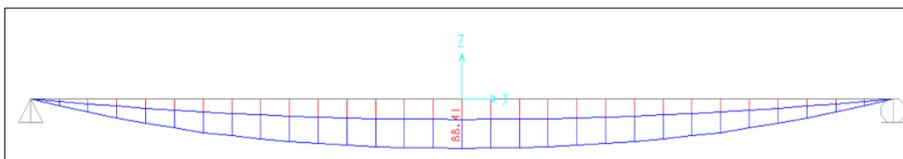


Nota. En la figura 27 se observa el valor de la cortante máxima en la franja central para el factor de carga RESISTENCIA I para 01 carril cargado, dando el valor de 30.09 tn.m

2. Resistencia I - más de 01 carril cargado

Figura 28

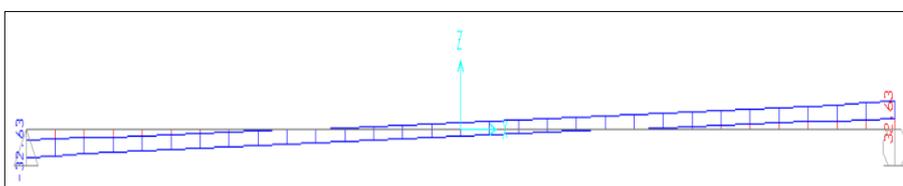
Momento máximo para más de 01 CC



Nota. En la figura 28 se observa el valor del momento máximo en la franja central para el factor de carga RESISTENCIA I para más de un 01 carril cargado, dando el valor de 88.41 tn.m.

Figura 29

Cortante máxima para más de un 01 cc

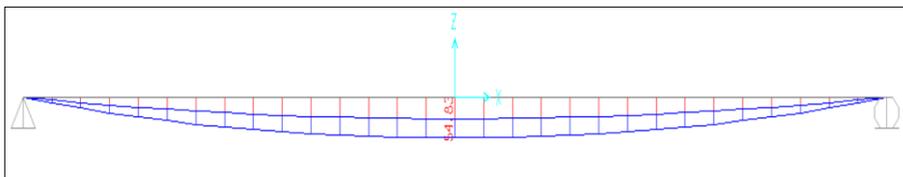


Nota. En la figura 29 se observa el valor de la cortante máxima en la franja central para el factor de carga RESISTENCIA I para más de un 01 carril cargado, dando el valor de 32.63 tn.m.

3. Servicio I - 01 carril cargado

Figura 30

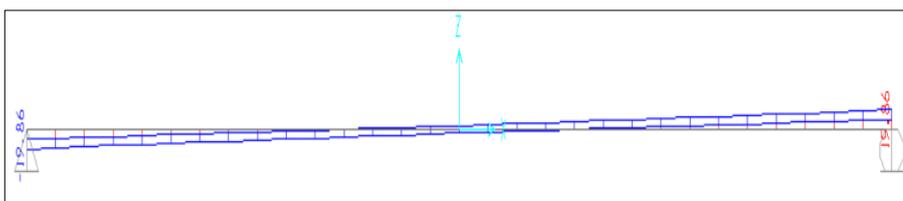
Momento máximo para 01 CC



Nota. En la figura 30 se observa el valor del momento máximo en la franja central para el factor de carga SERVICIO I para un 01 carril cargado, dando el valor de 54.83 tn.m.

Figura 31

Cortante máxima para más de un 01 CC

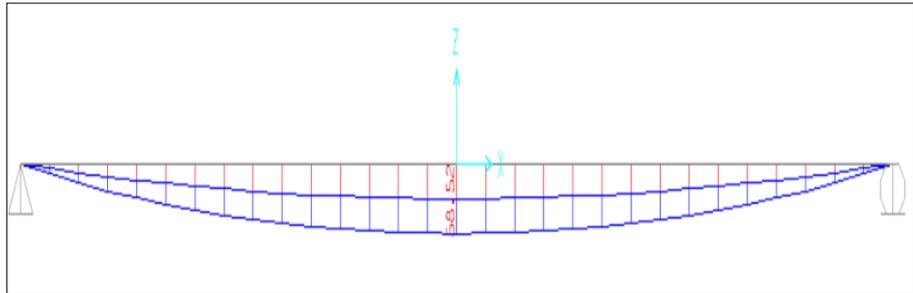


Nota. En la figura 31 se observa el valor de la cortante máxima en la franja central para el factor de carga SERVICIO I para 01 carril cargado, dando el valor de 19.86 tn.m.

4. Servicio I - más de 01 carril cargado

Figura 32

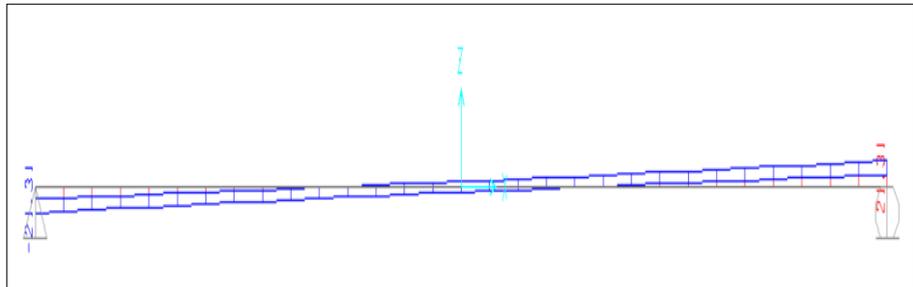
Momento máximo para más de 01 CC



Nota. En la figura 32 se observa el valor del momento máximo en la franja central para el factor de carga SERVICIO I para más de un 01 carril cargado, dando el valor de 58.52 tn.m.

Figura 33

Cortante máxima para más de un 01 CC

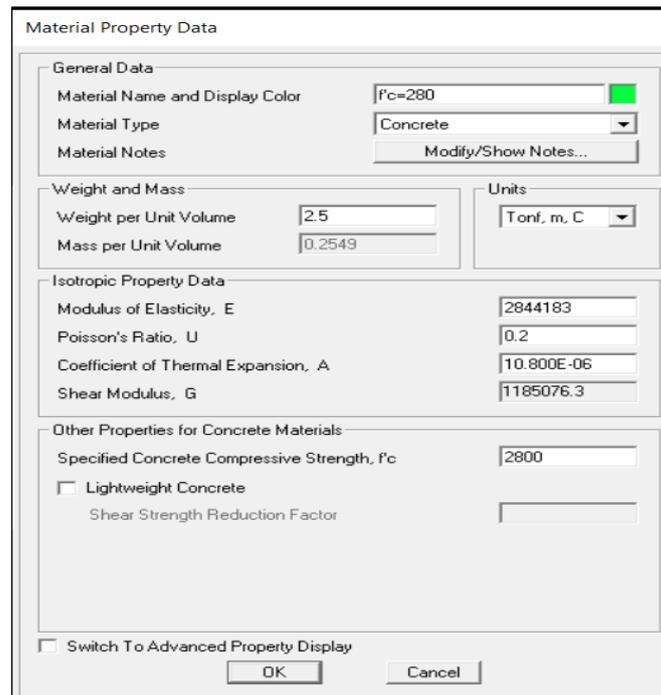


Nota. En la figura 33 se observa el valor de la cortante máxima en la franja central para el factor de carga SERVICIO I para más de un 01 carril cargado, dando el valor de 21.31 tn.m.

Se realizará el modelado en Sap2000 v14 para el diseño de la franja de borde.

Figura 34

Propiedades de material

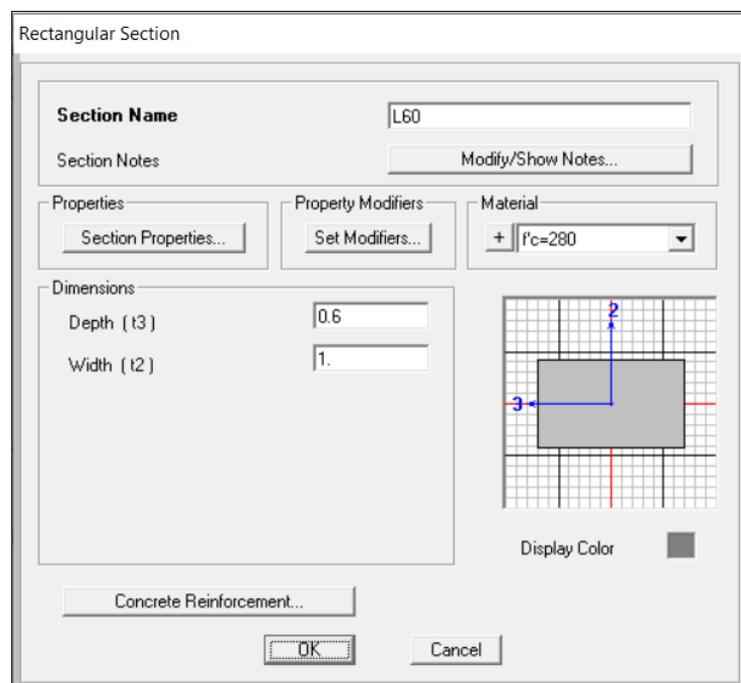


The dialog box 'Material Property Data' is divided into several sections. The 'General Data' section includes 'Material Name and Display Color' (f'c=280), 'Material Type' (Concrete), and 'Material Notes' (Modify/Show Notes...). The 'Weight and Mass' section shows 'Weight per Unit Volume' (2.5) and 'Mass per Unit Volume' (0.2549), with 'Units' set to 'Tonf. m. C'. The 'Isotropic Property Data' section lists 'Modulus of Elasticity, E' (2844183), 'Poisson's Ratio, U' (0.2), 'Coefficient of Thermal Expansion, A' (10.800E-06), and 'Shear Modulus, G' (1185076.3). The 'Other Properties for Concrete Materials' section includes 'Specified Concrete Compressive Strength, f'c' (2800) and a checkbox for 'Lightweight Concrete' (unchecked). At the bottom, there is a 'Switch To Advanced Property Display' checkbox (unchecked) and 'OK' and 'Cancel' buttons.

Nota. En la figura 34 se visualiza las propiedades de material del concreto estructural $f'c=280$ kg/cm².

Figura 35

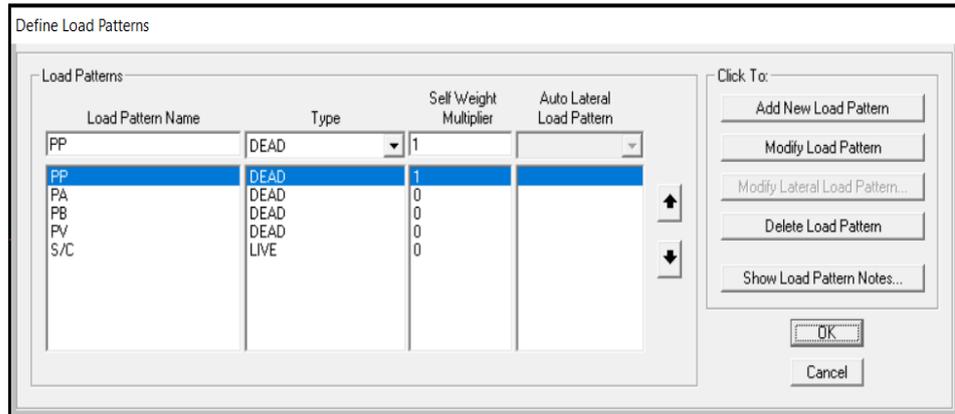
Sección de peralte de losa



The dialog box 'Rectangular Section' shows 'Section Name' as 'L60' and 'Section Notes' (Modify/Show Notes...). It has three main sections: 'Properties' (Section Properties...), 'Property Modifiers' (Set Modifiers...), and 'Material' (+ f'c=280). The 'Dimensions' section shows 'Depth (t3)' as 0.6 and 'Width (t2)' as 1. A grid view on the right shows a rectangular section with dimensions 0.6m by 1m, with a 'Display Color' button. At the bottom, there is a 'Concrete Reinforcement...' button and 'OK' and 'Cancel' buttons.

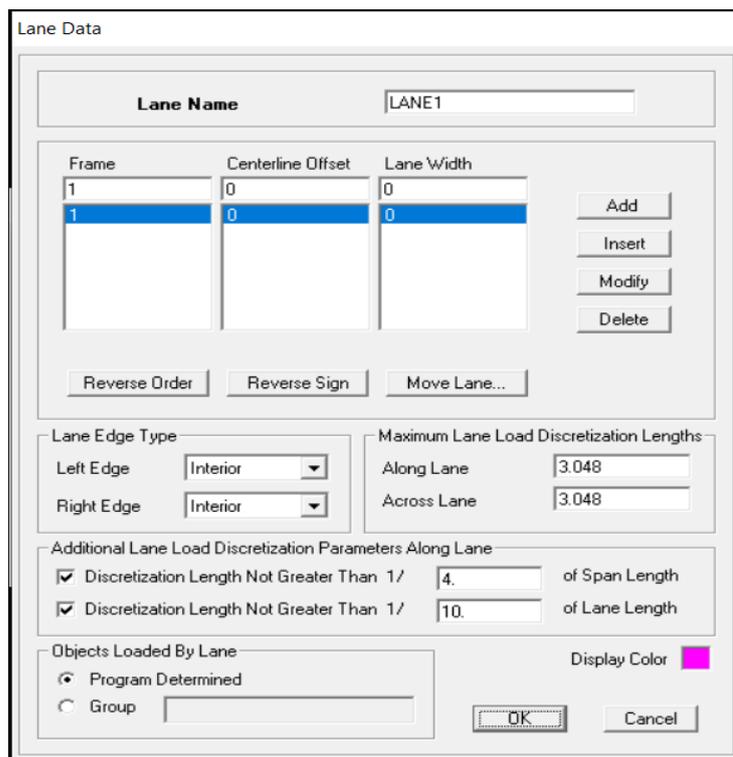
Nota. En la figura 35 se observa las dimensiones de la sección de losa con un peralte de 0.6m.

Figura 36
Patrones de carga



Nota. Observamos en la figura 36 los patrones de carga definidos para la franja de borde, sabiendo que está presente el peso propio del puente (PP), el peso de asfalto (PA), el peso de baranda (PB), el peso de vereda (PV) y la sobrecarga peatonal (S/C).

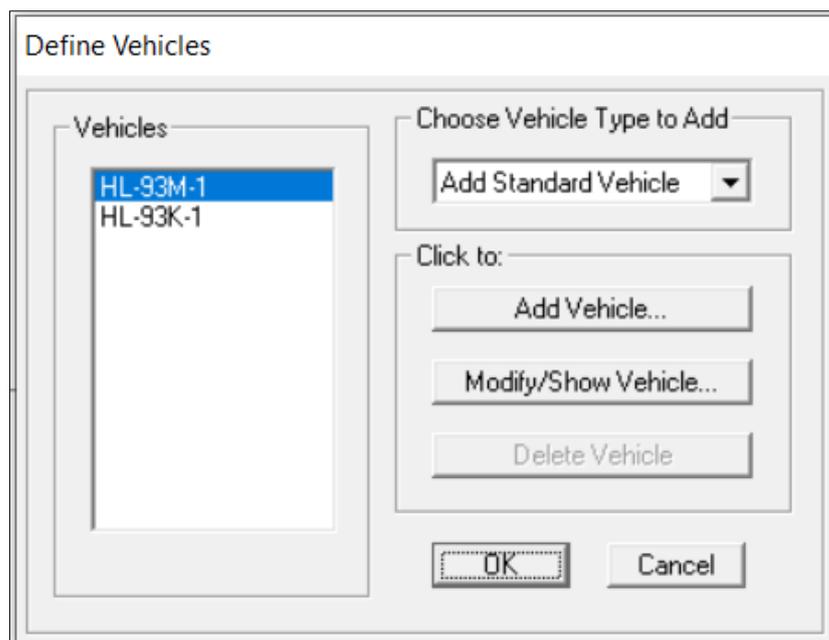
Figura 37
Datos de carril



Nota. Observamos en la figura 37 la asignación de los datos de carril, que va a depender de cuantos tramos es nuestro puente, en nuestro caso solo es 1 tramo o tramo simple.

Figura 38

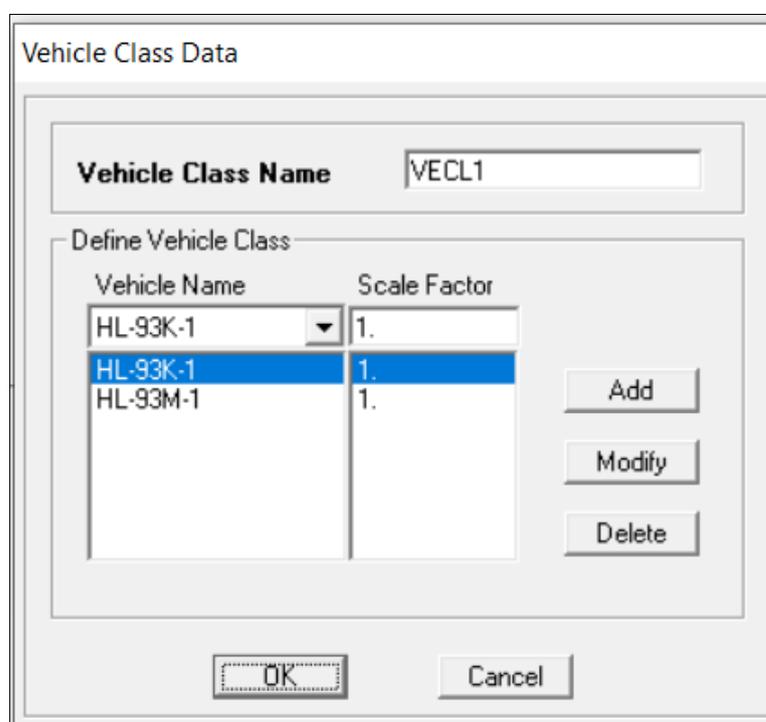
Asignación de vehículos



Nota. Observamos en la figura 38 los vehículos definidos siendo el HL-93M (camión de diseño + tándem de diseño) y HL-93K (camión de diseño + carril de diseño).

Figura 39

Asignación de factor de escala de vehículos



Nota. Observamos en la figura 39 la asignación de los factores de escala para las clases de vehículos.

Figura 40

Caso de carga para el vehículo

Load Case Data - Moving Load

Load Case Name: VEH [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Moving Load [Design...]

Stiffness to Use:
 Zero Initial Conditions - Unstressed State
 Stiffness at End of Nonlinear Case []
Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

MultiLane Scale Factors

Number of Lanes Loaded	Reduction Scale Factor
1	1

[Modify]

Loads Applied

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	VECL1	0.277778	0	0	All

[Add] [Modify] [Delete]

Lanes Loaded for Assignment 1

List of Lane Definitions: [] Selected Lane Definitions: LANE1

[Add ->] [- Remove]

[OK] [Cancel]

Nota. Observamos en la figura 40 el caso de carga para el vehículo, asignando el factor de escala.

Figura 41

Asignación de las combinaciones de carga

Define Load Combinations

Load Combinations:

- RESISTENCIA-I
- SERVICIO-I

Click to:

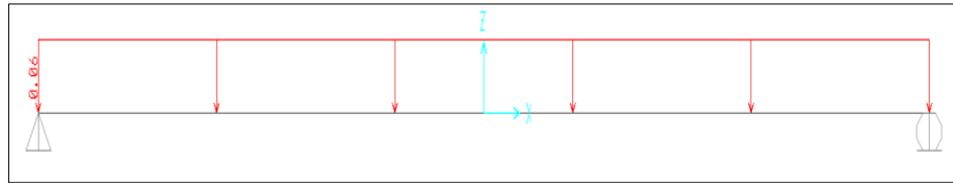
- Add New Combo...
- Add Copy of Combo...
- Modify/Show Combo...
- Delete Combo
- Add Default Design Combos...
- Convert Combos to Nonlinear Cases...

[OK] [Cancel]

Nota. Observamos en la figura 41 las combinaciones de carga, donde se tendrá los factores de carga para RESISTENCIA-I y SERVICIO – I.

Figura 42

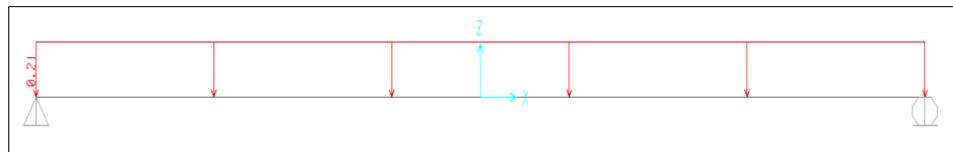
Carga distribuida del asfalto



Nota. Observamos en la figura 42 la asignación de la carga distribuida del asfalto 0.058 tn/m.

Figura 43

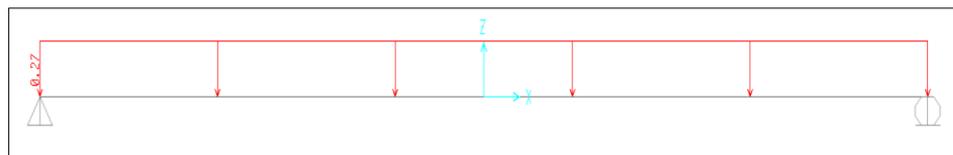
Carga distribuida de la vereda



Nota. Observamos en la figura 43 la asignación de la carga distribuida de la vereda 0.213 tn/m.

Figura 44

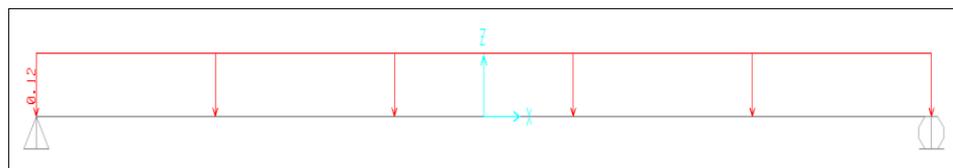
Carga distribuida de la baranda



Nota. Observamos en la figura 44 la asignación de la carga distribuida de la baranda de 0.271 tn/m.

Figura 45

Carga distribuida de la sobrecarga peatonal



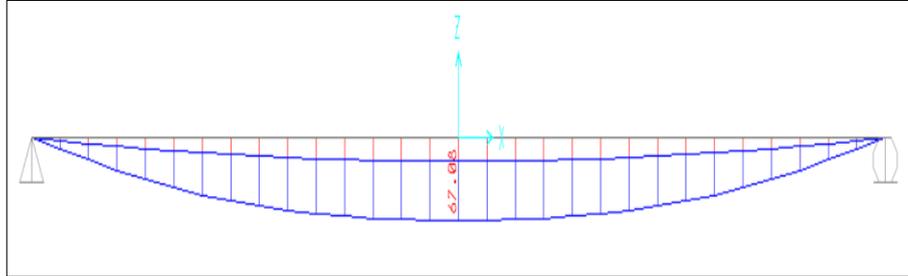
Nota. Observamos en la figura 45 la asignación de la carga distribuida de la sobrecarga peatonal 0.122 tn/m.

- **Momentos para franja de borde**

- 1. Resistencia I**

Figura 46

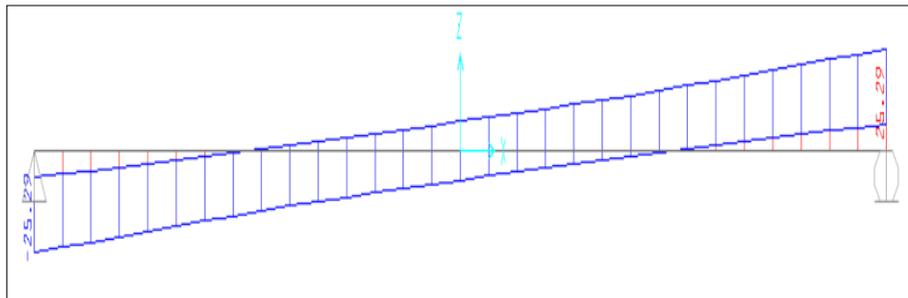
Momento máximo para la franja de borde



Nota. En la figura 46 se visualiza el valor del momento máximo en la franja de borde para el factor de carga RESISTENCIA I, dando el valor de 67.08 tn.m.

Figura 47

Cortante máxima para la franja de borde

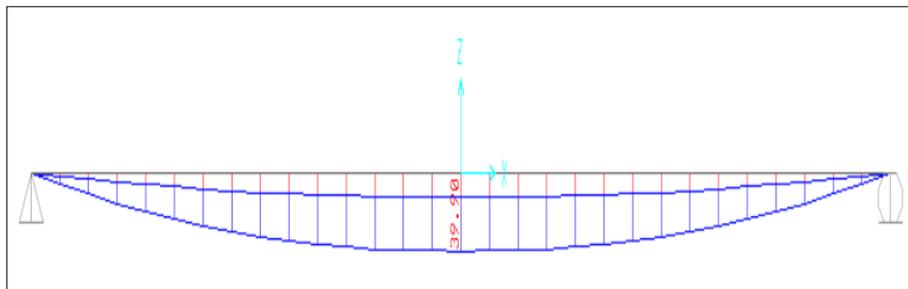


Nota. En la figura 47 se visualiza el valor de la cortante máxima en la franja de borde para el factor de carga RESISTENCIA I, dando el valor de 25.29 tn.m.

- 2. Servicio I**

Figura 48

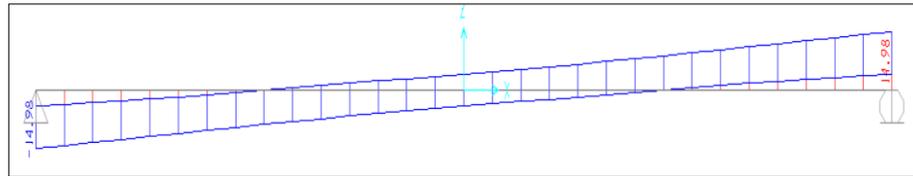
Momento máximo para la franja de borde



Nota. En la figura 48 se visualiza el valor del momento máximo en la franja de borde para el factor de carga SERVICIO I, dando el valor de 39.9 tn.m.

Figura 49

Cortante máxima para la franja de borde



Nota. En la figura 49 se visualiza el valor de la cortante máxima en la franja de borde para el factor de carga SERVICIO I, dando el valor de 14.98 tn.m.

Tabla 9

Resumen de momentos y cortantes máximos a usar para franja central

Momentos y cortantes máximos para franja central	
Momento máximo para resistencia (más de 01 carril cargado)	88.41 tn.m
Cortante máximo para resistencia (más de 01 carril cargado)	32.63 tn.m

Nota. En la tabla 9 se visualiza los valores de momento y cortante máxima que servirán para diseñar la losa interior del puente.

Tabla 10

Resumen de momentos y cortantes máximos a usar para franja de borde

Momentos y cortantes máximos para franja de borde	
Momento máximo para resistencia	67.08 tn.m
Cortante máximo para resistencia	25.29 tn.m

Nota. En la tabla 10 se visualiza los valores de momento y cortante máxima que servirán para diseñar la losa de borde del puente.

PARA LA FRANJA CENTRAL			
Momento Maximo de la Resistencia 1 - 01	81.95	KN.m	
Momento Maximo de la Resistencia 1 - +01	88.41	KN.m	
Momento Maximo por Servicio 1 - 01	54.83	KN.m	
Momento Maximo por Servicio 1 - +01	58.52	KN.m	
Cortante Maximo a una distancia 0.15 m del extremo	32.63	KN	
PARA LA FRANJA DE BORDE			
Momento Maximo de la Resistencia 1 - Vehiculo Borde	67.08	KN.m	
Momento Maximo por Servicio 1 - Vehiculo Borde	39.9	KN.m	
Cortante Maximo a una distancia 0.15 m del extremo	25.29	KN	

4.1.3 DISEÑO DE LOSA CENTRAL

- **Acero por flexión**

Realizando un cambio de unidades para facilitar los cálculos:

$$\cdot Mu = 88.41 \text{ tn.m} = 8395.95 \text{ kn.cm}$$

$$\cdot f'c = 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 28 \text{ Mpa}$$

$$\cdot fy = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 420 \text{ Mpa}$$

$$\cdot \text{Espesor de losa } (t) = 60 \text{ cm}$$

$$\cdot \text{Espesor efectivo } (d) = 54.41 \text{ cm}$$

$$\cdot \text{Ancho unitario} = 100 \text{ cm}$$

Usando la fórmula de la profundidad del bloque a compresión (Whitney).

$$a = \frac{Mu}{\phi \cdot f'c \cdot b}$$

$$a = 7.55 \text{ cm}$$

Acero requerido a flexión:

$$As = \frac{Mu}{0.87 \cdot fy \cdot d}$$

$$As = 42.78 \text{ cm}^2$$

Esfuerzo permisible por tracción:

$$f_{tr} = 0.63 \sqrt{f'c}$$

$$f_{tr} = 3.334 \text{ Mpa}$$

Momento de inercia

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I = 0.018 \text{ m}$$

Momento de fisuramiento:

$$M_{cr} = \frac{f_{tr} \cdot I}{0.5 \cdot h}$$

$$M_{cr} = 200.04 \text{ kn.m}$$

Pero usaremos:

$$1.2M_{cr} = 240.05 \text{ kn.m}$$

Profundidad del bloque a compresión (Whitney).

$$a = 2.09 \text{ cm}$$

Acero necesario por flexión:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi_f * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = 11.83 \text{ cm}^2$$

Cuantía mínima:

$$\rho_{\min} \geq 0.03 * \left(\frac{f_c}{f_y}\right)$$

$$A_{s \min} = 10.95 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se empleará:

$$A_s = 42.78 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 42.78 \text{ cm}^2$$

Entonces se utilizará acero de 1".

Acero a flexión = $\emptyset 1" @ 0.1\text{m}$

- **Verificación por agrietamiento**

Si el momento máximo de servicio es de = 574.08 KN. m.

Obtendremos:

$$f_{sa} = 354 \text{ Mpa}$$

$$0.6 * f_y = 252 \text{ Mpa}$$

Verificamos: $f_{sa} > 0.6 * f_y$

Cálculo de acero dispuesto:

$$A_s = 50.7 \text{ cm}^2$$

Peralte efectivo: $d = 54.73 \text{ cm}$

Cálculo de: $p = 0.0093 \text{ cm}$

Cálculo de: $n = 7.03 \text{ cm}$

Cálculo de: $k = 0.302$

Cálculo de: $J = 0.899$

Cálculo de: $f_s = 230.13 \text{ Mpa}$

Verificamos, por lo tanto, que: $f_s < f_{sa}$

- **Acero de distribución**

Se verifica que: $\frac{1750}{\sqrt{L}} \leq 50\%$

Calculamos el acero de distribución:

$$A_{sd} = 8.1 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, usamos acero de 1/2".

Acero de distribución = $\emptyset 1/2" @ 0.15 m$

- **Acero de temperatura**

Calculamos el acero de temperatura:

$$A_{temp} = 5.36 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se usa acero de $1/2"$.

Acero de temperatura = $\emptyset 1/2" @ 0.25m$

- **Verificación por corte**

La cortante a usar es: $V_u = 320.1 \text{ KN}$

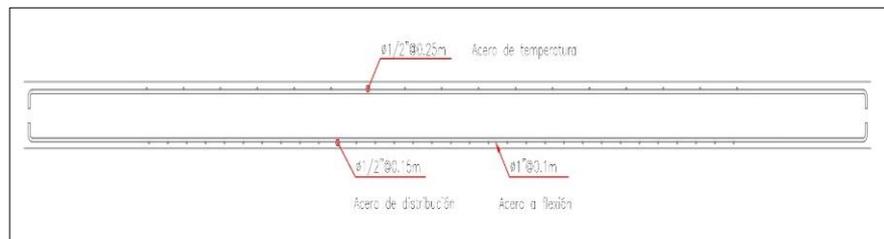
Cálculo de: $V_c = 447.98 \text{ KN}$

$$\emptyset V_c = 403.18 \text{ KN}$$

Verificamos: $\emptyset V_c > V_u$

Figura 50

Detalles de acero de franja central



Nota. En la figura 50 se visualiza el refuerzo de acero del diseño para la franja central.

4.1.4 DISEÑO DE LOSA DE BORDE

- **Acero por flexión**

Realizaremos una conversión de unidades para simplificar los cálculos:

$$M_u = 67.08 \text{ tn. m} = 62515.206 \text{ KN. cm}$$

$$f'_c = 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 28 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 420 \text{ Mpa}$$

Espesor de losa (t) = 60 cm

Espesor efectivo (d) = 54.73 cm

Ancho unitario = 100 cm

Se usa la fórmula de la profundidad del bloque a compresión (Whitney).

$$a = 5.62 \text{ cm}$$

Acero requerido para flexión:

$$A_s = 31.85 \text{ cm}^2$$

Esfuerzo permisible por tracción:

$$f_{tr} = 0.63\sqrt{f'c}$$

$$f_{tr} = 3.334 \text{ Mpa}$$

Momento de inercia

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I = 0.018 \text{ m}^4$$

Momento de fisuramiento:

$$M_{cr} = \frac{f_{tr} * I}{0.5 * h}$$

$$M_{cr} = 200.04 \text{ kn.m}$$

Pero usaremos:

$$1.2M_{cr} = 240.05 \text{ kn.m}$$

Profundidad del bloque a compresión (Whitney).

$$a = 2.09 \text{ cm}$$

Acero requerido por flexión:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi_f * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = 11.83 \text{ cm}^2$$

Cuantía mínima:

$$\rho_{min} \geq 0.03 * (f'c / f_y)$$

$$A_{s \text{ min}} = 10.95 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, usamos:

$$A_s = 31.85 \text{ cm}^2$$

Entonces usamos acero de 1".

$$\text{Acero a flexión} = \phi 1'' @ 0.15 \text{ m}$$

- **Verificación por agrietamiento**

Si tenemos que nuestro momento máximo por Servicio = 391.4 KN.m

Tendremos:

$$f_{sa} = 318.82 \text{ Mpa}$$

$$0.6 * f_y = 252 \text{ Mpa}$$

Verificamos: $f_{sa} > 0.6 * f_y$

Cálculo de acero dispuesto:

$$A_s = 33.8 \text{ cm}^2$$

Peralte efectivo: $d = 55.73 \text{ cm}$

Cálculo de: $p = 0.0061 \text{ cm}$

Cálculo de: $n = 7.03 \text{ cm}$

Cálculo de: $k = 0.253$

Cálculo de: $J = 0.916$

Cálculo de: $f_s = 226.85 \text{ Mpa}$

Verificamos entonces que: $f_s < f_{sa}$

- **Acero de distribución**

Se verifica que: $\frac{1750}{\sqrt{L}} \leq 50\%$

Calculamos el acero de distribución:

$$A_{sd} = 5.4 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, usamos acero de 1/2".

$$\text{Acero de distribución} = \phi 1/2'' @ 0.2 \text{ m}$$

- **Acero de temperatura**

Calculamos el acero de temperatura:

$$A_{temp} = 5.36 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, usamos acero de 1/2".

$$\text{Acero de temperatura} = \phi 1/2'' @ 0.25 \text{ m}$$

- **Verificación por corte**

Tendremos la cortante a usar: $V_u = 248.1 \text{ KN}$

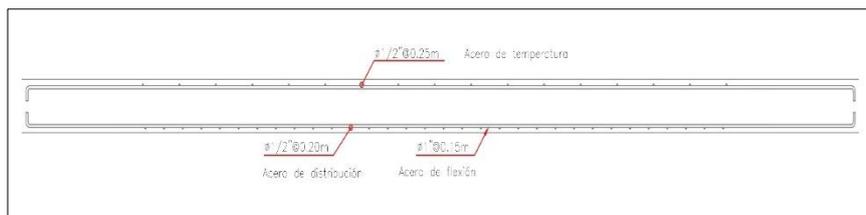
Cálculo de: $V_c = 464.67 \text{ KN}$

$$\phi V_c = 418.2 \text{ KN}$$

Verificamos: $\phi V_c > V_u$

Figura 51

Detalles de acero de franja de borde



Nota. En la figura 51 se visualiza el refuerzo de acero del diseño para la franja de borde.

Tabla 11

Resumen de refuerzos

Refuerzo	Franja central	Franja de borde
Acero a flexión	Ø1" @ 0.1 m	Ø1" @ 0.15 m
Acero de distribución	Ø1/2" @ 0.15 m	Ø1/2" @ 0.2 m
Acero de temperatura	Ø1/2" @ 0.25 m	Ø1/2" @ 0.25 m

Nota. Se visualiza el resumen de los refuerzos usados para el diseño del puente losa.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

En la tesis se acepta la hipótesis general.

Hi: La optimización del diseño del puente losa tendrá un impacto significativo en la mejora del comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán, Huánuco – 2024.

Debido a que la optimización del diseño del puente losa ha resultado en una mejora significativa del comportamiento estructural. Se observó una reducción en los momentos y cortantes máximos, un aumento en los factores de seguridad, y una distribución de cargas más eficiente y uniforme. Estos resultados validan que la optimización del diseño tiene un impacto positivo y significativo en la estructura del puente. Por lo tanto, se acepta la hipótesis **Hi**.

La mejora del diseño incluye la ampliación de la calzada a dos carriles, el ensanchamiento de las veredas y el aumento de la altura de las barandas, lo cual tiene un impacto positivo tanto en la seguridad del tránsito vehicular como en el acceso peatonal. La adición de un segundo carril en la calzada aumenta la capacidad de la vía, reduciendo la congestión y mejorando la fluidez del tráfico, facilitando los desplazamientos de los vehículos y contribuyendo a la eficiencia del transporte. Además, la mayor altura de las barandillas ofrece un elemento adicional de protección, protegiendo a los

usuarios de posibles caídas y mejorando la sensación de seguridad al cruzar la estructura.

Es crucial destacar que el diseño se ha realizado conforme a los estándares y normativas relevantes, siguiendo de una manera rigurosa el Manual de Puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y las especificaciones de diseño de puentes del AASHTO. Esto garantiza la seguridad del puente y la conformidad con las normas establecidas para este tipo de construcciones, garantizando un efecto positivo en la mejora del desempeño estructural del puente losa optimizado.

Por lo tanto, se concluye que la optimización del diseño del puente losa tiene un impacto significativo en la mejora del comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán, Huánuco, confirmando la validez de la hipótesis alternativa (Hi).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los resultados generales obtenidos, estos se caracterizan por tener relación con lo que sostienen Carrillo y Lozano (2018) y Rivera et al. (2021). Carrillo y Lozano (2018), en su tesis sobre el diseño de un puente de concreto armado, resaltan el impacto positivo en la actividad comercial de la región, mejorando la conectividad y la fluidez del tráfico. Su investigación demuestra que un nuevo diseño de puente es más eficiente y rentable que construir una estructura completamente nueva, mejorando la calidad de vida de la comunidad y solucionando deficiencias estructurales del puente original. Esto se traduce en una mejor transitabilidad y un incremento en los factores de seguridad, indicando una mayor capacidad de la estructura para soportar las cargas aplicadas sin comprometer su integridad.

Por otro lado, Rivera et al. (2021), en su artículo científico sobre el diseño de losa maciza de concreto armado del puente Flandes, basado en la Norma CCP-14, proponen mejoras como la ampliación del carril, un ciclo vía y el ensanchamiento de la acera. Los resultados de su estudio revelan que estas mejoras contribuyen a una mejor accesibilidad y seguridad para peatones y vehículos, aumentando la seguridad y operatividad del puente, beneficiando así a la comunidad local.

Considerando lo expuesto anteriormente y analizados los resultados, podemos afirmar que la optimización del diseño del puente losa ha mostrado una mejora significativa en el comportamiento estructural. Después de la optimización, se registraron un momento máximo de resistencia de 88.41 tn.m y una cortante máxima de 32 tn en la franja central, y un momento máximo de resistencia de 67.08 tn.m y una cortante máxima de 25.29 tn en la franja de borde. Comparando estos valores con los obtenidos antes de la optimización, se observa una reducción considerable en los esfuerzos estructurales, lo que sugiere una distribución más eficiente de las cargas y una menor demanda sobre los elementos del puente. La distribución de cargas también se volvió más uniforme y eficiente, reduciendo los puntos de concentración de esfuerzos y mejorando la durabilidad del puente.

CONCLUSIONES

El tipo de superestructura en un puente losa tiene un impacto significativo en la eficiencia del tráfico y en los costos operativos del proyecto. Una selección adecuada de la superestructura puede mejorar la circulación y reducir los gastos operativos a lo largo de la vida útil del puente. En particular, el uso de una losa de concreto armado ofrece ventajas notables, como una mayor durabilidad y un mantenimiento más sencillo, lo que se traduce en una mejora en el desempeño estructural a largo plazo.

A lo largo de la elaboración de la tesis se descubrieron y examinaron varios criterios, características y normas que influyen en la construcción de del puente losa de concreto armado, las normas usadas en particular fue el Manual de Puentes del MTC el cual es una adaptación de LRFDBridge Desing Especifications del AASHTO, estos requisitos son esenciales para asegurar la seguridad y la eficacia del puente. Las normas de diseño, en particular, establecen requisitos explícitos de resistencia estructural, durabilidad y otras características clave que deben tenerse en cuenta para producir un diseño seguro y útil.

La correcta distribución del acero es esencial en el puente tipo losa de concreto armado, los análisis han revelado que la distribución adecuada de la armadura de acero en la losa y otros elementos estructurales es fundamental para garantizar la capacidad de carga y la resistencia requerida, se puede optimizar esta distribución utilizando modernas metodologías de diseño y herramientas computacionales, reduciendo los costes y manteniendo al mismo tiempo altos estándares de seguridad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que al diseñar puentes de concreto armado evalúen cuidadosamente el tipo de superestructura, teniendo en cuenta los requisitos individuales del proyecto y los objetivos de movilidad del tráfico. Por su resistencia y mínimo coste de mantenimiento.

Es fundamental cumplir estrictamente los criterios de diseño de concreto armado para puentes transitables especificados por las autoridades competentes, estas normas proporcionan recomendaciones esenciales para asegurar la seguridad y funcionalidad del puente. El cumplimiento de estos requisitos debe controlarse y verificarse periódicamente.

Para encontrar la distribución ideal del acero en el diseño de hormigón armado, abogamos por el uso de modernas herramientas computacionales y enfoques de optimización, esto puede ayudar a minimizar los costes de material y construcción, manteniendo al mismo tiempo la integridad estructural del puente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI. (2006). *Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary*. EEUU: American Concrete Institute.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2020). *Diseño de Puentes*. AASHTO.
- Apaza Herrera, P. (2000). *Introducción Al Diseño de Puentes en Concreto*. D´Luis.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas: Episteme.
- Blanco Blasco, A. (1996). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*. Lima-Perú.
- Carrillo Murte, O. A., & Lozano Peñuela, L. M. (2018). *Diseño en concreto reforzado del nuevo puente "Las Delicias" para la conexión de los municipios de Alpujarra y Baraya bajo la norma colombiana de puentes LRFD CCP-14*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Chávez Espinel, J. F., & Lozano Novoa, H. M. (2021). *Comparativo de diseño de puentes de viga-losa en concreto y estructura de acero*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- COMPUTERS & STRUCTURES inc. (2013). *CSi Analysis Reference Manual*. Estados Unidos: CSI.
- Delgado Castro, C., Rodríguez Rivas, R., & Verá Ávila, W. (2018). Propuesta de puente aplicando el método de diseño AASHTO LRFD para la. *Dominio de las Ciencias*, 23.
- Díaz Villar, J. A. (2018). *Deformaciones producidas en el puente vehicular Motilones - Moyobamba - San Martín de 163.00 m de luz, considerando la estructura real y el modelo analítico*. Cajamarca: Universidad de Cajamarca.
- Espinoza Rocano, W. G. (2018). *Diseño del puente para trocha carrozable mejorando el tránsito del centro poblado de Vichón provincia Huari, Ancash -2018*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Foster, C., & Atran, T. (2003). *Bridge Engineering Handbook: Construction and Maintenance*. CRC Press.
- Godinez Melgares, G. (2010). *Diseño de losas de concreto armado para puentes carreteros*. México: Universidad Autónoma de México.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- IGP. (2021). *Instituto Geofísico del Perú*. Obtenido de Instituto Geofísico del Perú: <https://www.gob.pe/igp>
- KUPDF. (24 de 05 de 2021). Obtenido de Microcuenca Cayrán -Huánuco: https://kupdf.net/download/microcuenca-cayran-huanuco_60abd493e2b6f5604f169637_pdf
- Latorre, A., Arnal Agustín, J., & Del Rincón, D. (2003). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. España: Dialnet.
- Macedo Blas, K. N. (2018). *Evaluación estructural mediante el método LRFR en puentes de concreto y reforzamiento en el puente Chancay, distrito de Chancay, 2018*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Martín Martín, H. (2021). *Comparativa de cálculo estructural entre dos softwares: ETABS Y SAP2000*. España-Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Martín Velázquez, A. (2019). *Estudio paramétrico del comportamiento estructural*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Mejía, E. (2005). *Técnicas e instrumentos de investigación*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Méndez Mena, H. A., & Torres Jarquín, J. A. (2017). *Diseño de superestructura y subestructura del puente La Vainilla por el método AASHTO LRFD 2010 con las cargas HS20- 44 + 25%*. Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de puentes*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Vivienda, C. y, & SENCICO. (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima - Perú.
- Paredes Taipe, A., & Rojas Cajacuri, J. L. (2018). *Estudio del uso de sellador, varillas platinas y mantas de fibra de carbono, en el comportamiento de la losa de concreto armado del tablero del puente sobre el río Mantaro en los distritos de Chilca, tres de diciembre, Huancayo, Chupaca, Junín 2017*. Junín: Universidad Peruana del Centro.
- Paredes Taipe, A., & Rojas Cajacuri, J. L. (2018). *Estudio del uso de sellador, varillas platinas y mantas de fibra de carbono, en el*

comportamiento de la losa de concreto armado del tablero del puente sobre el río Mantaro en los distritos de Chilca, Tres de Diciembre, provincias de Huancayo, Chupaca. Huancayo: Universidad Peruana del Centro.

Peralta Peralta, F. (2018). *Diseño estructural de puentes peatonales sobre la autopista Pimentel-Chiclayo.* Chiclayo: Universidad Señor de Sipán.

Rivera Hernández, F. N., Gutiérrez Riveros, J. S., & Trujillo Rodríguez, D. G. (2021). *Propuesta de diseño estructural del puente "Flandes - Parque Central" en el municipio de Pasca Cundinamarca mediante un diseño en losa maciza en concreto con vigas fundamentado en la norma CCP-14.* Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.

RNE. (2019). *NORMA E.020.* Obtenido de NORMA E.020:
<https://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Edificaciones/50%20E.020%20CARGAS.pdf>

RNE. (2019). *NORMA E.030.* Obtenido de NORMA E.030:
<http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf>

RNE. (2019). *NORMA E.060.* Obtenido de NORMA E.060:
http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf

RNE. (2019). *NORMA E070.* Obtenido de NORMA E070:
<https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5bITu7uyv/view>

Rodriguez Hinojosa, M. K. (2019). *Diseño de un puente tipo losa y un puente viga losa hasta 20m de luz, en el distrito de Chilca-2017.* Huancayo: Universidad Continental.

Rodriguez Serquén, A. (2016). *Puentes con AASHTO-LRFD (7th Edition).* Prometeo Desencadenado.

San Bartolome Ramos, A. F. (1998). *Análisis de edificios.* Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Santiago Aguirre, E. J. (2022). *Diseño de infraestructura vial para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal en el espacio*

urbano del puente Huallaga y vías adyacentes Huánuco 2021.

Huánuco: Universidad de Huánuco.

Villarino Otero, A. (2010). *Breve resumen de la ingeniería civil*. España:

Escuela Politécnica Superior de Ávila.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Garcia Ortiz, F. (2024). *Optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán-Huánuco-2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco].

Repositorio institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 3167-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 21 de diciembre de 2023

Visto, el Oficio N° 3052-2023-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL PUENTE CARROZABLE PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN EL DISTRITO DE SAN FRANCISCO DE CAYRÁN-HUÁNUCO-2024", presentado por el (la) Bach. Fiorella Flor GARCIA ORTIZ.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1143-2023-D-FI-UDH, de fecha 19 de mayo de 2023, perteneciente al Bach. Fiorella Flor GARCIA ORTIZ se le designó como ASESOR(A) al Mg. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 3052-2023-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL PUENTE CARROZABLE PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN EL DISTRITO DE SAN FRANCISCO DE CAYRÁN-HUÁNUCO-2024", presentado por el (la) Bach. Fiorella Flor GARCIA ORTIZ, integrado por los siguientes docentes: Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza (Secretario) e Ing. Percy Mello Davila Herrera (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL PUENTE CARROZABLE PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN EL DISTRITO DE SAN FRANCISCO DE CAYRÁN-HUÁNUCO-2024", presentado por el (la) Bach. Fiorella Flor GARCIA ORTIZ para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EML/000.

ANEXO 2

MATRIZ DE CONSISTENCIA

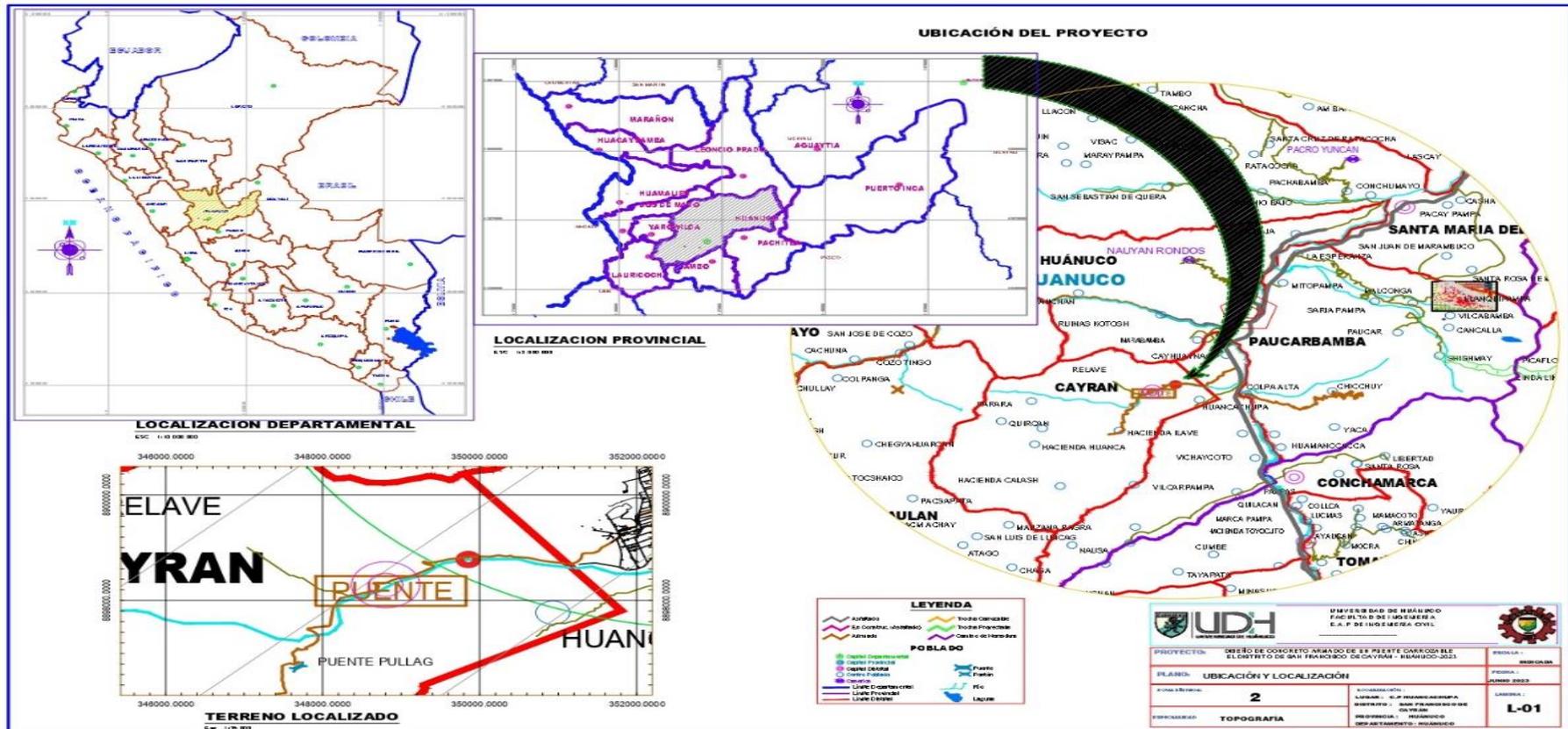
TÍTULO: “OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL PUENTE CARROZABLE PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN EL DISTRITO DE SAN FRANCISCO DE CAYRÁN - HUÁNUCO-2024”

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
<p>Problema general: ¿Cómo realizar la optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán - Huánuco - 2024?</p> <p>Problema específico: • ¿Cómo influye el tipo de superestructura en el diseño del puente carrozable a la movilidad del tráfico en el puente carrozable, San Francisco de Cayrán - Huánuco - 2024? • ¿Cuáles son los diferentes parámetros, características y normas que guían en el diseño de concreto</p>	<p>Objetivo General Realizar la optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán - Huánuco – 2024.</p> <p>Objetivos específicos • Evaluar la influencia del tipo de superestructura en el diseño del puente carrozable a la movilidad del tráfico en el puente carrozable, San Francisco de Cayrán - Huánuco – 2024. •Determinar los diferentes parámetros, características y normas</p>	<p>Hipótesis General Hi: La optimización del diseño del puente losa tendrá un impacto significativo en la mejora del comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán, Huánuco – 2024. H0: La optimización del diseño del puente losa no tendrá un impacto significativo en la mejora del comportamiento</p>	<p>Variable dependiente: Comportamiento estructural</p> <p>Variable independiente: Diseño de puente</p>	<p>Enfoque Será cuantitativo</p> <p>Alcance o nivel El alcance del proyecto es explicativo.</p> <p>Diseño Es no experimental</p>	<p>Población La población de la investigación estará conformada por el puente existente.</p> <p>Muestra Será representada por el puente existente en el lugar de investigación.</p>

<p>armado del puente carrozable, San Francisco de Cayrán – Huánuco - 2024?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo realizar la distribución de acero en el diseño de concreto armado del puente carrozable, San Francisco de Cayrán – Huánuco - 2024? 	<p>que guían en el diseño de concreto armado del puente carrozable, San Francisco de Cayrán – Huánuco – 2024.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Realizar la distribución de acero en el diseño de concreto armado del puente carrozable, San Francisco de Cayrán – Huánuco – 2024. 	<p>estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán, Huánuco – 2024.</p>
---	---	---

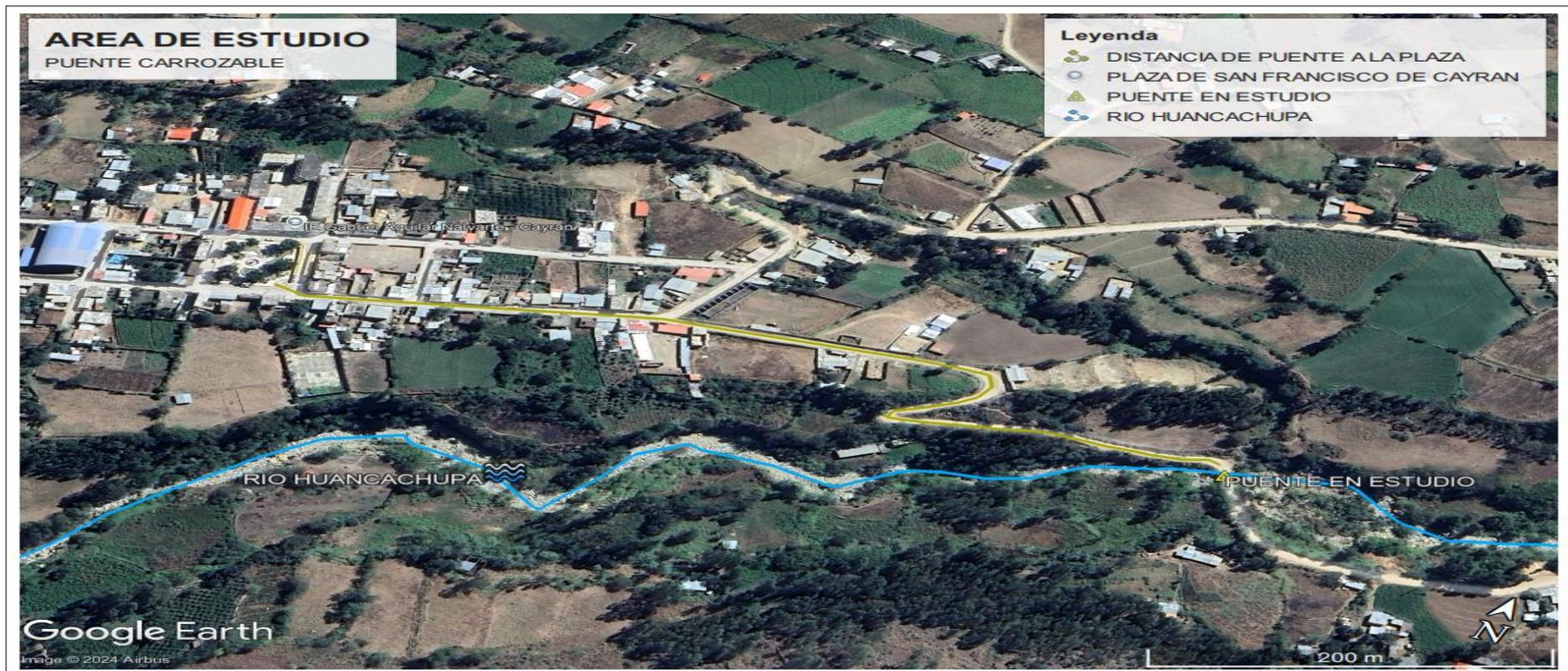
ANEXO 3

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



ANEXO 4

AREA DE ESTUDIO – GOOGLE EARTH



ANEXO 5
MANUAL SAP2000 V14

Manual de Aplicación del Programa SAP2000 v14

Ing. Eliud Hernández / eliudh5@gmail.com / 58-412-2390553



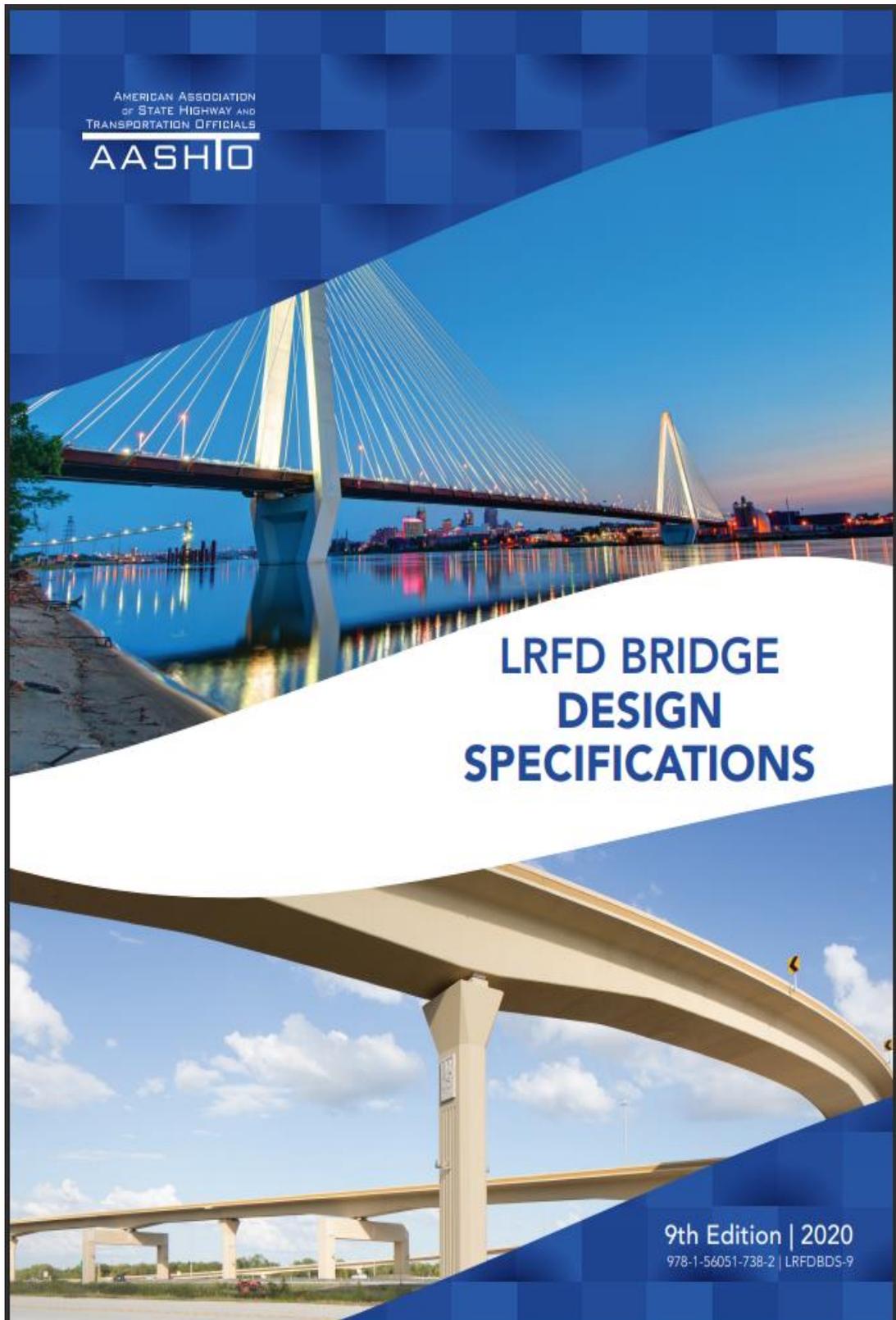
SAP2000

Integrated Software for Structural Analysis & Design
(Software Integrado para el Análisis y Diseño Estructural.)

Elaborado Por:
Ing. Eliud Hernández
(58-412-2390553)

Descargado de www.construaprendo.com

ANEXO 6
LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS



ANEXO 7
MANUAL DE PUENTES



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

MANUAL DE PUENTES

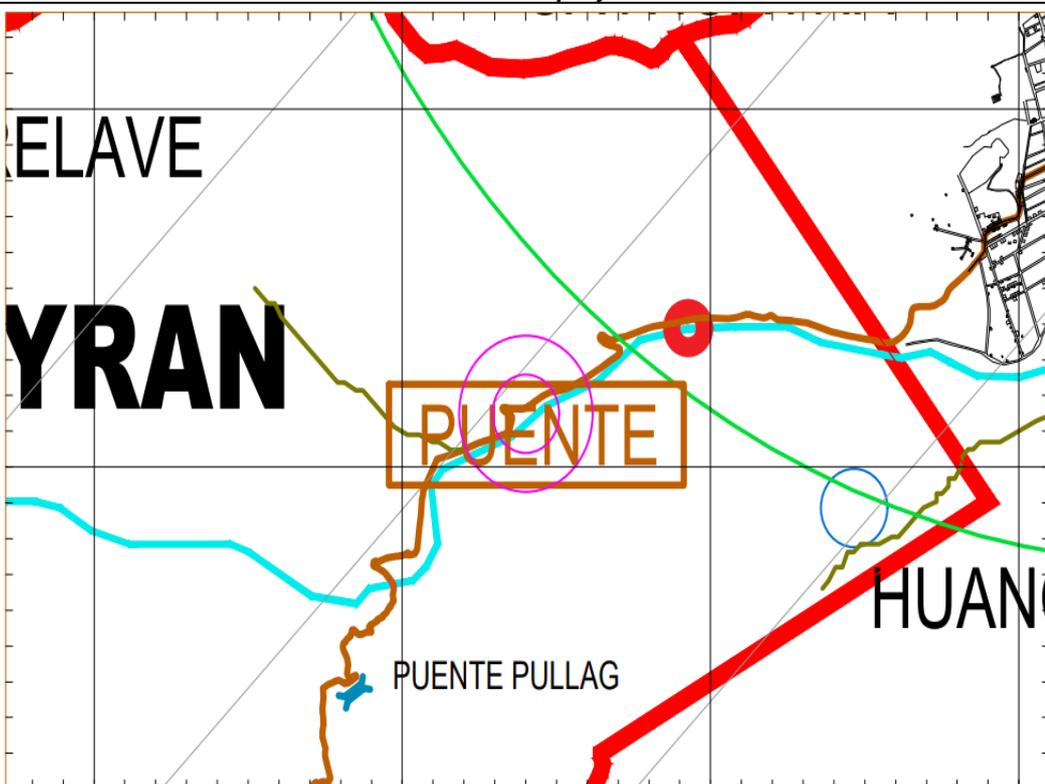


Pte. Pachitea – Huánuco

Diciembre de 2018

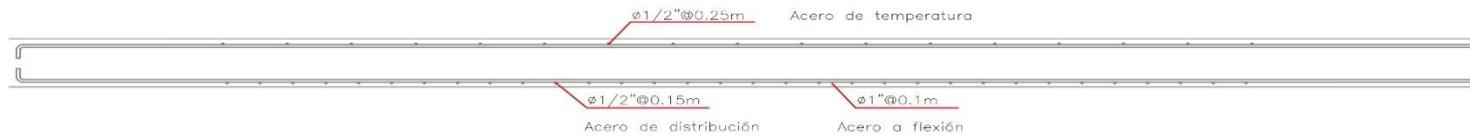
ANEXO 8

FICHA DE OBSERVACIÓN

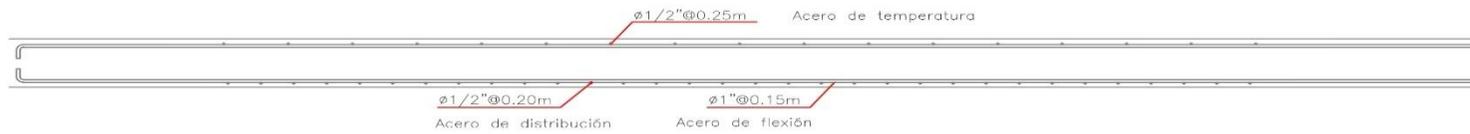
	TESIS: OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL PUENTE CARROZABLE PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN EL DISTRITO DE SAN FRANCISCO DE CAYRÁN-HUÁNUCO-2023	
FICHA DE OBSERVACIÓN		
Tesista	BACH. García Ortiz Fiorella Flor	
Fecha de observación	03 de agosto de 2023	
Hora de observación	10:00 a. m.	
Ubicación del lugar de diseño	Dsitrito de San Francisco de Cayrán, provincia y región de Huánuco.	
Condiciones climáticas	Temperatura	22°C
	Viento	12 km/h
Material considerado	Concreto armado	
Requisitos estructurales	Cumplimiento con el Manual de Puentes y la Norma ASSHTO- LRFD	
Tecnología y Software Utilizados:	Software de Diseño Estructural	Sap2000 v14
	Herramientas de Análisis	Hojas de Excel, AutoCAD
Documentación de Diseño:	Cálculos Estructurales	Completados
	Planos de Diseño	Si
Cargas de diseño	Momento en franja central	88.41 tn.m
	Momento en franja de borde	67.08 tn.m
Ubicación de proyecto		
		

ANEXO 9 REFUERZOS

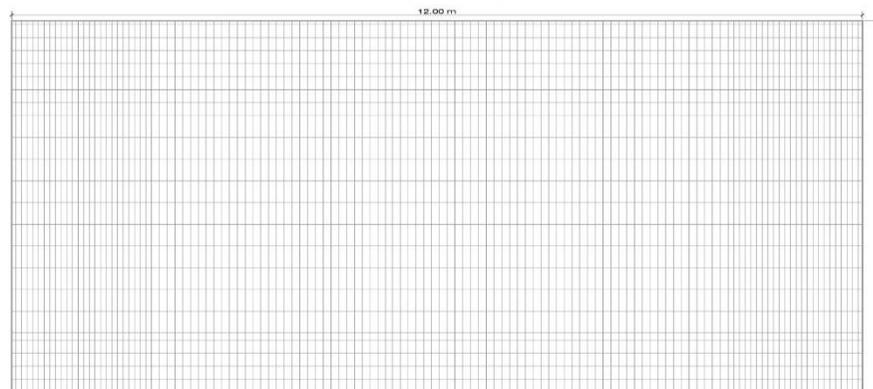
REFUERZO FRANJA CENTRAL



REFUERZO FRANJA DE BORDE



VISTA EN PLANTA



VISTA TRANSVERSAL



	UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FACULTAD DE INGENIERÍA E.A.P. DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO ARMADO DE UN PUENTE CARROZABLE EN EL DISTRITO DE SAN FRANCISCO DE CAYRÁN - HUÁNUCO - 2023.		ESCALA 1 INDICADA
PLANO: REFUERZO DE ACERO		FECHA: SEPTIEMBRE 2023
FACTOR DE ZONA "F": 0.25	ZONA SÍSMICA: 2	LOCALIZACIÓN: DISTRITO : SAN FRANCISCO DE CAYRÁN PROVINCIA : HUÁNUCO DEPARTAMENTO : HUÁNUCO
UBICACIÓN: PUEBLO CAYRÁN		LAMINA 1 L-01

ANEXO 10

PANEL FOTOGRÁFICO



Se realizó encuestas a los pobladores, para los problemas que se presentan en el puente.



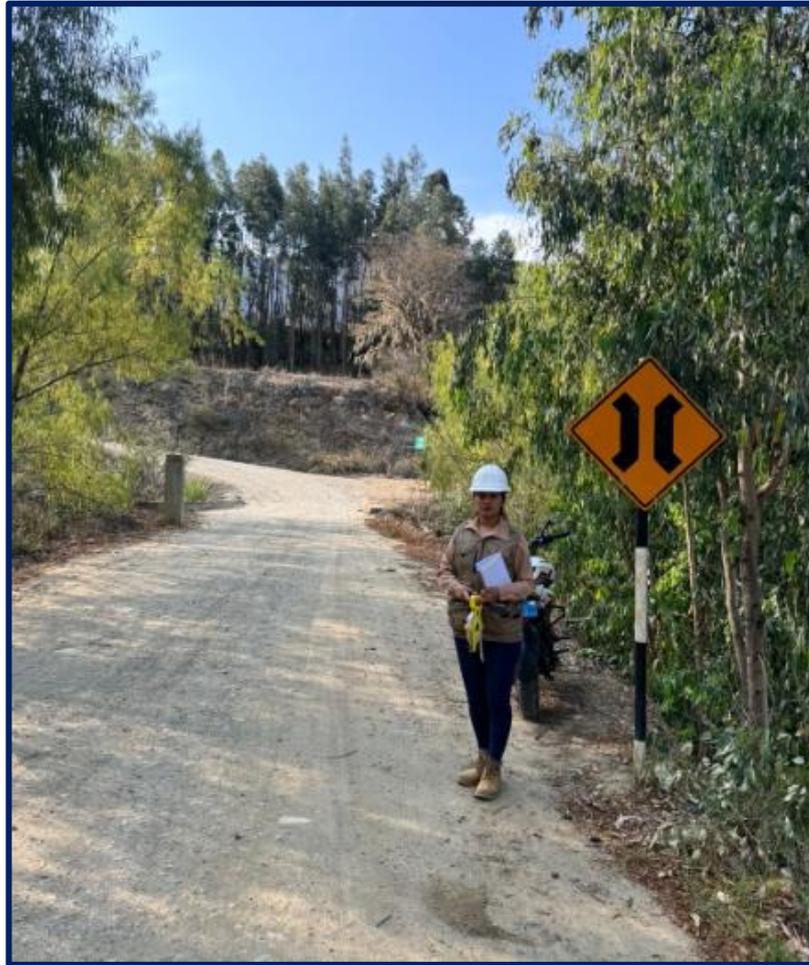
Se tomó medidas al ancho del puente actual.



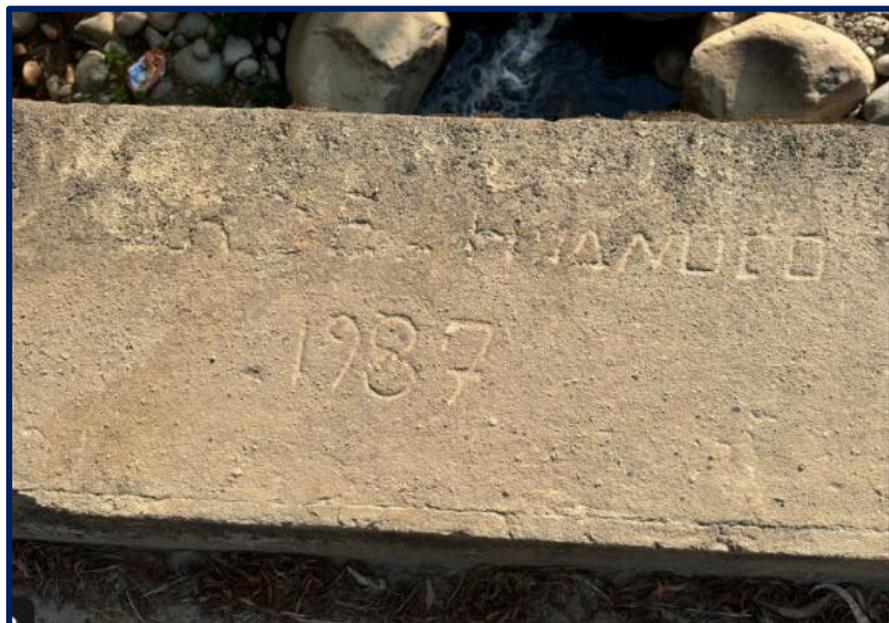
Se tomó medidas a la longitud del puente actual.



Se visualiza los fallos que presenta la losa del puente carrozable.



Se visualiza el ingreso al puente con dirección a la plaza de armas.



Se visualiza el año que el puente se construyó.