



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Propuesta de diseño bajo el método AASHTO- LRFD del  
puente Kitamayo en el km 5+510 de la carretera Písaq –  
Cusco, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Almirón Panti, Lisset

(ORCID: 0000-0001-7426-8278)

**ASESOR:**

Mg. Arévalo Vidal, Samir Augusto

(ORCID: 0000-0002-6559-0334)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

A mis Padres, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo permanente, por haberme educado y formado. A todos los involucrados que han hecho posible la ejecución de la presente tesis.

## **Agradecimiento**

Agradezco a nuestro Señor, quien ha inspirado mi espíritu, brindándome sabiduría y fortaleza en los momentos difíciles.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>27</b>
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	27
3.2 Variables y operacionalización .....	27
3.3 Población, muestra y muestreo .....	29
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	30
3.5 Procedimientos .....	30
3.6 Método de análisis de datos .....	31
3.7 Aspectos éticos .....	31
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>70</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>80</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Pesos específicos.....	18
Tabla 2. Factor de presencia múltiple .....	22
Tabla 3. Fracción de tráfico de camiones en un único carril, p .....	25
Tabla 4. Operacionalización de las variables .....	28
Tabla 5. Matriz de consistencia .....	29
Tabla 6. Datos de varillas .....	41

## Índice de figuras

Figura 1. Puentes tipo viga.....	11
Figura 2. Secciones transversales del tablero.....	12
Figura 3. Características de camión de diseño .....	20
Figura 4. Ubicación del distrito de Pisac y anexos .....	32
Figura 5. Carretera Písaq.....	33
Figura 6. Puente 5+510 carretera Písaq.....	33
Figura 7. Sección transversal puente Km 5+510.....	34
Figura 8. Vehículo de diseño camión .....	36
Figura 9. Carga del camión .....	36
Figura 10. Línea de influencia de momento flector del camión .....	37
Figura 11. Vehículo de diseño tándem.....	37
Figura 12. Carga del tándem.....	38
Figura 13. Línea de influencia de momento flector del tándem .....	38
Figura 14. Carga de carril.....	38
Figura 15. Carga del carril .....	38
Figura 16. DMF de la carga del carril .....	39
Figura 17. Dimensiones consideradas franja interior .....	49
Figura 18. Planta de zapata - Armadura .....	64
Figura 19 Armadura sección M-M .....	64
Figura 20. Armadura sección transversal estribo .....	65
Figura 21. Elevación aleta - Armadura .....	66
Figura 22. Elevación Aleta – Armadura Sección A-A .....	66
Figura 23. Elevación Aleta – Armadura Detalle 1-1.....	67
Figura 24. Planta Losa - Armadura .....	67
Figura 25. Distribución de acero de losa Corte trasnversal.....	68
Figura 26. Armadura Losa – Sección A-A.....	68
Figura 27. Armadura de unión – Sección R-R.....	68
Figura 28. Armadura Distribución de la unión .....	69
Figura 29. Detalle de extremo de losa – Sección Z-Z .....	69

## Resumen

En Perú, el Ministerio de Transporte proporciona manuales de diseño basados en estándares internacionales, y los estándares estadounidenses son proporcionados por AASHTO. Por lo que este trabajo desarrolla una propuesta de diseño del puente Kitamayo con el método de AASHTO LRFD, ubicado en el Km 5+510 de la carretera Pisaq, que une el distrito de Pisac, sus anexos y la ciudadela Inca. La investigación realizada es una metodología de investigación aplicada y el diseño de la investigación es no experimental, debido a la segunda característica, la información generada será utilizada dentro de un tiempo definido y registrado. La información utilizada en este trabajo realizó un análisis explicativo de los datos aportados por la revisión documental de la información aportada por la investigación realizada por COPESCO, identificando diseño vial, investigación hidrológica e hidráulica, investigación topográfica, investigación de suelos y datos viales importantes para desarrollo. La ingeniería de puentes proporciona información. Esto también se puede utilizar como modelo para puentes con características similares. Se puede mencionar en su conclusión que la determinación del tamaño correcto de la estructura del puente de losa dependerá del proyecto que se esté ejecutando, considerando principalmente la longitud del puente, así como el peralte de la losa.

**Palabras clave:** Diseño de puente, puente losa, LRFD.

## **Abstract**

In Peru, the Ministry of Transportation provides design manuals based on international standards, and US standards are provided by AASHTO. Therefore, this work develops a design proposal for the Kitamayo bridge with the AASHTO LRFD method, located at Km 5 + 510 of the Písaq highway, which connects the Písaq district, its annexes and the Inca citadel. The research carried out is an applied research methodology and the research design is non-experimental, due to the second characteristic, the information generated will be used within a defined and recorded time. The information used in this work carried out an explanatory analysis of the data provided by the documentary review of the information provided by the research carried out by COPESCO, identifying road design, hydrological and hydraulic research, topographic research, soil research and important road data for development. Bridge engineering provides information. This can also be used as a model for bridges with similar characteristics. It can be mentioned in its conclusion that the determination of the correct size of the slab bridge structure will depend on the project that is being executed, considering mainly the length of the bridge, as well as the cant of the slab.

**Keywords:** Bridge design, slab bridge, LRFD.

## I. INTRODUCCIÓN

En la infraestructura vial de un país, considerando la geografía nacional, los puentes juegan un papel vital en las conexiones regionales, ya que son responsables de acortar distancias, reducir el tiempo de viaje y reducir los costos operativos para los residentes y el transporte de alimentos. Los puentes son muy importantes para el sector turístico del país, porque al mejorar y desarrollar las interconexiones regionales adecuadas, permiten que los este sector se comuniquen con los principales centros urbanos del país, generando un beneficio tiempo y costo.

En el Perú el turismo es determinante para mover la economía, este representa el 4% del producto bruto interno (PBI), que tenía un crecimiento sostenido anual de aproximadamente 8% hasta antes de la pandemia, año 2019, en el año 2018 Cusco recibía entre turistas nacionales y extranjeros más de un millón y medio de visitantes, por lo que la demanda de una mejora en las instalaciones era una prioridad, ya que este departamento alberga a una de las siete maravillas del mundo.

La Comisión Especial para Coordinar y Supervigilar el Plan Turístico Cultural Perú – UNESCO, esta institución fue creada en 1969 y tiene como objetivo programar y ejecutar proyectos de infraestructura turística y económica, necesaria para lograr un desarrollo integral de la región Cusco, por lo que siendo la encargada directa de los proyectos solicitó la mejora de la infraestructura vial de la carretera que permite el desplazamiento desde la ciudad de Pisac a la ciudadela de Pisaq, área altamente visitada después de la ciudadela de Machu Picchu.

Este proyecto contempla una vía de 9 kilómetros, en donde se solicita el redimensionamiento de la vía a nivel de geometría de trazo, redimensionamiento de la estructura de pavimento, redimensionamiento renovación de cuentas, alcantarillas y puente Kitamayo, tratamiento con sectores con problemas de estabilidad de taludes y terraplén, acondicionamiento del terraplén para el Mirador y Parador, mejoramiento de la señalización vertical y horizontal.

Para el desarrollo del proyecto integral se realizaron diversos estudios en donde se determinó que el puente de Kitamayo ubicado en el Km 5+510 de la carretera debía ser re estructurado, por lo que he desarrollado una propuesta de diseño de concreto armado bajo el método AASHTO LRFD.

Podemos realizar la siguiente formulación del problema general: ¿Por qué es necesario una la propuesta de diseño del puente bajo el método AASHTO LRFD Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq? Y como problemas específicos tenemos: ¿Por qué es necesario evaluar las cargas permanentes, permanentes de valor no constante y variables para la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq?, ¿Por qué es necesario realizar el predimensionamiento del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq?, ¿Por qué es necesario realizar el diseño de los elementos estructurales del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq?

Como justificación metodológica tenemos que: el presente trabajo de investigación se usa con cierto nivel de detalle cada una de las etapas del diseño estructural, teniendo en cuenta consideraciones de la norma de edificación vigente, buscando la idealización más próxima de la estructura real en base a modelos matemáticos que puedan determinar la respuesta (comportamiento) estructural frente a un a cargas permanentes y variables. Además de poder validar los modelos matemáticos.

Como justificación personal se cuenta con bibliografía y artículos científicos que están relacionados con el diseño de concreto armado en puentes. Además, cabe destacar que estas referencias son muy generales dentro del ámbito de la ingeniería. Asimismo, estando así el investigador motivado y capacitado.

Como justificación social esta investigación contribuirá a resolver parte de los problemas que existen para el desplazamiento de turistas, de los productores agropecuarios, y demás personas que transiten la vía.

El beneficio es que se desarrollara la propuesta de diseño del puente que beneficiará a la a la población de la ciudad de Pisac y a las personas que se trasladan por esta carretera como realizar comercio regional además de dar mejor

transitabilidad a los turistas que realizan el recorrido hacia la ciudadela y centro ceremonial de Písaq.

El presente trabajo de investigación posee la información suficiente tales como libros, internet, revistas, cursos virtuales, etc. Con respecto al factor tiempo será en un periodo corto de aproximadamente 6 meses. Se hace hincapié que quien tomará todos los datos y los llevará a los demás procedimientos para posteriormente realizar el diseño estructural adecuado solo será el investigador. Asimismo, cabe resaltar que el financiamiento será con recursos propios del investigador, de tal manera que el presente proyecto no requiere un mayor costo o un auspiciador.

El objetivo general es: Realizar la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq, y como objetivos específicos tenemos: Determinar las cargas permanentes, permanentes de valor no constante y variables para la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq, determinar el predimensionamiento del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq, realizar el diseño de los elementos estructurales del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq.

La hipótesis general es factible diseñar un puente que siga la forma de la vía (curvo), en hipótesis específicas tenemos: Podría obviarse alguna de las cargas permanentes o permanente de valor no constante o variables para la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq, determina el predimensionamiento la dimensión final de los elementos del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq, la dimensión los elementos estructurales del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq son adecuadas para que cumpla su ciclo de vida.

## II. MARCO TEÓRICO

Como **antecedentes internacionales**, tenemos a:

Chávez Espinel & Lozano Novoa, (2021) en su tesis de grado. Llegaron a las siguientes conclusiones:

Este proyecto tiene como objetivo comparar dos tipos de diseños de puentes con los siguientes parámetros comunes: la distancia entre los apoyos, el tamaño total, la carga estática correspondiente al peso del elemento estructural y la carga estática causada por la carga causada por la estructura. , y el elemento de tráfico; se trata de mostrar un diseño diferente que reemplace al diseño tradicional, convirtiéndolo en una opción para puentes de viga cercana. El diseño que se presenta aquí utiliza los códigos de diseño colombianos relevantes y las recomendaciones en la literatura para la tipología comparada.

Delgado Castro, Rodríguez Rivas, & Vera Ávila, (2018) en su tesis de grado. Llegaron a las siguientes conclusiones:

Cabe mencionar que el Ecuador no cuenta con un reglamento técnico propio y actualizado para el diseño de ejes, por lo que debe recurrir a estándares internacionales, entre los cuales los estándares estadounidenses dados por AASHTO son los más utilizados. Con base en este método, se propuso el diseño del método AASHTO LRFD para la construcción de un puente de losa en Manta. La investigación utiliza métodos cuantitativos. El método cognitivo es la lógica racional. Alcance no experimental y naturaleza del documento. Esta información se analiza a través de un análisis explicativo de los datos proporcionados por una revisión de la literatura sobre la población de Manta y las características de las carreteras, por lo que es necesario proponer un proyecto para estudiantes con características similares en otras ciudades. En su solución, se puede enfatizar que se puede obtener un buen tamaño de la estructura que constituye el puente de losa, que dependerá completamente del proyecto que se esté ejecutando, viendo con precisión la longitud del puente, así como el canto de la losa.

Gutiérrez Riveros, Rivera Hernández, & Trujillo Rodríguez, (2021) en su tesis de. Llegaron a las siguientes conclusiones:

Existen muchos métodos en la ingeniería civil, como la rama de ingeniería encargada del diseño, construcción y ejecución de puentes, que permite a las estructuras sortear obstáculos y encontrar sus rutas de manera más eficiente y rápida. A lo largo de los años, el puente se ha desarrollado continuamente de acuerdo con las necesidades humanas. Hasta principios del siglo XIX, los puentes fueron diseñados y construidos por maestros basados en procedimientos empíricos, pero con el continuo desarrollo de la economía y la tecnología de la Revolución Industrial, con la invención del hierro fundido, el hierro forjado y el acero, la escuela fue creada como obra civil y estructura exterior. El objetivo principal de este trabajo fue diseñar el diseño del puente "Flandes-Parque Central" en Pascal Cundinamarca. Debido a la falta de mantenimiento y al uso continuo, el puente se encuentra actualmente en mal estado. El puente emergente está diseñado con hormigón armado, la estructura superior está compuesta por losas macizas con vigas y la infraestructura está compuesta por estribos y almas centrales. Cabe señalar que no se proporcionan cálculos para el diseño de la cimentación. Todo el concepto de estructura es basado en el estándar CCP-14. Primero se diseñó el tamaño del puente y se ensacharon los carriles, uno para bicicletas y otro para peatones. Además, se realizaron evaluaciones de carga dinámica y estática. Datos como el ancho de la viga y el peralte de la losa se realizaron; además del acero El cálculo, todo lo relacionado con el diseño del estribo se determina de esta manera, y finalmente se analiza la estructura en el programa SAP 2000.

Como **antecedentes nacionales**, tenemos a:

Según Mamani Vargas & Villavicencio Villavicencio, (2020) en su tesis de grado. Llegaron a las siguientes conclusiones:

El propósito de este estudio es utilizar el método de ancho de tira equivalente aproximado en el Manual de puentes MTC 2018 para evaluar la diferencia entre el diseño optimizado y no optimizado de los puentes de losas de hormigón armado. La investigación y el desarrollo incluye los siguientes procesos de contenido: Primero, registrar el desempeño, las propiedades geométricas del material, la carga de diseño y la medición de la carga; Segundo, la determinación del ancho equivalente de la tira en el Manual de puentes MTC 2018 y el pre dimensión del tablero ultra alto; Tercero, a través de la optimización matemática El desarrollo del

diseño incluye: discretización de la longitud del puente, determinación de la función objetivo (la principal función matemática de optimización, que será utilizada como un costo de referencia directo en nuestra investigación) y sus subfunciones (edificios de gran altura, volumen de hormigón), Peso del acero y área de la plantilla), determinar la variable a mejorar (ancho de la losa), la ejecución y proyección del método matemático en el programa matemático Maple, y determinar el ancho óptimo de la losa. Después de obtener el ancho no optimizado, el análisis estructural optimizado calculará los valores de cortante y momento flector, así como el diseño del área donde se requiere acero. Los cálculos pueden determinar los parámetros objetivo del diseño optimizado y no optimizado, como el volumen de hormigón, cantidad de acero, encofrado, costo estimado. Se determina a partir de este levantamiento que la distancia entre soportes o luces es de 4,00 m, 4,50 m, 5,00 m, 5,50 m, 6,00 m, 6,50 m, 7,00 m, 7,50 m, 8,00 m, 8,50 m, 9,00 m, 9,50 m, 10,00 m, 10,50 m, 11,00 m, 11,50 m, 12,00 m, 15,35% por debajo del promedio. Finalmente, la contribución al proyecto será optimizar el ancho de losa del puente de hormigón armado, de 4 m a 12 m de longitud, minimizando así los costos.

Según Flores Peña & More Durand, (2020) en su tesis de grado. Llegaron a las siguientes conclusiones:

El proyecto se ubica entre La Unión en la localidad norteña de Tabrazo y Alto La Cruz de la Arena en Piura. El nombre de este puente es Puente de San José. Durante la temporada de lluvias, la conexión entre el norte es muy insuficiente. La intersección del poblado de Tablazo con Alto resultó en la inundación del Estrecho de Melizo, una acequia del río Piura que afectó la economía de los pobladores, incluyendo cultivos, ganadería y educación. Para ellos, decidimos utilizar el código AASTHO LRFD como diseño del puente, por lo que es importante la transitabilidad de la población, lo que traerá muchos beneficios, como la reducción de tiempo y costo. Diseñar un puente de viga de losa de 15m de luz para mejorar la conexión entre la localidad de Tablazo y Alto La Cruz de la Arena-Piura en la parte norte de la Unión, proyectarlo como monorriel, ya que actualmente es calzada y tiene. Básicamente se ha implementado ingeniería topográfica, investigación de suelos, hidrología e hidráulica, investigación preliminar sobre transporte, con el propósito

de obtener información y trasladar estos resultados al diseño, el cual se basará en las instrucciones del Manual de Puentes 2016.

Según Rodríguez Hinostroza, (2019) en su tesis de grado. Llegaron a las siguientes conclusiones:

En este artículo se profundiza en el diseño de puentes de losa de 12 metros y puentes de vigas de losa de 12 metros; especialmente el diseño de tableros, vigas (si las hubiera) y estribos con muros de gravedad. Para el análisis y diseño de los dos puentes se utilizó el método AASTHO-LRFD (Asociación de Oficiales Estatales de Transporte de Carreteras) - (carga, resistencia, coeficiente, diseño). En este reglamento, además de los estados límite que deben ser diseñado, este tipo de La carretera se propone como HL-93 del tipo de carga de diseño, que se considera un ejemplo de carreteras que existen en los Estados Unidos y otros países.

## **Bases teóricas**

### **Estudio de alternativas a nivel de anteproyecto.**

Los proyectos preliminares se preparan de acuerdo con las condiciones naturales del área del sitio del puente (investigación de ingeniería básica) y varias soluciones técnicamente factibles, de modo que se pueda seleccionar la solución más conveniente después de la evaluación técnica y económica.

En esta parte, las características básicas o básicas de los puentes de cada alternativa de anteproyecto se definirán a nivel de pre-dimensión y permitirán la evaluación técnica y económica antes del desarrollo final. El primer borrador debe definir al menos lo siguiente:

- La longitud total y el tipo de estructura.
- Las dimensiones de una sección transversal típica.
- Pendiente y altura de vía.
- El tipo de pilar y base, preste atención al tamaño básico.
- Duración de la visita.
- Instrucciones de construcción.

- El método de cálculo principal.
- Medidor, costo estimado y presupuesto.
- Un mapa topográfico de la ubicación del puente, con puntos de referencia y niveles designados. Criterios de Hidrología, Hidráulica y Geotecnia que demuestre la solución adoptada.

### **La clasificación de puentes**

Los puentes se clasifican de diferentes formas:

- De acuerdo con la naturaleza de los caminos apoyados: en el aeropuerto existen puentes de carretera, puentes de ferrocarril, puentes de turismos eléctricos, puentes de acueducto, puentes de peatones y puentes de avión; también hay puentes de usos múltiples.
- Clasificados por material: Los puentes incluyen piedra, madera, cuerda, hierro, acero, hormigón armado, hormigón pretensado, etc. Recientemente, también existen materiales compuestos (fibra de vidrio, fibra de carbono, etc.). La clasificación se basa en los materiales de los principales componentes de carga.
- Según el sistema estructural principal: los puentes se dividen en las siguientes tres categorías: puentes de vigas, puentes en arco y puentes colgantes.

### **Puentes Tipo Viga**

Pueden ser simplemente tramos apoyados, tramos en voladizo o isostáticos de Gerber, tramos superestáticos o continuos. En un puente de vigas, los principales elementos de carga están sujetos principalmente a esfuerzos de flexión y cortante. Un puente de losa se clasifica como puente de vigas, incluso si el comportamiento de la losa es diferente del comportamiento de la viga o grupo de vigas.

### **Puentes en Arco**

Pueden tener muchas formas diferentes, superior, media, inferior, membrana timpánica transparente o membrana timpánica acolchada o abovedada.

Un puente de puerta se puede considerar como un caso especial de un puente de arco, con columnas verticales y columnas inclinadas.

### **Puentes Suspendidos**

Pueden ser suspendidos, atirantados o una combinación de los dos sistemas.

### **Puentes Definitivos**

El puente final debe diseñarse para tener una vida útil de 75 años. Para puentes deterministas, se debe dar prioridad a soluciones estructurales con redundancia, ductilidad, mayor durabilidad y fácil mantenimiento.

### **Puentes Temporales**

Los puentes temporales se refieren a puentes cuya vida útil no supera los 5 años. Se pueden utilizar soluciones estructurales con menos redundancia para puentes temporales, como puentes prefabricados modulares soportados simples, en cuyo caso se debe utilizar el factor de redundancia. En cuanto a los materiales, estos cumplirán las especificaciones específicas que establezca la entidad en cada caso. Las condiciones de diseño y los requisitos de seguridad estructural de los puentes temporales deben ser los mismos que los de los puentes permanentes. Por lo tanto, debe cumplir con los estándares de diseño de carreteras.

- Puentes para Autopistas de Primera Clase.
- Puentes para Autopistas de Segunda Clase.
- Puentes para Carreteras de 1ra. Clase.
- Puentes para Carreteras de 2da. Clase.
- Puentes para Carreteras de 3ra. Clase Y
- Puentes para Trochas Carrozables.

Clasificación de acuerdo a la Importancia Operativa:

- Puentes Transcendentales.
- Puentes Comunes.
- Puentes relativamente menos transcendentales.

Debido a este factor, el impacto de la carga de diseño de los puentes principales aumenta, mientras que el impacto de la carga de diseño del puente relativamente menos importante disminuye.

Clasificación para Fines del Diseño Sísmico: En el diseño sísmico de puentes, el propietario debe clasificar los puentes en una de las siguientes tres categorías según su importancia:

- Puente Críticos
- Puentes Esenciales
- Otros puentes

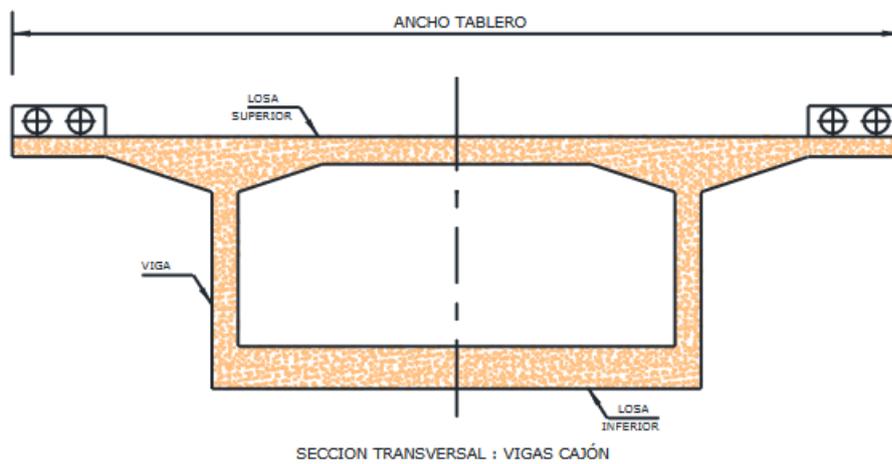
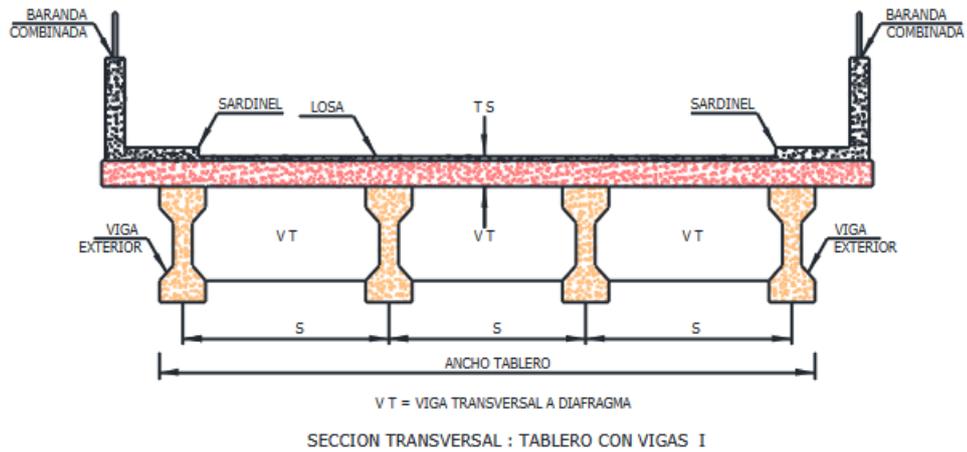
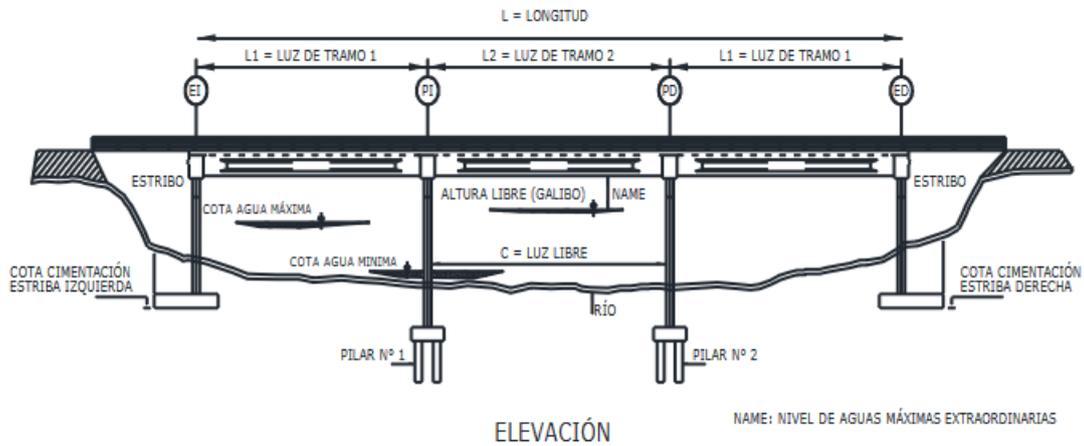
### **Puentes Esenciales**

Son aquellos puentes que deben abrirse al menos inmediatamente después del terremoto diseñado para vehículos de emergencia o con fines de seguridad y / o defensivos, con un período de recurrencia de 1000 años.

### **Puentes Críticos**

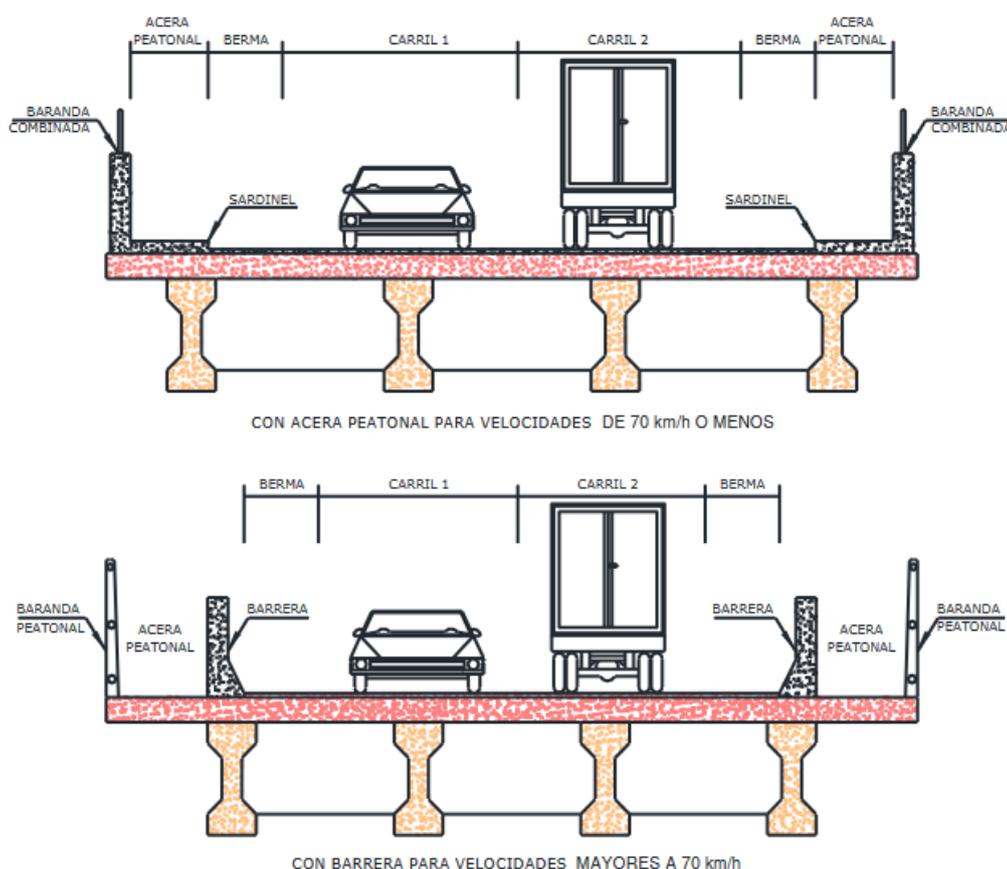
Son aquellos puentes que deben permanecer abiertos para que pasen todo tipo de vehículos después de que se diseñó un terremoto, y deben poder proporcionar vehículos de emergencia por razones de seguridad y / o defensivas inmediatamente después de un terremoto importante (como un terremoto). Período de recuperación de 2500 años.

**Figura 1.** Puentes tipo viga



**Fuente:** Manual de diseño de puentes MTC, 2016

**Figura 2.** Secciones transversales del tablero



**Fuente:** Manual de diseño de puentes MTC, 2016

### Estados Límite.

A menos que se indique lo contrario, para cada estado límite, cada componente y conexión debe satisfacer la ecuación  $\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n = R_r$ . Para estados límite de servicio y estados límite de eventos extremos, excepto para tornillos y columnas de hormigón, el coeficiente de resistencia se toma como 1.0 Según la zona sísmica, se aplican los requisitos de las normas vigentes y todos los estados límite son igualmente importantes.

La ductilidad, la redundancia y la importancia operativa son aspectos importantes que afectan el margen de seguridad de un puente. Los dos primeros aspectos están directamente relacionados con la resistencia física, y el último aspecto se refiere a las consecuencias que se producen cuando el puente está fuera de servicio. Se puede ver que los precios en estas áreas son arbitrarios. Sin embargo, este es el primer trabajo de codificación. Debido a la falta de información

más precisa, la aproximación subjetiva es que, a excepción de la fatiga y la fractura, se estima que cada efecto es geoméricamente acumulativo + -5%. Con el tiempo, estos aspectos y sus interacciones y sinergias del sistema se pueden cuantificar mejor.

### **Estado Límite de Servicio**

El estado límite de servicio debe considerarse como el límite de tensión, deformación y ancho de fisura en condiciones normales de servicio. El estado de límite de servicio proporciona algunos límites de apoyo empírico, que no deben derivarse completamente de ciertas consideraciones estadísticas o resistencias.

### **Estados Límite de Fatiga y Fractura**

El estado límite de fatiga se considerará como un conjunto de límites en el rango de tensión causado por un solo camión de diseño, apareciendo estos límites en el número esperado de ciclos correspondiente a ese rango de tensión. El estado límite de fractura se considerará como un conjunto de requisitos de tenacidad para el material. El estado límite de fatiga intenta limitar la propagación de grietas bajo cargas repetidas para evitar fracturas durante la vida útil de diseño del puente.

### **Estado Límite de Resistencia**

Debe tenerse en cuenta el estado límite de resistencia para garantizar la resistencia y la estabilidad. Tanto local como global se utilizan para soportar las combinaciones de carga especificadas estadísticamente que se espera que experimente el puente durante su vida de diseño. En el estado de resistencia máxima, pueden producirse tensiones muy elevadas y daños estructurales, pero se espera que se mantenga la integridad estructural general.

### **Estado Límite de Evento Extremo**

El estado límite de evento extremo debe

Considerarse asegurarse de que la estructura del puente sobreviva durante grandes terremotos o inundaciones o cuando sea golpeada por barcos, vehículos o corrientes de hielo (posiblemente bajo condiciones severas de socavación). O el

período de recuperación puede ser significativamente más largo que la vida útil del diseño del puente.

## **Ductilidad**

El sistema estructural del puente será provisto y detallado de tal manera que se asegure el desarrollo de deformaciones inelásticas significativas que sean visibles antes de fallar bajo los estados límite de resistencia y eventos extremos. Es aceptable utilizar dispositivos disipadores de energía para proporcionar ductilidad.

Las respuestas más allá del estado elástico de los componentes o conexiones estructurales pueden caracterizarse por un comportamiento frágil o dúctil. El comportamiento frágil es indeseable porque significa la pérdida repentina de capacidad de carga inmediatamente después de exceder el límite elástico. Cuando la capacidad de carga se reduce significativamente, el comportamiento dúctil se caracteriza por una deformación inelástica significativa. El comportamiento dúctil advierte de fallas estructurales por deformación inelástica. Bajo cargas sísmicas repetidas, la inversión de deformación inelástica de largo período disipa energía, lo que tiene un efecto beneficioso sobre la supervivencia de la estructura. Si mediante el uso de restricciones u otras medidas, un componente estructural o un componente de conexión fabricado con materiales frágiles puede soportar una deformación inelástica sin una pérdida significativa de capacidad de carga, el componente puede considerarse dúctil. Estos métodos de proporcionar ductilidad se verificarán mediante pruebas. Para obtener un comportamiento inelástico suficiente, el sistema debe tener un número suficiente de unidades dúctiles:

- Uniones y conectores flexibles que pueden proporcionar disipación de energía sin pérdida de capacidad.
- Las juntas y conexiones tienen suficiente resistencia para garantizar una respuesta inelástica en ubicaciones específicas para proporcionar ductilidad.

Deben evitarse las propiedades de tracción estática, pero no debe evitarse la respuesta dinámica a la tracción. Ejemplos de este comportamiento son la falla por cortante y la falla de unión que ocurren en componentes de concreto reforzado, y la pérdida de efectos compuestos en componentes de flexión.

La experiencia pasada ha demostrado que los componentes típicos diseñados de acuerdo con estos estándares suelen tener suficiente ductilidad.

Preste especial atención a la necesidad de especificar conexiones y conexiones y predecir rutas de carga. El propietario puede especificar el factor de extensión mínimo para garantizar que se obtenga el daño de extensión.

$$\mu = \frac{\Delta u}{\Delta y}$$

Donde:

$\Delta u$  = deformación última

$\Delta y$  = deformación en el límite elástico.

La ductilidad del componente o conexión estructural también se puede obtener a partir de ensayos a gran o gran escala, así como utilizando modelos analíticos que tengan en cuenta las propiedades del material previamente determinadas. La ductilidad del sistema estructural se puede determinar integrando la deformación local de todo el sistema estructural. Debido a los estrictos requisitos de los consumidores de energía, se presentarán requisitos especiales.

### **Redundancia**

La redundancia se define como: “La capacidad de un sistema de puente estructural para soportar cargas después de que uno o más de sus componentes están dañados o fallan”. Se deben usar múltiples rutas de carga y estructuras continuas, a menos que se espere que fallen los componentes y componentes principales. Y hacer que el puente se derrumbe. Diseñado como un componente de falla crítica, el sistema estructural relacionado debe diseñarse como un sistema no crítico. Alternativamente, la unidad de falla crítica bajo tensión puede diseñarse como fractura crítica. Los componentes y componentes cuya falla se espera que no cause el colapso del puente deben diseñarse como componentes de falla no crítica, y el sistema estructural relacionado debe diseñarse como un sistema redundante.

## **Importancia Operativa**

Este artículo solo se aplica a estados límite de resistencia y eventos extremos.

La clasificación operativa del puente será realizada por el personal responsable de la red vial afectada y conocerá sus requisitos operativos. La definición de prioridad operativa puede variar según el propietario y la red. Las pautas para clasificar los puentes como críticos o necesarios son:

- Puentes críticos: puentes que deben estar abiertos a todo el tráfico después de la inspección después del evento de diseño, se pueden usar para vehículos de emergencia y con fines de seguridad, defensa, económicos o de seguridad secundaria inmediatamente después del evento de diseño.
- Puente básico: Un puente que debe estar abierto al tráfico de vehículos de emergencia al menos por razones de seguridad, defensivas o económicas después del evento de diseño, y abierto a todos los vehículos dentro de los próximos días del evento.

Clasificación de operaciones en diseño sísmico: puente crítico, puente básico o puente diferente. Serán categorizados como críticos o necesarios, y serán considerados como categorías de operación alta.

## **Cargas y factores de cargas**

### **Cargas Permanentes**

Son aquellos comportamientos que no cambian significativamente durante toda la vida útil de la estructura, o cambian en una dirección hasta que se alcanza un valor límite. Este grupo incluye el peso muerto de los miembros estructurales y cargas estáticas adicionales, como las cargas estáticas causadas por el peso de las superficies de rodadura o lastre, rieles y traviesas. El empuje de tierra, la sobrecarga de tierra y la fricción superficial negativa también se consideran cargas permanentes.

### **Cargas Variables**

Son aquellos que observan cambios frecuentes y significativos en relación a su valor medio. Las cargas variables incluyen el peso de los vehículos y del personal, así como los efectos dinámicos correspondientes, la fuerza de frenado y la fuerza de aceleración, la fuerza centrífuga y la fuerza lateral de la carretera. Debido a los cambios en la presión del agua y la presión secundaria, así como a los cambios en la temperatura, la acción sísmica y la acción del viento, la fuerza aplicada durante la construcción también corresponde a este grupo.

### **Cargas Excepcionales**

Son acciones que tienen baja probabilidad de ocurrencia pero que el diseñador debe considerar bajo ciertas condiciones, como acciones provocadas por colisiones, explosiones o incendios.

### **Cargas Permanentes**

#### **Cargas Muertas: DC, DW, y EV**

El peso propio (DC) se determinará después de considerar todos los elementos necesarios para que la estructura funcione correctamente. La carga muerta (DW) incluirá el peso de todos los elementos no estructurales como aceras, escalones, balasto, barandillas, muelles, tuberías, tuberías y cables. El peso muerto y la carga estática se estimarán en base a las dimensiones que se muestran en la figura, y en cada caso se considerará el valor promedio de la gravedad específica correspondiente. En ausencia de información precisa, puede utilizar los pesos específicos en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Pesos específicos**

<b>MATERIAL</b>		<b>Unidad de Peso</b>
		<b>(Kcf)</b>
<i>Aleaciones de aluminio</i>		0.175
<i>Superficies de desgaste bituminosas</i>		0.140
<i>Hierro fundido</i>		0.450
<i>Relleno de ceniza</i>		0.060
<i>Arena, limo o arcilla compactado</i>		0.120
<i>Concreto</i>	<i>Ligero</i>	0.110
	<i>Liviano</i>	0.120
	<i>Con peso normal <math>f'_c \leq 5.0</math> ksi</i>	0.145
	<i>Con peso normal <math>5.0 &lt; f'_c \leq 15.0</math> ksi</i>	$0.140 + 0.001f'_c$
<i>Arena, limo o grava suelto</i>		0.100
<i>Arcilla blanda</i>		0.100
<i>Laminados grava, macadam, o de lastre</i>		0.140
<i>Acero</i>		0.490
<i>Mampostería de piedra</i>		0.170
<i>Madera</i>	<i>Dura</i>	0.060
	<i>blanda</i>	0.050
<i>Agua</i>	<i>Dulce</i>	0.0624
	<i>Salada</i>	0.0640
<i>Artículo</i>		<i>peso por unidad de longitud (klf)</i>
<i>Rieles de tránsito, union y fijación por pista</i>		0.200

**Fuente:** Manual de diseño de puentes MTC, 2016

### **Cargas de Suelo: EH, ES, y DD**

La carga sobre el estribo y otras partes de retención de la estructura debe diseñarse para resistir la correspondiente flotabilidad del suelo, la sobrecarga del suelo y la fricción superficial negativa, y debe calcularse de acuerdo con los principios de la mecánica del suelo. Las supuestas propiedades del material de relleno deben verificarse con el material in situ y, si es necesario, deben realizarse ajustes para corregir cualquier discrepancia. En todos los casos, el diseño incluirá un sistema de drenaje relleno de material. Sin embargo, se debe considerar la posibilidad de que el suelo en uno o ambos lados de la estructura de contención pueda estar parcial o completamente saturado.

Cuando se espera que la distancia horizontal medida desde la parte superior de la estructura sea menor o igual a la mitad de su altura, la presión aumentará al

aumentar la altura vertical y la altura de llenado no será menor a 0,60 m. Al diseñar la placa de mantenimiento que soporta un extremo del puente, no es necesario considerar el aumento de carga. Si la estructura de contención es parte de un marco rígido, solo el 50% de los efectos beneficiosos de la presión del suelo se pueden considerar en el diseño de la losa o viga.

### **Deformaciones Impuestas**

Se considerarán permanentes las deformaciones y tensiones provocadas por la forja o contracción por flujo plástico de los componentes de hormigón o madera, las tensiones residuales provocadas por el proceso de laminación o soldadura de los componentes de acero, los posibles defectos de fabricación o construcción y los desplazamientos de soportes de diferentes fuentes. Deformación bajo carga. El diseñador debe estimar la magnitud de estos efectos y sus efectos adversos sobre la estructura.

### **Cargas Variables**

#### **Cargas Durante la Construcción**

En cada etapa del proceso de construcción. En cada etapa, se debe anticipar la ubicación de todas las cargas permanentes o temporales para dejar espacio a posibles inexactitudes o errores. Se debe considerar la eliminación parcial de la carga estática durante el proceso de construcción o debido a la reconstrucción posterior, reduciendo así la posibilidad de posibles efectos beneficiosos. Cuando las condiciones de diseño lo requieran, los documentos técnicos deben indicar claramente la secuencia de construcción.

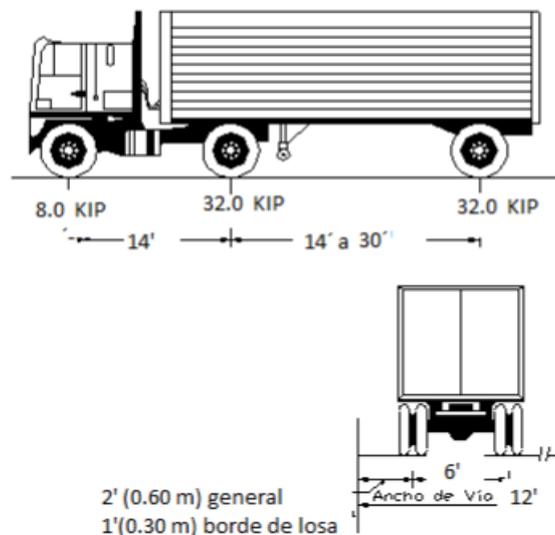
#### **Cargas Vivas de Vehículos**

- Número de caminos: En circunstancias normales, el número de carriles de diseño debe ser determinado por todas las partes de la relación, donde  $w / 12$  es el ancho libre del carril entre aceras, aceras y obstáculos, en pies. También debe considerar posibles cambios en las características físicas o funcionales de los instrumentos transparentes en el futuro. Cuando el ancho del carril de tráfico es menor de 12 pies, el número de carriles de diseño debe ser igual al ancho del carril de diseño y al ancho del carril de tráfico.

Una carretera con un ancho entre 20.0 y 24.0 pies debe tener dos carriles de diseño, cada uno de los cuales es igual a la mitad del ancho de la carretera.

- Diseño de carga viva del vehículo: La carga viva designada es HL -93, que consta de las siguientes combinaciones: diseño de camión o diseño de carga en tándem y diseño de carga distribuida. Para el estado límite de fatiga, solo se considera la carga correspondiente a la carretilla diseñada. Para el cálculo de la deflexión, se utilizará el resultado más alto obtenido utilizando el camión de diseño solo o la suma de la sobrecarga distribuida más el 25% del camión de diseño.
- La carga por eje y la distancia entre ejes se muestran en la siguiente figura. La distancia de 32.0 kips entre los dos ejes se considerará como la distancia máxima de colisión entre el límite de 14 y 30 pies. El diseño de carga de camiones se verá incrementado por efectos dinámicos.

**Figura 3.** Características de camión de diseño



**Fuente:** Manual de diseño de puentes MTC, 2016

- Serie de diseño: La serie de diseño constará de un conjunto de dos ejes, cada uno con una carga de 25 kip, separados por 4 pies. La distancia lateral entre las ruedas de cada eje debe ser de 6 pies.
- Sobrecarga distribuida: Considerando una sobrecarga de 0,64 klf, las partes del puente que tendrán efectos adversos se distribuyen uniformemente a lo largo de la dirección longitudinal. Suponga que el recargo se distribuye uniformemente a lo largo de 10 pies de ancho. Esta sobrecarga también se aplica a las áreas donde se encuentran los camiones de diseño o los vehículos tándem. Para esta sobrecarga, no se considerarán los efectos dinámicos.
- Área de contacto de llantas: Se asumirá que el área de contacto de una rueda que consta de una o dos llantas es un rectángulo con un espacio de 20 pulgadas de ancho y un espacio de eje de 10 pulgadas de largo. El área de contacto aplicará una presión uniforme al neumático. Suponga que la distribución de la presión de los neumáticos es la siguiente: en una superficie continua, distribuida uniformemente en el área de contacto designada, en una superficie discontinua, distribuida uniformemente en el área de contacto real de la banda de rodadura, aumente la presión y especifique el área de contacto real de acuerdo con la relación entre el área de contacto  $Y$ . Para el diseño de la placa ortotrópica y la superficie de desgaste en la parte superior de la placa ortotrópica, se asumirá que la rueda delantera es un rectángulo simple con un ancho y largo de 10 pulgadas.
- Sobrecarga múltiple: este requisito no se aplica al estado límite de fatiga utilizado por el camión diseñado, independientemente del número de carriles diseñados. Si no se utilizan la ley de los momentos y los métodos estáticos, la tensión debe dividirse entre 1,20. A menos que se especifique lo contrario en este documento, considerando la posibilidad de que los carriles estén ocupados por toda la sobrecarga de diseño, la tensión límite correspondiente a cada posible combinación de carriles de carga debe multiplicarse por el coeficiente de existencia múltiple correspondiente para determinar la sobrecarga. HL93 al mismo tiempo. En ausencia de datos específicos de la ubicación, deben usarse al estudiar los efectos de los

carriles de carga y pueden usarse al estudiar los efectos de tres o más carriles de carga. Cuando la condición de carga incluye una combinación de carga de peatones y uno o más carriles sobrecargados, al determinar el número de carriles, la carga de peatones se puede considerar como un carril de carga.

**Tabla 2.** Factor de presencia múltiple

<i>Número de Vías Cargadas</i>	<i>Factor Presencia múltiple, m</i>
<i>1</i>	<i>1.20</i>
<i>2</i>	<i>1.00</i>
<i>3</i>	<i>0.85</i>
<i>&gt; 3</i>	<i>0.65</i>

**Fuente:** Manual de diseño de puentes MTC, 2016

### **Aplicación Cargas Vivas Vehiculares**

La posición de la carga en la dirección longitudinal. En la dirección longitudinal, el puente se cargará de forma continua o intermitente porque es más crítico para el efecto de la investigación.

- Diseño en serie más carga distribuida.
- Diseñar camiones con cargas distribuidas. La distancia entre ejes de 32,0 kips (14,55 t.) Será la distancia que más efectos adversos produzca en cada caso.
- El momento de flexión negativo entre los puntos de flexión inversa bajo la carga uniforme de cada sección y la fuerza de reacción de solo los pilares internos, el 90% de la tensión proviene de los dos camiones de diseño. El último eje del primer camión está al menos a 50% pies de distancia del eje del siguiente camión, más el 90% de la carga causada por la carga del carril de diseño. La distancia entre ejes de 32 kip de cada camión debe considerarse 14 pies. Se colocarán dos camiones de diseño en vanos adyacentes para generar la máxima tensión.

Los ejes que no contribuyen a la tensión extrema considerada deben ignorarse. Ubicación de cargas laterales: los carriles de diseño y los anchos de carga de 10.0 pies por carril deben colocarse de manera que generen cargas

extremas. El camión diseñado y el tándem deben colocarse horizontalmente de modo que el centro de la carga de la rueda no sea menor que:

- Para el diseño de voladizo de la plataforma: 1.0 ft. (0,30 m.) Desde la superficie de la sardina o barandilla.
- Diseño para todos los demás componentes: 2.0 pies. (0,60 m.) Desde el borde del carril diseñado.

A menos que se especifique lo contrario, la longitud del carril de diseño o la parte del carril de diseño que contribuye a la tensión extrema considerada deberá soportar la carga del carril de diseño.

### **Carga para la Evaluación Opcional de la Deflexión por Sobrecarga**

A menos que se especifique lo contrario, la deflexión será la mayor de las dos siguientes:

- Producido solo por camiones de diseño.
- El resultado de considerar el 25% del camión diseñado y la carga del carril diseñado.

### **Cargas de Diseño para Tableros**

- Los requisitos de este artículo no se aplican a las placas de circuito diseñadas de acuerdo con los requisitos de los métodos de diseño empíricos. Si se utiliza el método de franja aproximada para analizar el tablero del puente y losa de una alcantarilla rectangular, la tensión debe determinarse de acuerdo con lo siguiente:
- Cuando la losa del piso esté trabajando principalmente en la dirección transversal, solo el carro de diseño o el eje de la serie de diseño se aplicará a la losa superior del tablero del puente o alcantarilla de caja.
- Cuando la losa es principalmente longitudinal. Para losas superiores de alcantarillas de caja y todos los demás casos, incluidos los puentes de losas con un tramo que no exceda los 15.0 pies. (4,50 m.), Solo se aplica la carga por eje del camión diseñado o de la serie diseñada respectivamente. Para

todos los demás casos, incluidos los puentes de losas con un tramo de más de 15.0 pies (excluyendo losas superiores de alcantarilla de caja). (4,50 m).

### **Carga de Fatiga**

Tamaño y configuración: Independientemente del número de carriles, para el estado límite de fatiga, la carga vertical de un camión de diseño único se considera carga vertical, pero la distancia fija es de 30.0 pies. (9,14 m.) 32,0 kip (14,55 t.) Entre dos ejes, incluidos los efectos dinámicos especificados en 2.4.3.3 (3.6.2 AASHTO).

El camión se ubicará donde tenga el mayor y menor impacto en los elementos de levantamiento vertical y horizontal para obtener el mayor rango de fuerza. La frecuencia de la carga de fatiga debe calcularse de acuerdo con las condiciones del tráfico de vehículos con tres o más ejes en cada dirección. Para estos cálculos, se debe considerar el volumen de tráfico promedio durante la vida útil del puente. Para el diseño de la placa ortotrópica y la superficie de rodadura sobre la placa ortotrópica, se utilizará el modo de carga.

Frecuencia: La frecuencia de carga de fatiga debe considerarse como el tráfico promedio diario de camiones de un solo carril (ADTT<sub>SL</sub>). Esta frecuencia debe aplicarse a todos los componentes del puente, incluidos los ubicados debajo de los carriles que soportan menos camiones. En ausencia de información más precisa, se considerará el flujo diario promedio de camiones por carril:

$$ADTT_{SL} = p \times ADTT$$

Donde:

ADTT = número de camiones por día en una dirección, promediado sobre el período de diseño.

ADTT<sub>SL</sub> = número de camiones por día en un único carril, promediado sobre el período de diseño.

p = valor especificado en la siguiente tabla.

**Tabla 3.** Fracción de tráfico de camiones en un único carril,  $p$

<i>Número de carriles disponibles para camiones,</i>	<i><math>p</math></i>
<i>1</i>	<i>1.00</i>
<i>2</i>	<i>0.85</i>
<i>3 o más</i>	<i>0.80</i>

**Fuente:** Manual de diseño de puentes MTC, 2016

### **Definición de términos**

#### **Ancho de puente**

Esta se refiere a la dimensión total de la estructura superior esta debe incluir de manera no opcional a las veredas, calzadas, vías para bicicletas, barreras y/o pasamanos.

#### **Anteproyecto**

Se le nombra anteproyecto a el conglomerado de estudios previos al definitivo en donde se hace una estimación de la situación sin la obra, se propone una solución de una o varias alternativas, todo previo a un estudio definitivo.

#### **Calzada del puente**

Es parte del tablero del puente, utilizado para el tráfico de vehículos, y su ancho se mide perpendicular al eje longitudinal del puente. Consiste en un cierto número de carriles y bermas que forman el camino hacia el puente.

#### **Dispositivo de apoyo**

Son los elementos donde se ubica el sistema de vigas o losas del tablero del puente, permitiendo que la carga se transfiera de la estructura superior a la estructura inferior.

Suelen ser metálicas o elásticas.

#### **Drenaje pluvial.**

Permite la evacuación de los elementos de agua de lluvia que fluyen sobre puentes y aceras.

#### **Investigación de ingeniería básica de puentes.**

Un conjunto de estudios para obtener los datos necesarios para la elaboración de planos y proyectos del puente. Dependiendo de la escala y complejidad del trabajo, los estudios que pueden ser requeridos incluyen: investigación topográfica, investigación hidrológica e hidráulica, investigación de ingeniería geológica y geotécnica, investigación de riesgo sísmico, investigación de impacto ambiental, investigación de tráfico, investigación complementaria, investigación de trazas en Delavia , Que incluye los requisitos de los profesionales que realizan el diseño.

**Longitud de tablero.**

Es la longitud medida, en el eje longitudinal del tablero, entre los bordes extremos de la losa del tablero.

**Luz de cálculo.**

Se utiliza para calcular y medir la longitud de la estructura y / o elemento estructural, generalmente entre los centros de soporte del elemento estructural calculado.

**Luz del tramo del puente.**

La distancia longitudinal entre los ejes de apoyo de cada sección de la superestructura del puente.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

En la investigación que se ha realizado, que se ha determinado por la bibliografía que se trata de una investigación de tipo aplicado. Al realizar este proyecto, interactuamos con diferentes fases de la investigación, por lo que ahora se pudo determinar que está relacionado con las fases descriptiva y correlacional del corte transversal, por lo que en esta investigación todo planteó de manera sistemática. fue descrita por la variable independiente que aquí corresponde al diseño estructural y la variable dependiente puente, ya que se determinará una correspondencia entre las dos variables. Finalmente, el corte transversal se refiere al hecho de que la información que se ha brindado para el desarrollo de la investigación pertenece a un período específico que es el año 2021.

De acuerdo con lo descrito, esta investigación pertenece al diseño metodológico de asociación no experimental, transversal y correlacional. De acuerdo a las características de la investigación, la primera variable no se puede manipular, para la segunda característica se utilizará por un plazo de finalización. Dadas todas las características, la última indicará que la correlación significativa entre las variables que son diseño estructural y un puente.

#### **3.2 Variables y operacionalización**

Como variables del proyecto de investigación tenemos:

##### **Variable independiente:**

- Diseño estructural.

##### **Variable dependiente:**

- Puente.

En la siguiente Tabla se muestra la tabla de operacionalización de variables:

**Tabla 4.** Operacionalización de las variables

VARIABLE (S)	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>Variable independiente:</b> Diseño estructural	En el diseño de las estructuras se busca obtener las dimensiones, longitudes adecuadas; además, de la cantidad de refuerzo longitudinal y transversal cada uno los elementos estructurales que lo conforman. Garantizando la seguridad estructural y una estructura económica.	Se medirá a través de los estándares normados en el Manual de Carreteras que establece el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Asimismo se realizara el análisis sísmico, respetando las consideraciones del reglamento dado por la entidad reguladora MTC.	Predimensionamiento de elementos estructurales	Elementos horizontales
				Elementos horizontales
			Diseño de vigas	Acero de refuerzo longitudinal
				Acero de refuerzo transversal
			Diseño de pantallas	Acero de refuerzo longitudinal
				Acero de refuerzo transversal
			Diseño de Losa	Acero de refuerzo longitudinal
				Acero de refuerzo de temperatura
			Diseño de cimentación	Acero de refuerzo longitudinal
				Acero de refuerzo transversal

<b>Variable dependiente:</b> Puente	Es aquella en la que una construcción destinada a salvar un accidente geográfico u otro obstáculo. Cada puente se diseña según la función, peso, y naturaleza del terreno donde se cimenta.	Se presentan los estudios de mecánica de suelos e hidráulicos. Así como también las sugerencias del Manual de Puentes.	Construcción horizontal	Losa cimentación
			Construcción vertical	Pantallas

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Población, muestra y muestreo

#### Población

Locadores que se benefician del Distrito de Pisac, anexos de Wanu Wanu Pata (Alto), Hospitalniyoq, Pisaqa, Andes Qosca, Cuyo Chico.

#### Muestra

Puente en el km 5+510 de la carretera Pisaq.

#### Muestreo

La determinación de la muestra en esta investigación se basa en el muestreo no probabilístico, que en este caso se clasifica por conveniencia.

**Tabla 5.** Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<b>Problema general:</b>  ¿Por qué es necesario una la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Pisaq?	<b>Objetivo general:</b>  Realizar la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Pisaq	<b>Hipótesis general:</b>  Es factible diseñar un puente que siga la forma de la vía (curvo)	<b>Tipo:</b>  Aplicada  <b>Diseño:</b> No experimental Descriptivo Correccional	<b>Población:</b> Locadores que se benefician del distrito de Pisac, anexos de Wanu Wanu Pata (Alto), Hospitalniyoq, Pisaqa, Andes Qosca, Cuyo Chico
<b>Problemas específicos:</b>  ¿Por qué es necesario evaluar las cargas	<b>Objetivos específicos:</b> Determinar las cargas permanentes,	<b>Hipótesis específicas:</b> Podría obviarse alguna de las cargas		

permanentes, permanentes de valor no constante y variables para la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq?	permanentes de valor no constante y variables para la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq	permanentes o permanente de valor no constante o variables para la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq	<b>Var. Independiente:</b>	
¿Por qué es necesario realizar el predimensionamiento del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq?	Determinar el predimensionamiento o del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq	Determina el predimensionamiento o la dimensión final de los elementos del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq		
¿Por qué es necesario realizar el diseño de los elementos estructurales del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq?	Realizar el diseño de los elementos estructurales del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq	La dimensión los elementos estructurales del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq son adecuadas para que cumpla su ciclo de vida indicado en el manual de carreteras	<b>Var. Dependiente:</b>	<b>Muestra:</b> Puente en el km 5+510 de la carretera Písaq
			Puente	

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La investigación realizada se llevó a cabo de manera oportuna y detallada para poder registrar, y sobre todo analizar en la oficina junto con los objetivos propuestos, esto nos permite tener la recolección de datos como herramienta, por lo que se tuvieron que hacer hojas de cálculo y software de soporte Mathcad usado.

### 3.5 Procedimientos

- Determinar las dimensiones a partir de consideraciones tales como diseño vial, estudio de hidrología e hidráulica.

- Predimensionamiento de los elementos estructurales que resiste las cargas permanentes, variables y excepcionales.
- Análisis sísmico que estará compuesto por el Análisis y el Análisis Dinámico.
- Diseño de los elementos estructurales como son losa, vigas, pantallas.
- Diseño de los elementos de la subestructura como cimentación.

### **3.6 Método de análisis de datos**

El método que se utilizará para realizar el análisis de datos será descriptivo y correlacional. Dado que se va a considerar este método, se clasificará y sistematizará, además de definir los elementos que conformaron el estudio realizado.

### **3.7 Aspectos éticos**

Según lo determinado por la Oficina de Investigaciones de Lima, Universidad César Vallejo (2016), donde se indica que los estudiantes que hacen investigación o son solo un investigador tienen la responsabilidad de presentar sus resultados con autenticidad y ética, con estos puntos claros El desarrollo de este trabajo se llevó a cabo donde se tomaron en cuenta las instrucciones originales presentadas en este trabajo para evitar cualquier tipo de copia.

La intención al realizar este trabajo de investigación es realizar el Diseño del Puente Kitamayo, esto beneficiaría tanto a la ingeniería civil al brindar un aporte que quedaría como referencia para el diseño de puentes en esa zona de Pisac, se consideraron datos históricos para los cálculos a medida que el río se desborda, además de mejorar la circulación de los distritos y anexos, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y el traslado de turistas.

## IV. RESULTADOS

El puente ubicado en el Km 5+510 de la carretera Písac, Pisac - Cusco, actualmente existe pero según el nuevo diseño geométrico, estudio hidrología e hidráulica y estudios que se le hizo a la actual infraestructura este no contaría con la capacidad de resistir más que algunos años más.

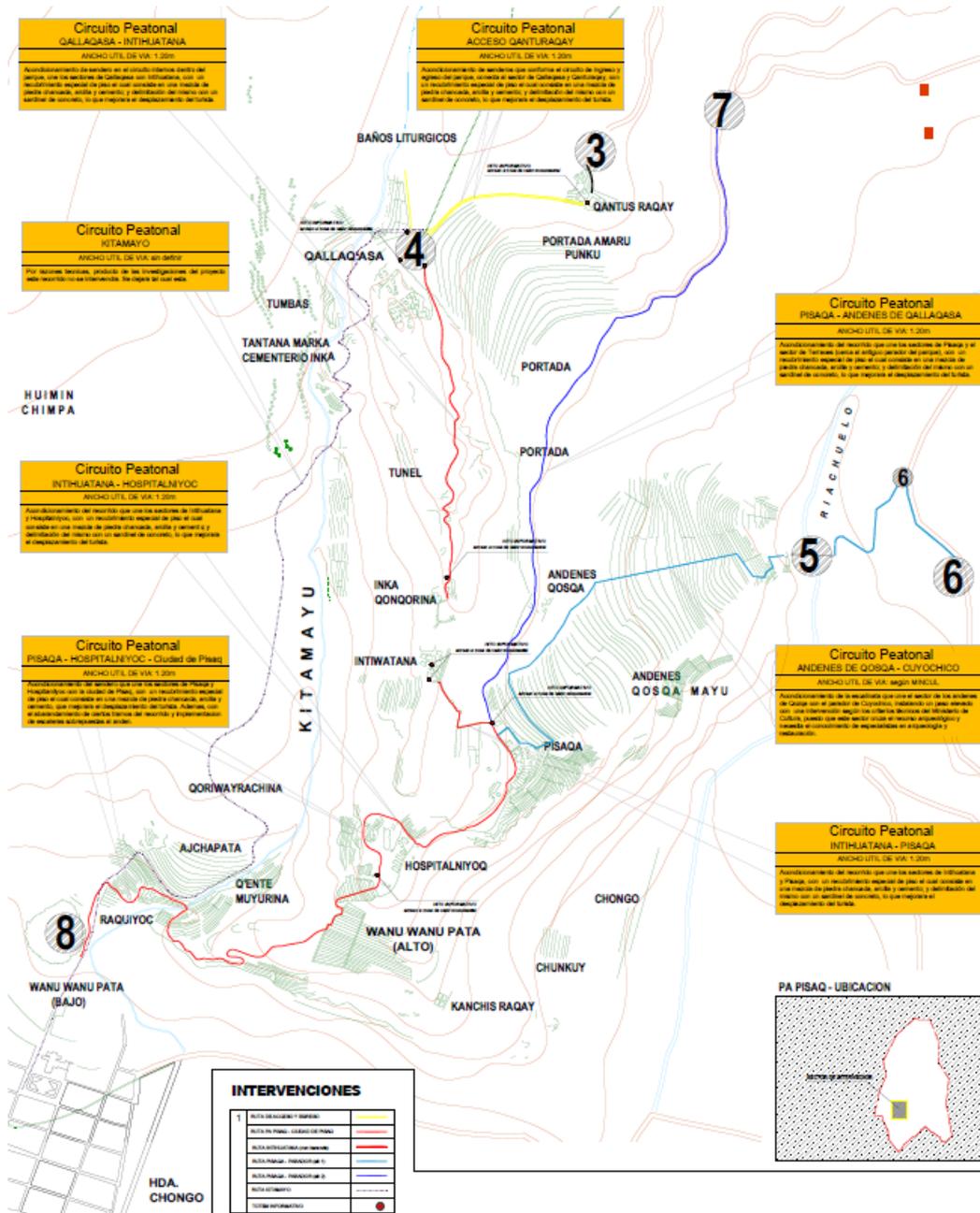
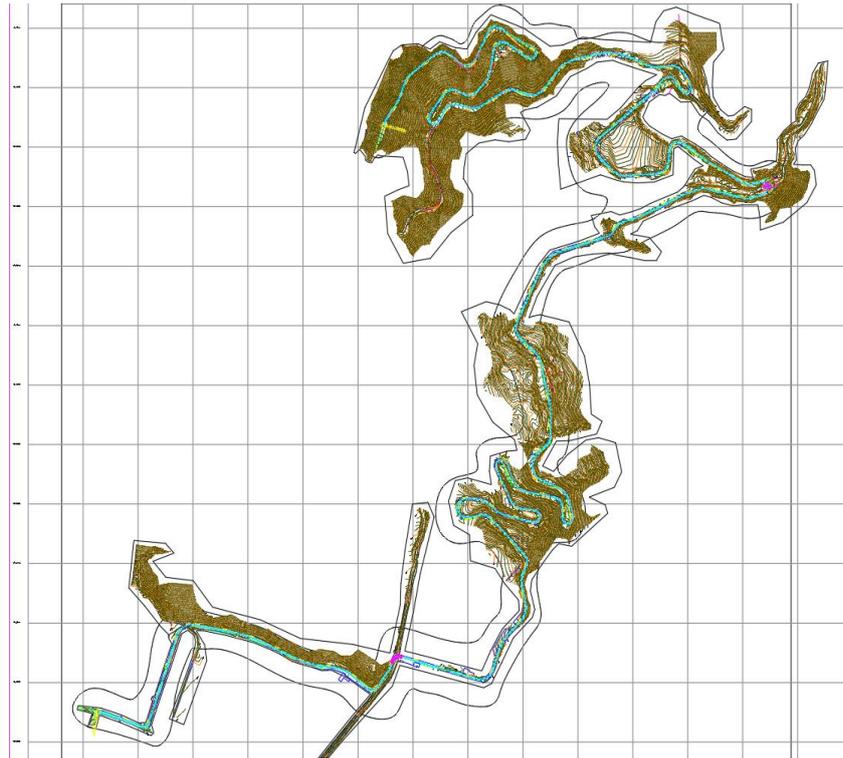


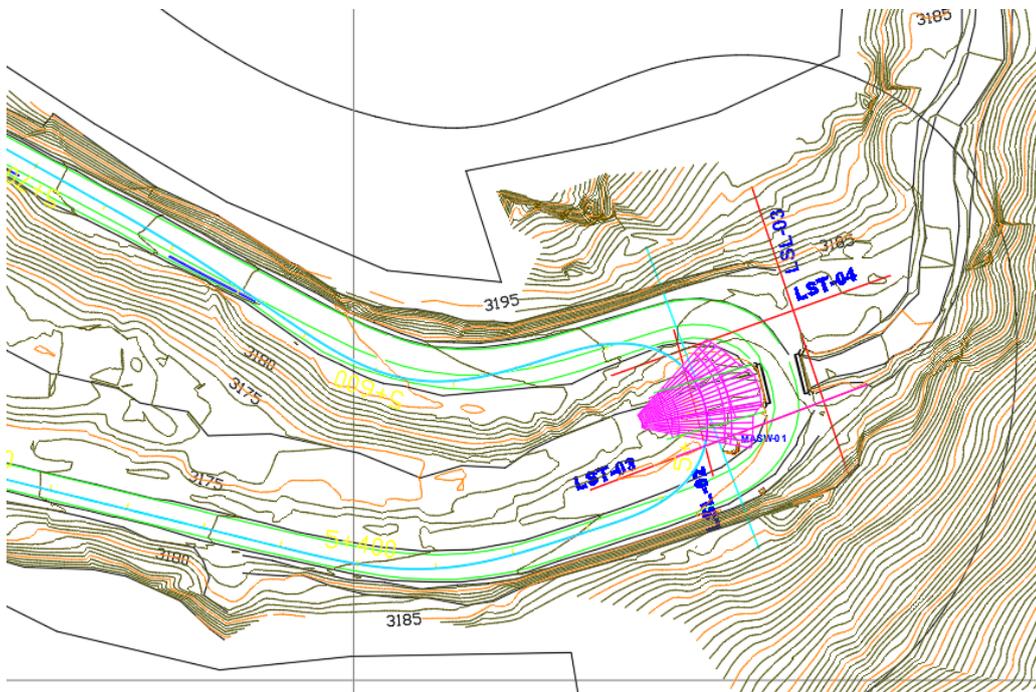
Figura 4. Ubicación del distrito de Písac y anexos

Fuente: COPESCO, 2020



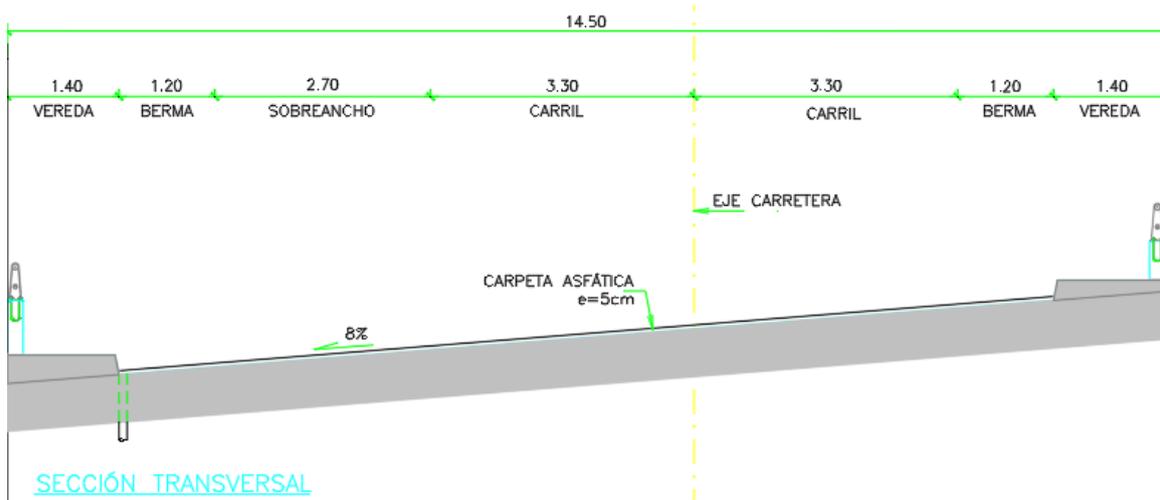
**Figura 5.** Carretera Pisaq

**Fuente:** COPESCO, 2020



**Figura 6.** Puente 5+510 carretera Pisaq

**Fuente:** COPESCO, 2020



**Figura 7.** Sección transversal puente Km 5+510  
**Fuente:** Elaboración propia

**Datos de entrada:**

$L := 10.00 \text{ m}$	Luz entre ejes de apoyos
$W := 14.50 \text{ m}$	Ancho total de puente
$W_{\text{lane}} := 11.70 \text{ m}$	Ancho de calzada
$h_a := 50 \text{ mm}$	Espesor de la carpeta asfáltica
$w_b := 1400 \text{ mm}$	Ancho de vereda

## Datos Geométricos: Propiedades de los materiales

$$f'_c := 280 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Resistencia a la compresion del concreto}$$

$$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Limite de fluencia del acero pasivo}$$

$$E_s := 2.1 \cdot 10^6 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Modulo de elasticidad del acero}$$

$$\gamma_c := 2400 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \quad \text{Peso especifico del concreto}$$

$$\gamma_a := 2200 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \quad \text{Peso especifico del asfalto}$$

## Cargas

$$p_b := (0.34 + 0.15) \frac{\text{tonnef}}{\text{m}} \quad \text{Peso por unidad de longitud de la vereda y baranda}$$

## Acciones e hipótesis de cálculo

Las acciones que se consideraron en el diseño del puente fueron:

- Cargas permanentes: peso propio y sobrecarga permanente.
- Cargas variables: Cargas horizontales y verticales, cargas dinámicas y fatiga.

## Predimensionamiento de la losa

### A. Verificación de la altura mínima recomendada

$$h_{\min} := 1.2 \cdot \left( \frac{L + 10 \text{ ft}}{30} \right) = 521.92 \text{ mm}$$

$$h := 600 \text{ mm}$$

### B. Ancho de efectivo para la aplicación de la carga viva

$$L = 32.808 \text{ ft}$$

$$W = 47.572 \text{ ft}$$

$$L_1 := \min(L, 60 \text{ ft}) = 10 \text{ m}$$

## Diseño de la Franja Interior

a) Cálculo del momento flector por cargas permanentes:

- Peso propio de losa: ( $P_{losa}$ )

$$P_{LOSA} := h \cdot 1 \text{ m} \cdot \gamma_c = 1.44 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

- Momento por peso propio de losa: ( $M_{DC}$ )

$$M_{DC} := \frac{P_{LOSA} \cdot L^2}{8 \text{ m}} \cdot 1 \text{ m} = 18 \text{ m} \cdot \text{tonnef}$$

- Carga por asfalto: ( $C_{asf}$ )

$$C_{asf} := h_a \cdot \gamma_a \cdot 1 \text{ m} = 0.11 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

- Momento por asfalto: ( $M_{DW}$ )

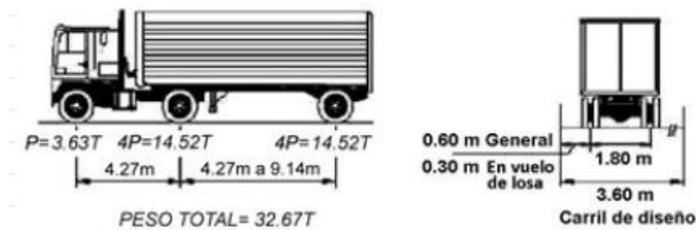
$$M_{DW} := \frac{C_{asf} \cdot L^2}{8 \cdot \text{m}} \cdot 1 \text{ m}^1 = 1.375 \text{ m} \cdot \text{tonnef}$$

- Cálculo del momento flector por carga viva:

### Camión de diseño

Los pesos y holguras entre los ejes y las ruedas del camión de diseño serán los especificados en la figura adjunta. Se debe considerar un aumento debido a la carga dinámica.

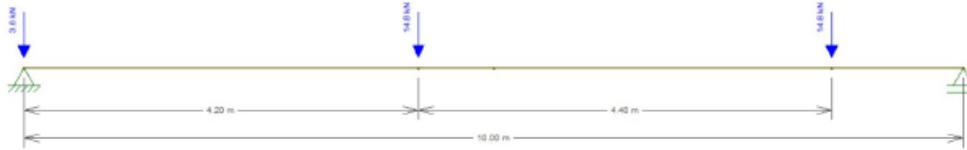
**Figura 8.** Vehículo de diseño camión



**Fuente:** Elaboración propia

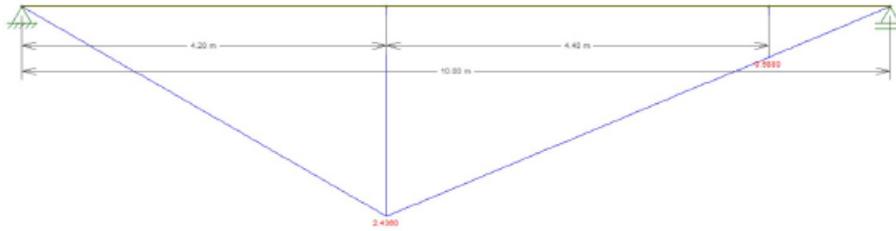
- Cálculo del momento flector producido por el camión:

**Figura 9.** Carga del camión



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Línea de influencia de momento flector del camión



Fuente: Elaboración propia

$$M_{\text{Camión}} := 14.8 \text{ tonnef} \cdot 2.436 \cdot m + 14.8 \text{ tonnef} \cdot 0.588 \cdot m = 44.76 \text{ tonnef} \cdot m$$

- Cálculo de Momentos debido a la aplicación de la carga viva

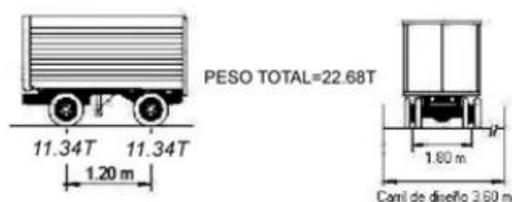
El diseño del puente de losa debe cumplir con la carga viva del vehículo especificada en el Artículo 3.6.1.2 de AASHTO LRFD, incluida la carga de la vía.

- Cálculo del momento flector producido por el tándem

### Tándem de Diseño

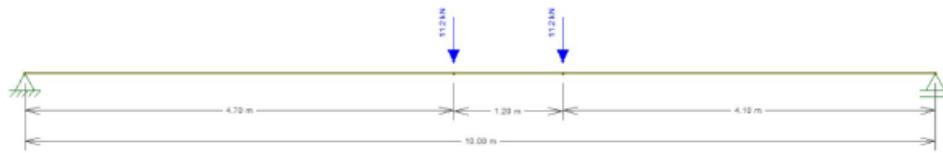
En este estudio, un par de ejes de 11,34 toneladas con un intervalo de 1,2 m se considerarán datos de diseño en serie. La distancia entre ejes se considerará 1,8 m. Considerará el aumento debido a la carga dinámica.

Figura 11. Vehículo de diseño tándem



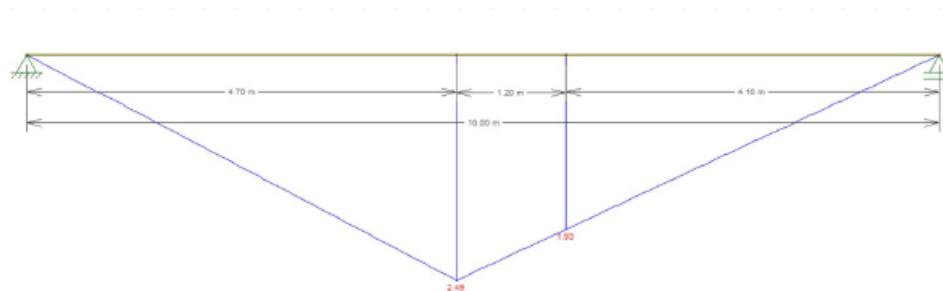
Fuente: Elaboración propia

**Figura 12. Carga del tándem**



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 13. Línea de influencia de momento flector del tándem**



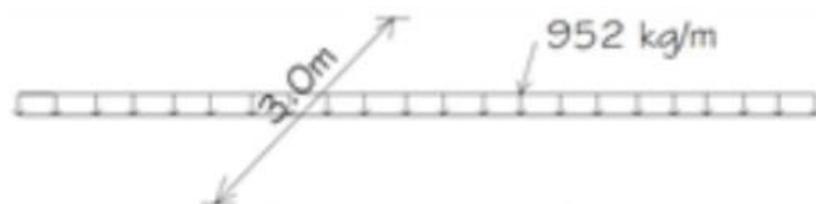
**Fuente:** Elaboración propia

$$M_{T_{andem}} := 11.2 \text{ tonnef} \cdot 2.49 \cdot m + 11.2 \text{ tonnef} \cdot 1.93 \cdot m = 49.5 \text{ tonnef} \cdot m$$

- Cálculo del momento flector producido por carga distribuida:

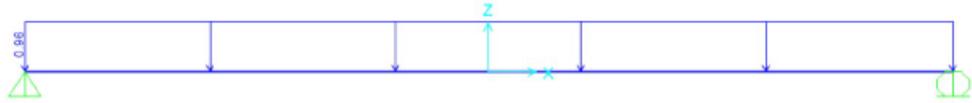
La carga del carril de diseño consistirá en una carga de 960 kg / m, distribuida uniformemente sobre un ancho de 3,0 m. Los solicitantes debido al diseño de carga ferroviaria no estarán sujetos a un aumento de carga dinámica.

**Figura 14. Carga de carril**



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 15. Carga del carril**



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. DMF de la carga del carril



Fuente: Elaboración propia

$$M_W := \frac{0.96 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}} \cdot L^2}{8} = 12 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Cálculo del momento flector final producido por la S/C:

$$M_{LLmáx} := \max(M_{Camión}, M_{Tandem}) = 49.504 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_I := 0.33 \cdot M_{LLmáx} = 16.336 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{USC} := M_{LLmáx} + M_I + M_W = 77.84 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Ancho de efectivo para la aplicación de la carga viva

$$L = 32.808 \text{ ft}$$

$$W = 47.572 \text{ ft}$$

$$L_1 := \min(L, 60 \text{ ft}) = 10 \text{ m}$$

1. Para una vía cargada

$$W_1 := \min(W, 30 \text{ ft}) = 9.144 \text{ m}$$

$$E_S := \left( 10 + 5 \sqrt{\frac{L_1}{\text{ft}} \cdot \frac{W_1}{\text{ft}}} \right) \cdot \text{in} = 4.238 \text{ m}$$

2. Para múltiples vías cargadas

$$W_1 := \min(W, 60 \text{ ft}) = 14.5 \text{ m}$$

$$N_L := \text{trunc} \left( \frac{W_{\text{lane}}}{12 \text{ ft}} \right) = 3$$

$$E_M := \min \left( \left( 84 + 1.44 \sqrt{\frac{L_1}{\text{ft}} \cdot \frac{W_1}{\text{ft}}} \right) \cdot \text{in}, \frac{W}{N_L} \right) = 3.579 \text{ m}$$

Por tanto el ancho efectivo será:

$$E := \min(E_S, E_M) = 3.579 \text{ m}$$

Momento por S/C:

$$M_U := \frac{M_{USC}}{E} \cdot 1 \text{ m} = 21.752 \text{ m} \cdot \text{tonnef}$$

### Selección de Factores de Resistencia

- De acuerdo con el artículo 5.5.4.2 de AASHTO-LRFD

#### Estado Limite de Resistencia

Flexión y Tensión

$$\phi_f := 0.90$$

Corte y Torsión

$$\phi_v := 0.90$$

Compresion Axial

$$\phi_a := 0.75$$

- Selección de Modificadores de Carga

	Resistencia	Servicio	Fatiga
Ductilidad, $\eta_D$	1.0	1.0	1.0
Redundancia, $\eta_R$	1.0	1.0	1.0
Importancia, $\eta_I$	1.0	N.A.	N.A.

$\eta := 1.0$

Factor de Modificación de cargas para todos los casos

### Selección de Combinación de Cargas Aplicables

Estado Limite de Resistencia I

$$U = 1.0[1.25DC + 1.50DW + 1.75(LL + IM) + 1.0FR + \gamma_{TG} TG]$$

Estado Limite de Servicio I

$$U = 1.0(DC + DW) + 1.0(LL + IM) + 0.3(WS + WL) + 1.0FR$$

Estado Limite de Fatiga

$$U = 0.75(LL + IM)$$

**Tabla 6.** Datos de varillas

Número de varilla	Diámetro de varilla (mm)	Área de varilla (mm <sup>2</sup> )
3	9.5	71
4	12.7	129
5	15.9	199
6	19.1	284
8	25.4	510
11	24.0	1006

**Fuente:** Elaboración propia

**Propiedades de sección:**

$b := 1 \text{ m}$

Ancho de la sección

$h = 600 \text{ mm}$

Altura de la sección

$$re := 25 \text{ mm}$$

Recubrimiento

$$diam_a := diam_s$$

Diámetro de varilla asumido

$$diam_{at} := 0 \text{ mm}$$

Diámetro de varilla transversal asumido

$$d := h - \left( re + diam_{at} + \frac{diam_a}{2} \right)$$

$$d = 562.3 \text{ mm}$$

Peralte efectivo

$$I_g := \frac{b \cdot h^3}{12} = 0.018 \text{ m}^4$$

Inercia bruta de la sección transversal

$$y_t := \frac{h}{2} = 0.3 \text{ m}$$

distancia del centroide a la fibra en traccion

$$S_{nc} := \frac{I_g}{y_t}$$

Modulo de sección no compuesta en fibra extrema traccionada

$$S_{nc} = 0.06 \text{ m}^3$$

$$f_r := 0.24 \sqrt{\frac{f'_c}{ksi}} \cdot ksi$$

Esfuerzo máximo del concreto a traccion  
AASTHO LRFD 5.4.2.6

$$f_r = 33.674 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$f_{cpe} := 0 \text{ ksi}$$

Esfuerzo de compresion en el concreto en la fibra extrema a traccion debido a las fuerza de preesfuerzo efectiva

$$M_{dnc} := 0 \text{ tonnef} \cdot m$$

Momento no factorado por carga permanente que actúa en la sección no compuesta

$$S_c := S_{nc}$$

Modulo de sección compuesta en fibra extrema traccionada

$$\gamma_1 := 1.6$$

Factor de variabilidad por agrietamiento por flexión

$$\gamma_2 := 0$$

Factor de variabilidad por preesfuerzo

$$\gamma_3 := 0.67$$

Factor por limite elástico mínimo especificado a rotura por traccion del refuerzo

$$M_{cr} := \gamma_3 \cdot \left( (\gamma_1 \cdot f_r + \gamma_2 \cdot f_{cpe}) \cdot S_c - M_{dnc} \cdot \left( \frac{S_c}{S_{nc}} - 1 \right) \right) \quad \text{Momento critico de agrietamiento AASTHO LRFD 5.7.3.3.2}$$

$$M_{cr} = 21.659 \text{ tonnef} \cdot m$$

## Investigar el Estado Límite de Resistencia – Flexión

Diseño de refuerzo:

### Franja Inferior

- **Momento último ( $M_{u1}$ )**

$$M_{u1} := \eta \cdot (1.25 M_{DC} + 1.50 M_{DW} + 1.75 \cdot M_U) \cdot b \cdot \frac{1}{m}$$

$$M_{u1} = 62.628 \text{ tonnef} \cdot m$$

Calculo de la cantidad de refuerzo requerida para resistir el  $M_u$

$$K_u := \frac{M_{u1}}{b \cdot d^2} = 19.808 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \beta_1 := \text{if} \left( f'_c \leq 4 \text{ ksi}, 0.85, \max \left( 0.65, 0.85 - 0.05 \left( \frac{f'_c - 4 \text{ ksi}}{\text{ksi}} \right) \right) \right)$$

$$m_1 := \frac{f_y}{0.85 \cdot f'_c} = 17.647$$

$$\rho_{max} := 0.75 \cdot \left( 0.85 \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{87000 \text{ psi}}{87000 \text{ psi} + f_y} \right)$$

$$\rho_{req} := \frac{1}{m_1} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m_1 \cdot K_u}{\phi_f \cdot f_y}} \right) = 0.00551$$

$$\rho_{max} = 0.0214$$

$$\rho_{min} := 0.0018 \quad \text{Por contracción y temperatura para 2 caras}$$

$$A_{s\_req} := \rho_{req} \cdot b \cdot d = (3.097 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{s\_req}}{b} = 3.097 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

Se dispone de una distribución de acero adecuada.

Armadura provista:  $\varphi 1''(N^{\circ}8) @ 150\text{mm}$

$i := 5$  Posición en matriz de varillas

$esp := 150 \text{ mm}$  Espaciamiento de varillas

$$area_p := area_i = 510 \text{ mm}^2$$

$$diam_p := diam_i = 25.4 \text{ mm}$$

$$A_s := area_p \cdot \frac{b}{esp} = (3.4 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_s}{b} = 3.4 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

$$d := h - \left( re + diam_{at} + \frac{diam_p}{2} \right) = 562.3 \text{ mm} \quad \text{Peralte efectivo definitivo}$$

$$a := \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} = 60 \text{ mm}$$

$$M_n := A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) = 76.012 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad \text{Momento nominal}$$

$$\phi_f \cdot M_n = 68.411 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$DC := \frac{M_{u1}}{\phi_f \cdot M_n} = 0.9 \quad \text{Índice Demanda – Capacidad (Flexión)}$$

- Acero mínimo (Asmín): La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor valor de  $M_{cr}$  y  $1.33M_u$ :

b.1)

$$f_r = 33.674 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$S_{nc} = 60000 \text{ cm}^3$$

$$M_{cr} := 1.1 \cdot f_r \cdot S_{nc} = 22.225 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

b.2)  $1.33 \cdot M_{u1} = 83.295 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$

$Revision\_Acerom\acute{i}nimo := \text{if}(M_{u1} \geq \min(M_{cr}, 1.33 \cdot M_{u1}), \text{"OK"}, \text{"Revisar"})$

$Revision\_Acerom\acute{i}nimo = \text{"OK"}$

- Acero de distribución (AsDist):

$$A_s := \frac{510 \text{ mm}^2}{150 \text{ mm}} = 3.4 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

Armadura de distribución requerida:

$$A_{s, \text{dist. req}} := \min\left(\frac{100}{\sqrt{\frac{L}{ft}}}, 50\right) \cdot \frac{1}{100} \cdot A_s = 0.594 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

Armadura provista:  $\varphi 5/8''(\text{N}^\circ 5) @ 300\text{mm}$

$$A_{s, \text{dist. col}} := \frac{199 \text{ mm}^2}{300 \text{ mm}} = 0.663 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

- Franja de Borde

$$vereda := 1.40 \text{ m}$$

$$a' := 0.30 \text{ m}$$

$$E = 3.579 \text{ m}$$

$$E'_{borde} := vereda + a' + \frac{E}{4} = 2.595 \text{ m}$$

$$E_{borde} := \text{if} \left( E'_{borde} \leq \min \left( \frac{E}{2}, 1.80 \text{ m} \right), \text{"OK"}, \min \left( \frac{E}{2}, 1.80 \text{ m} \right) \right)$$

$$E_{borde} = 1.789 \text{ m}$$

- Cálculo del momento flector por cargas permanentes:

- Peso propio de losa: ( $P_{losa}$ )

$$P_{LOSA} := h \cdot 1 \text{ m} \cdot \gamma_c = 1.44 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

- Peso propio de vereda: ( $P_{vereda}$ )

$$P_{vereda} := 0.25 \text{ m} \cdot \left( \frac{1.4 + 1.35}{2} \cdot \text{m} \right) \cdot 1 \text{ m} \cdot \gamma_c = 0.825 \text{ tonnef}$$

- Peso propio de baranda: ( $P_{baranda}$ )

$$P_{baranda} := 0.1 \cdot \frac{\text{tonnef}}{m} \cdot 1 \text{ m} = 0.1 \text{ tonnef}$$

$$\omega_{DC} := P_{LOSA} \cdot 1 \text{ m} + P_{vereda} + P_{baranda} = 2.365 \text{ tonnef}$$

- Momento por peso propio de losa: ( $M_{DC}$ )

$$M_{DC} := \frac{\omega_{DC} \cdot L^2}{8 \text{ m}} = 29.563 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

- Carga por asfalto: ( $C_{asf}$ )

$$C_{asf} := h_a \cdot \gamma_a \cdot 1 \text{ m} = 0.11 \frac{\text{tonnef}}{m}$$

$$P_W := C_{asf} \cdot 1 \text{ m} \cdot \frac{(E_{borde} - vereda)}{E_{borde}} = 23.933 \text{ kgf}$$

- Momento por asfalto: ( $M_{DW}$ )

$$M_{DW} := \frac{P_W \cdot L^2}{8 \cdot m} = 0.299 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

- Cálculo del momento flector por carga viva:

$$dist := E_{borde} - vereda - a' = 0.089 \text{ m}$$

$$M_{USC} := \frac{\frac{M_{Tandem}}{2} \cdot 1.33 + M_W \cdot \frac{(a' + dist)}{3 \cdot m}}{E_{borde}} \cdot 1 \text{ m} = 19.269 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{u1} := \eta \cdot (1.25 M_{DC} + 1.50 M_{DW} + 1.75 (M_{USC}))$$

$$M_{u1} = 71.122 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

- Cálculo de la cantidad de refuerzo requerida para resistir el  $M_u$ :

$$K_u := \frac{M_{u1}}{b \cdot d^2} = 22.494 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \beta_1 := \text{if} \left( f'_c \leq 4 \text{ ksi}, 0.85, \max \left( 0.65, 0.85 - 0.05 \left( \frac{f'_c - 4 \text{ ksi}}{\text{ksi}} \right) \right) \right)$$

$$m_1 := \frac{f_y}{0.85 \cdot f'_c} = 17.647$$

$$\rho_{max} := 0.75 \cdot \left( 0.85 \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \frac{87000 \text{ psi}}{87000 \text{ psi} + f_y} \right)$$

$$\rho_{req} := \frac{1}{m_1} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m_1 \cdot K_u}{\phi_f \cdot f_y}} \right) = 0.0063$$

$$\rho_{max} = 0.0214$$

$$\rho_{min} := 0.0018 \quad \text{Por contracción y temperatura para 2 caras}$$

$$A_{s\_req} := \rho_{req} \cdot b \cdot d = (3.543 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{s\_req}}{b} = 3.543 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

- Se dispone de una distribución de acero adecuada.

Armadura provista:  $\varphi 1''(\text{N}^\circ 8) @ 125\text{mm}$

$i := 5$

Posición en matriz de varillas

$esp := 125 \text{ mm}$

Espaciamiento de varillas

$$area_p := area_i = 510 \text{ mm}^2$$

$$diam_p := diam_i = 25.4 \text{ mm}$$

$$A_s := area_p \cdot \frac{b}{esp} = (4.08 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_s}{b} = 4.08 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

$$d := h - \left( re + diam_{at} + \frac{diam_p}{2} \right) = 562.3 \text{ mm} \quad \text{Peralte efectivo definitivo}$$

$$a := \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b} = 72 \text{ mm}$$

$$M_n := A_s \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) = 90.187 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad \text{Momento nominal}$$

$$\phi_f \cdot M_n = 81.168 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$DC := \frac{M_{u1}}{\phi_f \cdot M_n} = 0.9 \quad \text{Índice Demanda – Capacidad (Flexión)}$$

- Franja de Borde

$$A_s := \frac{510 \text{ mm}^2}{125 \text{ mm}} = 4.08 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

Armadura de distribución requerida:

$$A_{s,dist,req} := \min\left(\frac{100}{\sqrt{\frac{L}{ft}}}, 50\right) \cdot \frac{1}{100} \cdot A_s = 0.712 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

Armadura provista:  $\varphi 5/8''(N^{\circ}5) @ 250\text{mm}$

$$A_{s,dist,col} := \frac{199 \text{ mm}^2}{250 \text{ mm}} = 0.796 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

- Investigar el Estado Límite de Servicio

Control de Fisuras

- Franja Interior

$$A_s := \frac{510 \text{ mm}^2}{125 \text{ mm}} = 4.08 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

Armadura de distribución requerida:

$$A_{s,dist,req} := \min\left(\frac{100}{\sqrt{\frac{L}{ft}}}, 50\right) \cdot \frac{1}{100} \cdot A_s = 0.712 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

Armadura provista:  $\varphi 5/8''(N^{\circ}5) @ 250\text{mm}$

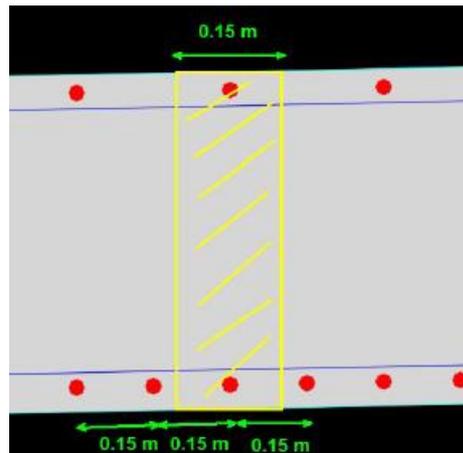
$$A_{s,dist,col} := \frac{199 \text{ mm}^2}{250 \text{ mm}} = 0.796 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$$

- Investigar el Estado Límite de Servicio

Control de Fisuras

- Franja Interior

Figura 17. Dimensiones consideradas franja interior



Fuente: Elaboración propia

Espaciamiento del acero positivo principal

$$Z := 23000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} ; \quad b := 15 \text{ cm} ; \quad d = 56.23 \text{ cm}$$

$$d_c := re + \frac{\text{diam}_p}{2} = 37.7 \text{ mm}$$

Espesor de concreto de la fibra en tracción a centroide de acero

$$A := 2 \cdot d_c \cdot \frac{b}{1} = 113.10 \text{ cm}^2$$

$$f_{sa} := \frac{Z}{\sqrt[3]{d_c \cdot A}} \cdot \text{cm} = 3055.811 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$0.6 \cdot f_y = 2520 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{sa} := 2520 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$M_s := \eta \cdot (1.0 M_{DC} + 1.0 M_{DW} + 1.0 M_U)$$

$$M_s = 51.613 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Para el ancho tributario de 15 cm:

$$M_{s'} := M_s \cdot b \cdot \frac{1}{1 \text{ m}} = 7.742 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$E_c := 15000 \sqrt{\frac{f'_c}{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = (2.51 \cdot 10^5) \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_1 := \frac{E_s}{E_c} = 8.367 \quad A_\phi := 5.07 \text{ cm}^2$$

$$n := \text{round}(n_1, 0) = 8$$

$$A_{strans} := n \cdot A_\phi = 40.56 \text{ cm}^2$$

Valores de prueba	$x_1 := 1 \text{ cm}$
Restricciones	$\frac{1}{2} \cdot b \cdot x_1^2 = n \cdot A_\phi \cdot (d - x_1)$
Solver	$x := \text{find}(x_1) = 14.943 \text{ cm}$

Cálculo del momento de inercia de la sección transformadora fisurada respecto al eje neutro:

$$I_{cr} := \frac{1}{3} b \cdot x^3 + n \cdot A_\phi \cdot (d - x)^2 \quad \text{Momento de Inercia Agrietado}$$

$$I_{cr} = 85822.595 \text{ cm}^4$$

$$f_s := n \cdot \frac{M_s \cdot (d - x)}{I_{cr}} = 2979.605 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f_c := \frac{M_s \cdot x}{I_{cr}} = 898.643 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{f_s}{f_y} = 0.709$$

$$\frac{f_c}{f'_c} = 3.209$$

Se cumple que:

$$\text{Revision\_Fisuracion} := \text{if}(f_s \leq f_{sa}, \text{"OK"}, \text{"Revisar"})$$

$$\text{Revision\_Fisuracion} = \text{"Revisar"}$$

Se debe disminuir los refuerzos en el acero por ello trabajaremos con 12.50 cm:

$$b = 12.50 \text{ cm}$$

$$M_s := M_s \cdot b \cdot \frac{1}{1 \text{ m}} = 6.452 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$E_c := 15000 \sqrt{\frac{f_c}{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = (2.51 \cdot 10^5) \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_1 := \frac{E_s}{E_c} = 8.367 \quad A_\phi := 5.07 \text{ cm}^2$$

$$n := \text{round}(n_1, 0) = 8$$

$$A_{strans} := n \cdot A_\phi = 40.56 \text{ cm}^2$$

Valores de prueba	$x_1 := 1 \text{ cm}$
Restricciones	$\frac{1}{2} \cdot b \cdot x_1^2 = n \cdot A_\phi \cdot (d - x_1)$
Solve	$x := \text{find}(x_1) = 16.131 \text{ cm}$

Cálculo del momento de inercia de la sección transformada fisurada respecto al eje neutro:

$$I_{cr} := \frac{1}{3} b \cdot x^3 + n \cdot A_{\phi} \cdot (d-x)^2 \quad \text{Momento de Inercia Agrietado}$$

$$I_{cr} = 82706.941 \text{ cm}^4$$

$$f_s := n \cdot \frac{M_s \cdot (d-x)}{I_{cr}} = 2502.353 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f_c := \frac{M_s \cdot x}{I_{cr}} = (1.007 \cdot 10^3) \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{f_s}{f_y} = 0.596$$

$$\frac{f_c}{f'_c} = 3.595$$

Se cumple que:

$$\text{Revision\_Fisuracion} := \text{if} (f_s \leq f_{sa}, \text{"OK"}, \text{"Revisar"})$$

$$\text{Revision\_Fisuracion} = \text{"OK"}$$

$$\beta_s := 1 + \frac{d_c}{0.7 \cdot (h - d_c)} = 1.096$$

$$\gamma_e := 1$$

Condición de exposición Clase I

$$S_{max} := \frac{700 \cdot \gamma_e}{\beta_s \cdot \frac{f_s}{\text{ksi}}} \cdot \text{in} - 2 \cdot d_c$$

$$S_{max} = 380.488 \text{ mm}$$

$$\text{Revision\_Fisuracion} := \text{if} (S_{max} \geq esp, \text{"OK"}, \text{"Revisar"})$$

$$\text{Revision\_Fisuracion} = \text{"OK"}$$

- Franja de borde

$$M_s := \eta \cdot (1.0 M_{DC} + 1 M_{DW} + 1 M_{USC})$$

$$M_s = 49.13 \text{ tonnef} \cdot m$$

Para el ancho tributario de 15 cm:

$$b := 15 \cdot cm$$

$$M_{s'} := M_s \cdot b \cdot \frac{1}{1 m} = 7.37 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$E_c := 15000 \sqrt{\frac{f'_c}{\frac{kgf}{cm^2}}} \cdot \frac{kgf}{cm^2} = (2.51 \cdot 10^5) \frac{kgf}{cm^2}$$

$$n_1 := \frac{E_s}{E_c} = 8.367$$

$$A_\phi := 5.07 \text{ cm}^2$$

$$n := \text{round}(n_1, 0) = 8$$

$$A_{strans} := n \cdot A_\phi = 40.56 \text{ cm}^2$$

Valores de prueba	$x_1 := 1 \text{ cm}$
Restricciones	$\frac{1}{2} \cdot b \cdot x_1^2 = n \cdot A_\phi \cdot (d - x_1)$
Solve	$x := \text{find}(x_1) = 14.943 \text{ cm}$

Cálculo del momento de inercia de la sección transformada fisurada respecto al eje neutro:

$$I_{cr} := \frac{1}{3} b \cdot x^3 + n \cdot A_{\phi} \cdot (d-x)^2 \quad \text{Momento de Inercia Agrietado}$$

$$I_{cr} = 85822.595 \text{ cm}^4$$

$$f_s := n \cdot \frac{M_s \cdot (d-x)}{I_{cr}} = 2836.263 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad f_c := \frac{M_s \cdot x}{I_{cr}} = 855.411 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{f_s}{f_y} = 0.675 \quad \frac{f_c}{f'_c} = 3.055$$

No se cumple que:

*Revision\_Fisuracion* := if ( $f_s \leq f_{sa}$ , "OK", "Revisar")

*Revision\_Fisuracion* = "Revisar"

Se debe de disminuir los esfuerzos en el acero por ello trabajaremos con 12.50 cm:

$$M_s := \eta \cdot (1.0 M_{DC} + 1 M_{DW} + 1 M_{USC})$$

$$M_s = 49.13 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Para el ancho tributario de 12.50 cm:  $b := 12.50 \text{ cm}$

$$M_{s'} := M_s \cdot b \cdot \frac{1}{1 \text{ m}} = 6.141 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$E_c := 15000 \sqrt{\frac{f'_c}{\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = (2.51 \cdot 10^5) \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_1 := \frac{E_s}{E_c} = 8.367 \quad A_{\phi} := 5.07 \text{ cm}^2$$

$$n := \text{round}(n_1, 0) = 8$$

$$A_{strans} := n \cdot A_{\phi} = 40.56 \text{ cm}^2$$

Valores de prueba	$x_1 := 1 \text{ cm}$
Restricciones	$\frac{1}{2} \cdot b \cdot x_1^2 = n \cdot A_\phi \cdot (d - x_1)$
Solver	$x := \text{find}(x_1) = 16.131 \text{ cm}$

Cálculo del momento de inercia de la sección transformada fisurada respecto al eje neutro:

$$I_{cr} := \frac{1}{3} b \cdot x^3 + n \cdot A_\phi \cdot (d - x)^2 \quad \text{Momento de Inercia Agrietado}$$

$$I_{cr} = 82706.941 \text{ cm}^4$$

$$f_s := n \cdot \frac{M_s \cdot (d-x)}{I_{cr}} = 2381.971 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f_c := \frac{M_s \cdot x}{I_{cr}} = 958.255 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\frac{f_s}{f_y} = 0.567$$

$$\frac{f_c}{f'_c} = 3.422$$

Se cumple que:

$$\text{Revision\_Fisuracion} := \text{if} (f_s \leq f_{sa}, \text{"OK"}, \text{"Revisar"})$$

$$\text{Revision\_Fisuracion} = \text{"OK"}$$

$$\beta_s := 1 + \frac{d_c}{0.7 \cdot (h - d_c)} = 1.096$$

$$\gamma_e := 1$$

Condición de exposición Clase I

$$S_{max} := \frac{700 \cdot \gamma_e}{\beta_s \cdot \frac{f_s}{\text{ksi}}} \cdot \text{in} - 2 \cdot d_c$$

$$S_{max} = 403.528 \text{ mm}$$

$$\text{Revision\_Fisuracion} := \text{if} (S_{max} \geq \text{esp}, \text{"OK"}, \text{"Revisar"})$$

$$\text{Revision\_Fisuracion} = \text{"OK"}$$

- **Deformaciones**

### Contra flecha

El cálculo de la deflexión se realiza para la sección completa del puente.

DC

Losa de concreto

$$w_{DC} := h \cdot \gamma_c \cdot W = 20.88 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

DW	
Asfalto	$w_{a,t} := h_a \cdot \gamma_a \cdot W_{lane} = 1.287 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$
Vereda y baranda	$w_{v,b,t} := 2 p_b = 0.98 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$
	$w_{DW} := w_{a,t} + w_{v,b,t}$
	$w_{DW} = 2.267 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$
	$w_{DL} := w_{DC} + w_{DW}$
	$w_{DL} = 23.147 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$
	$M_{DL} := \frac{w_{DL} \cdot L^2}{8} = 289.338 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$

Calculamos  $I_g$ , y para toda la sección:

$$I_{g,st} := \frac{W \cdot h^3}{12} = 0.261 \text{ m}^4$$

$$y_{t,st} := \frac{h}{2} = 0.3 \text{ m}$$

$$f_r = 33.674 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$M_{cr,st} := f_r \cdot \frac{I_{g,st}}{y_{t,st}} = 292.96 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$I_{cr,st} := I_{cr} \cdot \left( \frac{W}{1 \text{ m}} \right) = 0.012 \text{ m}^4$$

$$M_{a1} := M_{DL}$$

$$I_{e1} := \left( \frac{M_{cr,st}}{M_{a1}} \right)^3 \cdot I_{g,st} + \left( 1 - \left( \frac{M_{cr,st}}{M_{a1}} \right)^3 \right) \cdot I_{cr,st} = 0.27 \text{ m}^4$$

$$\frac{I_{e1}}{I_{g,st}} = 1.036$$

Por lo tanto la deflexión instantánea será:

$$\Delta_{DL} := \frac{5 \cdot w_{DL} \cdot L^4}{384 \cdot E_c \cdot I_{e1}} = 4.44 \text{ mm}$$

La deflexión a largo plazo se podrá tomar como:

$$A'_s := 0 \text{ mm}^2$$

$$\Delta_{\text{contraflecha}} := \Delta_{DL} \cdot (3)$$

$$\Delta_{\text{contraflecha}} = 13.319 \text{ mm}$$

Para la sección bruta:

$$\Delta_B := \frac{\Delta_{\text{contraflecha}} \cdot I_{e1}}{I_{g,st}} = 13.802 \text{ mm}$$

Usando un factor de flujo plástico igual a 4:

$$\Delta_{DP} := 4 \cdot \Delta_B = 55.208 \text{ mm}$$

Contra flecha final:

$$\max(\Delta_{\text{contraflecha}}, \Delta_{DP}) = 55.208 \text{ mm}$$

### **Chequeo de Deflexión por carga viva**

La deflexión máxima se tomará como el mayor calculada de la aplicación del camión de diseño actuando solo o la carga de carril más el 25% del camión, el camión debe colocarse de tal manera que la distancia entre sus ejes sea la más cercana.

La deflexión máxima permitida:

$$\Delta_{LL\_IM.per} := \frac{L}{800} = 12.5 \text{ mm}$$

Numero de carriles cargados y factor multipresencia:

$$N_L := 2 \quad m_1 := 1$$

Momento debido al camión de diseño será:

$$M_{LL\_IM.def1} := N_L \cdot m_1 \cdot (1.33 \cdot M_{Camión})$$

---

$$M_{LL\_IM.def1} = 119.049 \text{ tonnef} \cdot m$$

Momento debido al 25% camión de diseño mas carga carril será:

$$M_{LL\_IM.def2} := N_L \cdot m_1 \cdot (1.33 \cdot 0.25 \cdot M_{Camión} + M_W)$$

$$M_{LL\_IM.def2} = 53.762 \text{ tonnef} \cdot m$$

Por lo tanto el momento por carga viva para el calculo de deflexiones es:

$$M_{LL\_IM.def} := \max(M_{LL\_IM.def1}, M_{LL\_IM.def2})$$

$$M_{LL\_IM.def} = 119.049 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_{a2} := M_{DL} + M_{LL\_IM.def} = 408.386 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$I_{\epsilon 2} := \left( \frac{M_{cr.st}}{M_{a2}} \right)^3 \cdot I_{g.st} + \left( 1 - \left( \frac{M_{cr.st}}{M_{a2}} \right)^3 \right) \cdot I_{cr.st} = 0.104 \text{ m}^4$$

$$\frac{I_{\epsilon 2}}{I_{g.st}} = 0.398$$

Ubicación de cargas de eje respecto al punto de inicio:

$$x_2 := \frac{L}{2} + 2.33 \text{ ft} = 5.71 \text{ m}$$

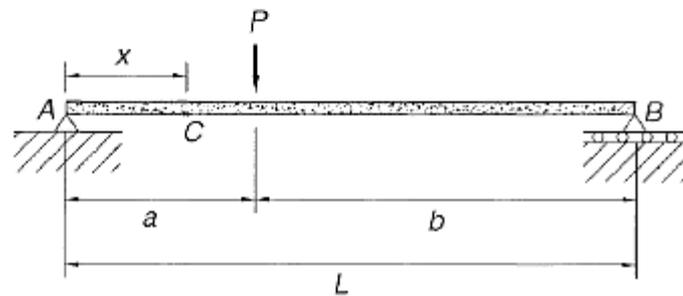
$$x_1 := \begin{cases} \text{if } x_2 - 14 \text{ ft} \leq 0 \text{ m} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} x_1 \leftarrow 0 \text{ m} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} x_1 \leftarrow x_2 - 14 \text{ ft} \\ x_1 \end{array} \right. \end{array} \right. \end{cases}$$

$$x_1 = 1.443 \text{ m}$$

$$x_3 := \begin{cases} \text{if } x_2 + 14 \text{ ft} \geq L \\ \quad \left\| \begin{array}{l} x_3 \leftarrow 0 \text{ m} \\ \text{else} \\ \quad \left\| \begin{array}{l} x_3 \leftarrow x_2 + 14 \text{ ft} \\ x_3 \end{array} \right. \end{array} \right. \end{cases}$$

$$x_3 = 9.977 \text{ m}$$

$$\Delta_x(x < a) = \frac{Pbx}{6EI} (L^2 - b^2 - x^2)$$



$$P_1 := N_L \cdot m_1 \cdot (1.33 \cdot 32 \text{ kip}) = 38.61 \text{ tonnef}$$

$$x := L - x_2 = 4.29 \text{ m} \quad a := L - x_1 = 8.557 \text{ m} \quad b := x_1 = 1.443 \text{ m}$$

$$\Delta_{x_1} := \frac{P_1 \cdot b \cdot x}{6 \cdot E_c \cdot I_{e2} \cdot L} \cdot (L^2 - b^2 - x^2) = 1.214 \text{ mm}$$

$$P_2 := N_L \cdot m_1 \cdot (1.33 \cdot 32 \text{ kip}) = 38.61 \text{ tonnef}$$

$$x := x_2 = 5.71 \text{ m} \quad a := x_2 = 5.71 \text{ m} \quad b := L - x_2 = 4.29 \text{ m}$$

$$\Delta_{x_2} := \frac{P_2 \cdot b \cdot x}{6 \cdot E_c \cdot I_{e2} \cdot L} \cdot (L^2 - b^2 - x^2) = 2.961 \text{ mm}$$

$$P_3 := N_L \cdot m_1 \cdot (1.33 \cdot 8 \text{ kip}) = 9.652 \text{ tonnef}$$

$$x := x_2 = 5.71 \text{ m}$$

$$a := x_3 = 9.977 \text{ m}$$

$$b := L - x_3 = 0.023 \text{ m}$$

$$\Delta_{x_3} := \frac{P_3 \cdot b \cdot x}{6 \cdot E_c \cdot I_{e2} \cdot L} \cdot (L^2 - b^2 - x^2) = 0.005 \text{ mm}$$

$$\Delta_{LL\_IM.def} := \sum_{i=1}^3 \Delta_{x_i} = 4.18 \text{ mm}$$

$$Revision\_Deflexion := \text{if} (\Delta_{LL\_IM.def} \leq \Delta_{LL\_IM.per}, \text{"OK"}, \text{"Revisar"})$$

$$Revision\_Deflexion = \text{"OK"}$$

Investigar el Estado Límite de Fatiga

$$x := \frac{L}{2} - 1.4 \text{ ft}$$

$$M_{Tr.F} := \left\{ \begin{array}{l} y_2 \leftarrow \frac{x \cdot (L - x)}{L} \\ \text{if } x \leq 30 \text{ ft} \\ \left\| \begin{array}{l} y_1 \leftarrow 0 \text{ ft} \\ \text{else} \\ \left\| \begin{array}{l} y_1 \leftarrow \frac{y_2}{x} \cdot (x - 30 \text{ ft}) \\ \text{if } (L - x) \leq 14 \text{ ft} \\ \left\| \begin{array}{l} y_3 \leftarrow 0 \text{ ft} \\ \text{else} \\ \left\| \begin{array}{l} y_3 \leftarrow \frac{y_2}{L - x} \cdot (L - x - 14 \text{ ft}) \\ (32 y_1 + 32 y_2 + 8 y_3) \cdot kip \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$M_{Tr.F} = 37.947 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{LL\_IM.F} := \eta \cdot 0.75 \cdot ((1 + 0.15) \cdot M_{Tr.F})$$

$$M_{LL\_IM.F} = 32.73 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Para una vía cargada:

$$E_S = 4.238 \text{ m} \quad b := 1 \text{ m}$$

$$M_{LL\_IM.F.1} := \frac{M_{LL\_IM.F}}{E_S} \cdot b = 7.722 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{DC.F.1} := M_{DC} = 29.563 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{DW.F.1} := M_{DW} = 0.299 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_1 := M_{DC.F.1} + M_{DW.F.1} + M_{LL\_IM.F.1} = 37.584 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_2 := M_{DC.F.1} + M_{DW.F.1} = 29.862 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$A_{s\_req} = 35.431 \text{ cm}^2 \quad x_s := 16.131 \text{ cm}$$

$$I_{cr} := \frac{1}{3} b \cdot x_s^3 + n \cdot A_{s\_req} \cdot (d - x_s)^2$$

$$I_{cr} = 595683.25 \text{ cm}^4$$

$$f_{max} := n \cdot \frac{M_1 \cdot (d - x_s)}{I_{cr}} = (2.024 \cdot 10^3) \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$d = 0.562 \text{ m} \\ d + x_s = 0.724 \text{ m}$$

$$f_{min} := n \cdot \frac{M_2 \cdot (d - x_s)}{I_{cr}} = (1.608 \cdot 10^3) \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f_f := f_{max} - f_{min} = 415.865 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$24 \text{ ksi} - 0.33 f_{min} = (1.157 \cdot 10^3) \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

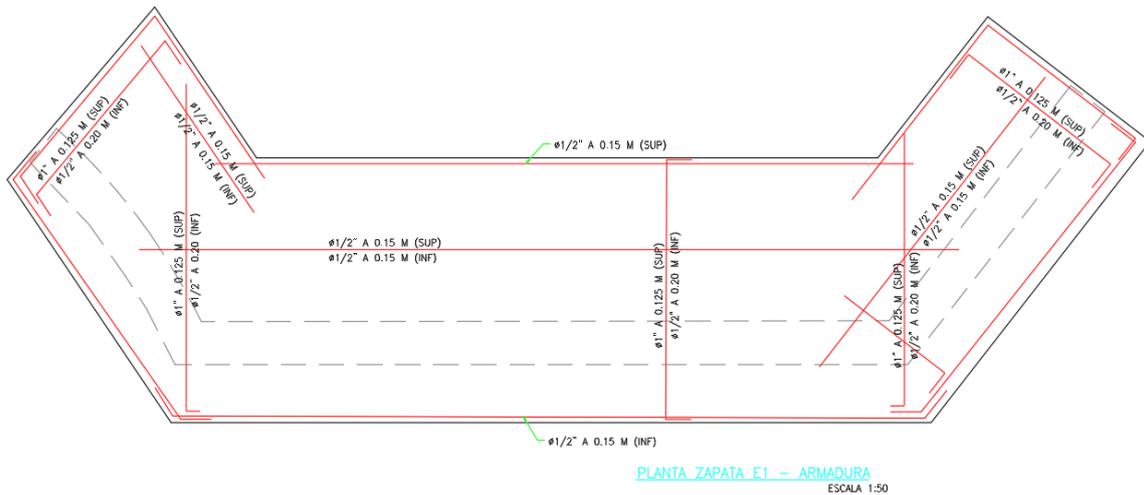
$$Revision\_Fatiga := \text{if}(f_f \leq 24 \text{ ksi} - 0.33 f_{min}, \text{"OK"}, \text{"Revisar"})$$

$$Revision\_Fatiga = \text{"OK"}$$

## Detallado de los planos

En la **Figura 18** se puede ver el detalle de los planos de cimentación según los cálculos obtenidos.

**Figura 18.** Planta de zapata - Armadura



**Fuente:** Elaboración propia

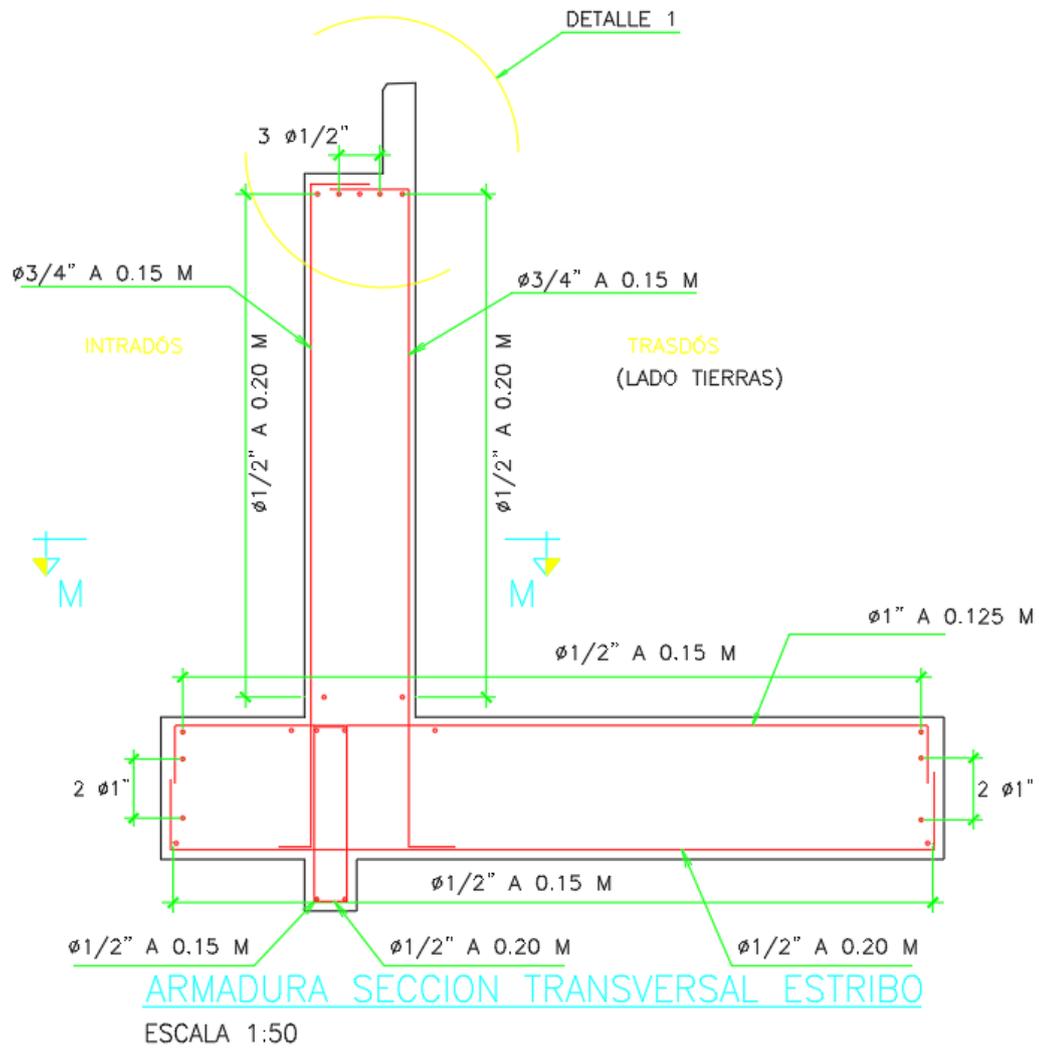
En la **Figura 19** se puede ver el detalle de los planos de los estribos según los cálculos obtenidos.

**Figura 19** Armadura sección M-M



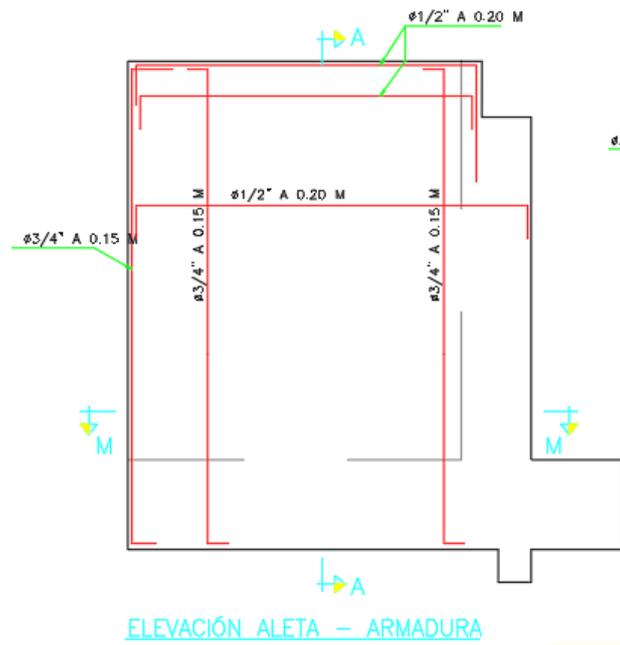
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 20.** Armadura sección transversal estribo



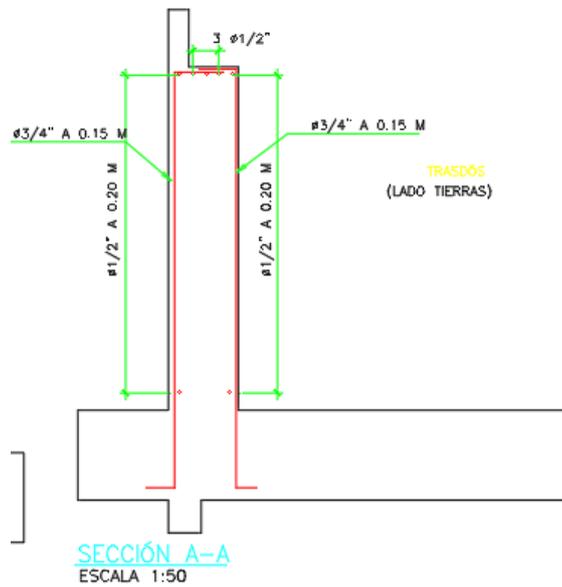
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 21.** Elevación aleta - Armadura



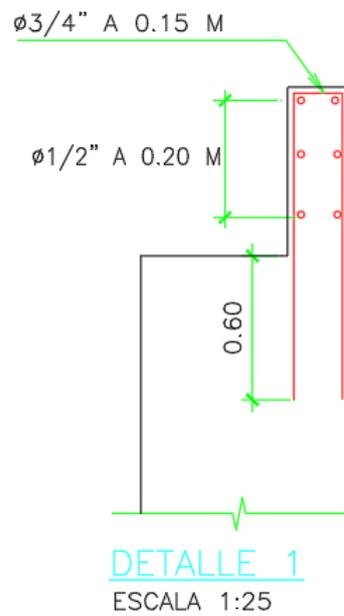
Fuente: Elaboración propia

**Figura 22.** Elevación Aleta – Armadura Sección A-A



Fuente: Elaboración propia

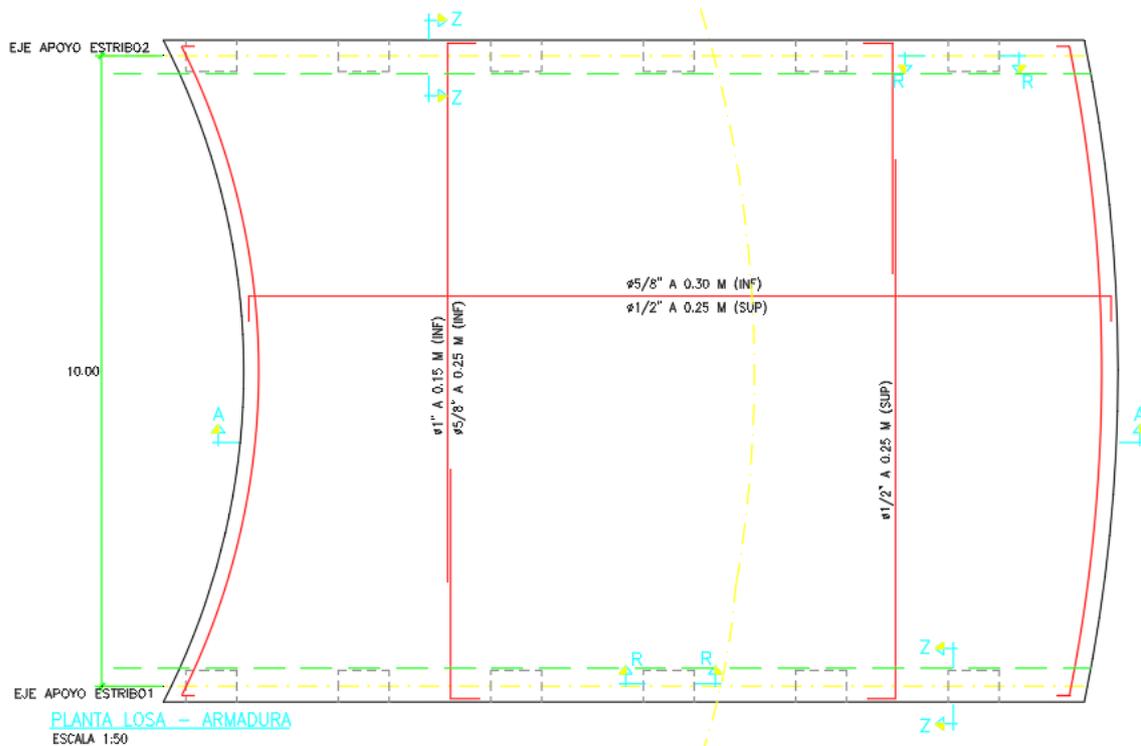
**Figura 23.** Elevación Aleta – Armadura Detalle 1-1



**Fuente:** Elaboración propia

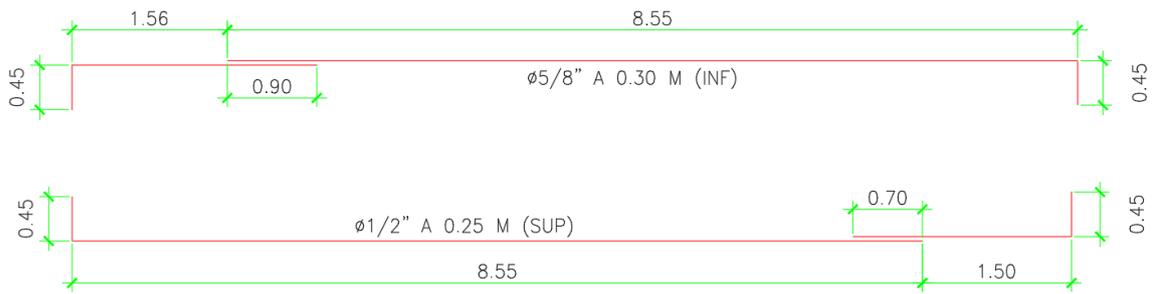
En la **Figura 24** se puede ver el detalle de los planos de la losa de concreto armado del puente según los cálculos obtenidos.

**Figura 24.** Planta Losa - Armadura



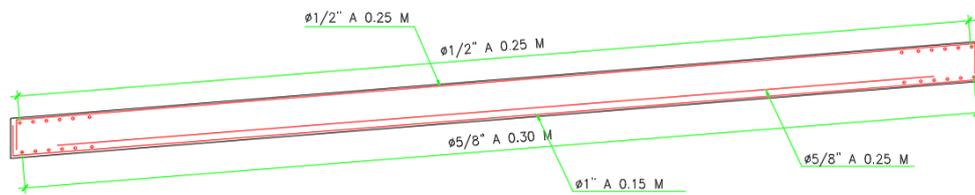
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 25. Distribución de acero de losa Corte trasversal**



**Fuente:** Elaboración propia

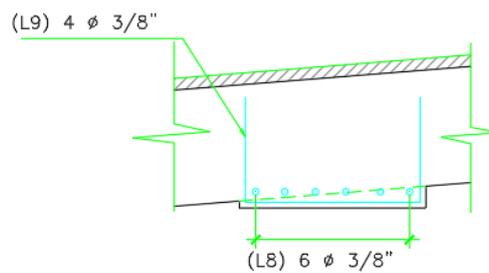
**Figura 26. Armadura Losa – Sección A-A**



SECCIÓN A-A – ARMADURA LOSA  
ESCALA 1:50

**Fuente:** Elaboración propia

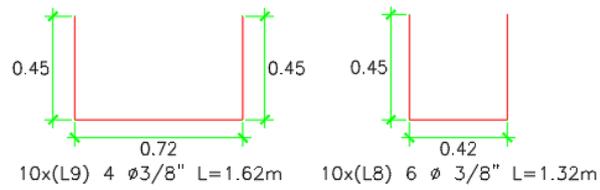
**Figura 27. Armadura de unión – Sección R-R**



Sección R-R  
ESCALA 1:20

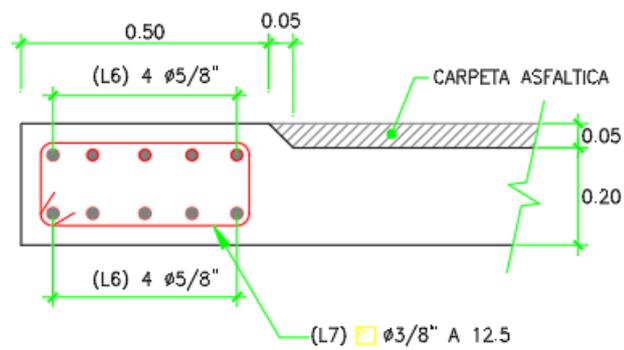
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 28.** Armadura Distribución de la unión



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 29.** Detalle de extremo de losa – Sección Z-Z



\* ARMADURA ADICIONAL AL INDICADO EN LOSA

**DETALLE DE EXTREMO DE LOSA**  
**SECCIÓN Z-Z**

ESCALA 1:100

**Fuente:** Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

- Chávez Espinel & Lozano Novoa, (2021) en su tesis llegó a las siguientes conclusiones: Este proyecto tiene como objetivo comparar dos tipos de diseños de puentes con los siguientes parámetros comunes: la distancia entre los apoyos, el tamaño total, la carga estática correspondiente al peso del elemento estructural y la carga estática debida a la carga provocada por la estructura, elemento de tráfico; El propósito es mostrar una alternativa de diseño diferente al diseño tradicional, convirtiéndolo en una opción para el puente de vigas cercanas. El diseño que se presenta aquí utiliza los códigos de diseño colombianos relevantes y las recomendaciones en la literatura para la tipología comparativa.

En conclusión, se está completamente de acuerdo, ya que los datos utilizados en ese estudio son de requerimiento también en este estudio, ya que ambas normativas peruana y colombiana tienen como base a la normativa internacional.

- Delgado Castro, Rodríguez Rivas, & Vera Ávila, (2018) en su tesis a las siguientes conclusiones: Cabe mencionar que Ecuador no cuenta con un reglamento técnico propio y actualizado sobre diseño de ejes, por lo que debe recurrir a estándares internacionales, entre los cuales los más utilizados son los estándares estadounidenses dados por AASHTO. Con base en este método, se propuso el diseño del método AASHTO LRFD para la construcción de un puente de losa en la ciudad de Manta. La investigación sigue un método cuantitativo. El método cognitivo es la lógica racional. Ámbito no experimental y carácter documental. Esta información se analiza mediante un análisis explicativo de los datos que aporta la revisión documental de la población y características viales de Manta, por lo que es necesario proponer un proyecto para ser utilizado por estudiantes de otras ciudades con características similares. En sus soluciones, se puede enfatizar que es posible obtener un buen dimensionamiento de las estructuras que conformarán el puente de losa, y dependerá enteramente

del proyecto que se esté ejecutando, viendo la longitud del puente, así. como la profundidad de la losa.

En conclusión, se está completamente de acuerdo, ya que los parámetros utilizados y el tipo de puente utilizado en ese estudio tiene mucha similitud a esta investigación proponiendo ambas estructuras que beneficiarán no solo a sus pobladores sino que también es un precedente de diseño para otros puentes con características similares.

- Gutiérrez Riveros, Rivera Hernández, & Trujillo Rodríguez, (2021) en su tesis llegó a las siguientes conclusiones: Hay muchos métodos en la ingeniería civil, como la rama de la ingeniería encargada de diseñar, construir y ejecutar puentes, permitiendo que las estructuras eludan obstáculos y haciendo que encontrar sus rutas sea más eficiente y rápido. A lo largo de los años, los puentes se han desarrollado continuamente de acuerdo con las necesidades humanas. Hasta principios del siglo XIX, los puentes fueron diseñados y construidos por maestros de acuerdo con procedimientos empíricos, pero con el continuo crecimiento económico y tecnológico de la revolución industrial, con la invención del hierro fundido, el hierro forjado y el acero, se creó la escuela como ingeniería civil y apariencia de la estructura. El objetivo principal de este trabajo es diseñar el diseño del puente "Flandes-Parque Central" en Pascal Cundinamarca. Debido a la falta de mantenimiento y al uso constante, el puente se encuentra actualmente en mal estado. El puente que aparece fue diseñado con hormigón armado, la superestructura está compuesta por una losa maciza con vigas, la infraestructura está compuesta por estribos y una alma central, cabe destacar que no se presentaron los cálculos para el diseño de cimentación, toda esta estructura estructural. La concepción se basa en la norma CCP-14. Como primera instancia, se llevó a cabo el dimensionamiento del puente, realizando el ensanchamiento del carril, uno específico para bicicletas y otro para uso peatonal, además, se realizó la evaluación de cargas dinámicas y estáticas, con lo cual los datos como el ancho de las vigas y el peralte de la losa; Además del cálculo del

acero, de esta forma se determinó todo lo relacionado con el diseño de estribos, finalmente se analizó la estructura en el programa SAP 2000.

En conclusión, se está completamente de acuerdo, ya que es necesario el mantenimiento de las estructuras y en este caso es similar a las condiciones en el que se encuentra este puente Kitamayo, además de que al realizar el diseño vial se determinaron otras características que debería tener este nuevo puente.

- Según Mamani Vargas & Villavicencio Villavicencio, (2020) en su tesis llegaron a las siguientes conclusiones: El propósito de este estudio es evaluar la diferencia entre diseño optimizado y no optimizado en puentes de losas de hormigón armado utilizando el método de ancho de tira equivalente aproximado en el Manual de puentes MTC 2018. El desarrollo de la investigación incluye los siguientes procesos de contenido: primero, registrar las propiedades, características geométricas, cargas de diseño y medición de carga de los materiales; segundo, la determinación del ancho equivalente de las tiras en el Manual de puentes MTC 2018 y la dimensión previa de la losa súper alta; tercero, pasar El desarrollo del diseño de optimización matemática incluye a su vez: discretización de la longitud del puente, determinación de la función objetivo (la principal función matemática a optimizar, en nuestra investigación será un costo de referencia directo) y sus subfunciones ( piso de peralte, volumen de hormigón), peso de acero y área de plantilla), determinar las variables (ancho de la losa) a mejorar, ejecución y proyección de métodos matemáticos en el software matemático Maple, así como determinar el ancho óptimo de la losa. Cuando se haya obtenido el ancho no optimizado o predimensionado, y una vez optimizado, se calculará el análisis estructural donde se tomarán los valores de los esfuerzos cortantes y momentos flectores, así como el diseño de las áreas. que debe tener acero, con todo lo calculado, se pudo determinar los parámetros del objetivo como el volumen de hormigón, cantidad de acero, encofrado, costo estimado, tanto para los diseños optimizados como no optimizados. A partir

de esta investigación se determinó que para las distancias entre apoyos o luces de 4,00 m, 4,50 m, 5,00 m, 5,50 m, 6,00 m, 6,50 m, 7,00 m, 7,50 m, 8,00 m, 8,50 m, 9,00 m, 9,50 m, 10,00 m, 10,50 m, 11,00 m, 11,50 m y 12,00 m, muestran un 15,35% más bajo que el promedio. Finalmente, la aportación que se hará a la ingeniería será la optimización de anchos de losa de puentes de hormigón armado, para longitudes de 4 m a 12 m, minimizando costes.

En conclusión, se está completamente de acuerdo, ya que también se busca que este tipo de estructuras tenga costos razonables, y al revisar esta tesis indica para luces de 10 metros que materiales y costos se pueden optimizar para tener como objetivo la construcción del puente.

- Según Flores Peña & More Durand, (2020) en su tesis llegó a las siguientes conclusiones: La ubicación del proyecto se ubica entre La Unión en la localidad de Tabrazo en el norte y Alto La Cruz de la Arena en Piura. El nombre del puente es Puente de San José. Durante la temporada de lluvias, la conexión entre el norte es seriamente deficiente. El poblado de Tablazo se cruza con el Alto, dando lugar a la inundación del Estrecho de Melizo, que sirve de acequia para el río Piura, lo que afecta la economía de los pobladores, incluyendo cultivos, ganadería y educación. Para ellos, hemos decidido utilizar el código AASTHO LRFD como diseño de un puente, por eso es importante la transitabilidad de la población, lo que traerá muchos beneficios, como reducción de tiempo y costos. Diseño de un puente de viga losa de 15m de luz para mejorar la conexión entre la localidad de Tablazo y Alto La Cruz de la Arena-Piura en la parte norte de la Unión, se diseñará como monorraíl por ser actualmente calzada. Básicamente, se realizaron los estudios iniciales de ingeniería de topografía, estudio de suelos, hidrológico e hidráulico, de tráfico, con el objetivo de tener información y trasladar esos resultados a un diseño, el cual se basará en lo indicado en el manual de puentes de 2016.

En conclusión, se está completamente de acuerdo, ya que al igual que la infraestructura

propuesta la de esa tesis sufre un problema la altura que tiene el puente debe ser mayor para que no exista inundaciones, ambos apoyándose en los estudios de hidrología e hidráulica pueden determinar las dimensiones de la nueva estructura.

- Según Rodríguez Hinostraza, (2019) en su tesis llegó a las siguientes conclusiones: Este artículo profundiza en el diseño del puente de losa de 12 metros y el puente de vigas de losa de 12 metros; en particular, el diseño del tablero, vigas (si las hubiera) y estribos con muros de gravedad. Para el análisis y diseño de los dos puentes se utilizó el método AASTHO-LRFD (American Association of State Highway Transportation Officials) - (Load, Resistencia, Factor, Diseño), en este reglamento los estados límite requeridos para diseñar, además de Este tipo de camino se propone HL-93 que es del tipo de carga de diseño, que se considera los ejemplos de caminos que existen en Estados Unidos y otros países.

En conclusión, se está completamente de acuerdo, ya que también en esta investigación se utiliza el método AASTHO – LRFD, que nos indica los estados límite. Ambas son analizadas con los mismos coeficientes.

## VI. CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño de concreto armado bajo el método AASHTO LRFD para el puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq, este se ubica en una curva, por lo que se diseñó siguiendo la forma de la carretera, para que no ocurra una transición de manera abrupta ni tomando mayores áreas para la ubicación de esta.
- Se determinaron las cargas permanentes, permanentes de valor no constante y variables, con lo cual permitió realizar las comprobaciones necesarias para poder realizar el correcto cálculo de los elementos estructurales.
- Se pudo determinar el predimensionamiento de la estructura además que se pudo establecer cuales serán las dimensiones que tendría este puente, que son: peralte de losa 0.60m, espesor de las pantallas 0.75 m, altura de cimientto de 1.10m, altura de muro 6.00m, punta 1.10m, talón 4.00m.
- Las dimensiones de los elementos estructurales del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq son adecuadas ya que fueron calculados según el procedimiento indicado en el Manual de Carreteras que a su vez está basado en la norma internacional AASHTO, en donde indica que este tipo de estructuras deben tener cumplir su ciclo de vida a los 75 años.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se realizó el diseño de concreto armado bajo el método AASHTO LRFD para el puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq, se recomienda para futuros casos continuar con la forma que tiene la vía ya que al predimensionar y modelar el puente recto se puede ver que este demandará mucho más material por lo que no sería factible su construcción.
- Se determinaron las cargas permanentes, permanentes de valor no constante y variables, se recomienda no obviar lo descrito en el Manual ya que son valores establecidos internacionalmente mediante exhaustivos estudios que harán que nuestra estructura sea viable y estable.
- Se recomienda empezar el predimensionamiento con los valores mínimos e ir adecuando las dimensiones hasta que la estructura pueda cumplir con todo lo establecido en la normativa.
- Se recomienda seguir a cabalidad lo indicado en la norma para que la estructura pueda cumplir con su fin social, permitiendo la intercomunicación entre los anexos, asegurando así este enlace por 75 años.

## REFERENCIAS

- Abanto Castillo, F. (2012). *Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería*. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Chavez Espinel, J. F., & Lozano Novoa, H. M. (24 de 06 de 2021). *Comparativo de diseño de puentes de viga-losa en concreto y estructura de acero*. Obtenido de Repositorio Universidad Piloto de Colombia: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10580>
- Constructivo. (2020). *Edificios multifamiliares de gran altura marcan tendencia en el mercado de vivienda*. Obtenido de Constructivo: <https://constructivo.com/noticia/edificios-multifamiliares-de-gran-altura-marcan-tendencia-en-el-mercado-de-vivienda-1576071959>
- Contexto Ganadero. (27 de Enero de 2014). *Los puentes y su importancia para la economía agropecuaria del país*. Obtenido de Contexto Ganadero: <https://www.contextoganadero.com/agricultura/los-puentes-y-su-importancia-para-la-economia-agropecuaria-del-pais>
- Delgado Castro, C. G., Rodríguez Rivas, R. A., & Vera Ávila, W. A. (2018). *Propuesta de puente aplicando el método de diseño AASHTO LRFD para la ciudad de Manta*. Obtenido de Universidad de Rioja Ecuador: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6560204>
- Flores Peña, R., & More Durand, P. F. (2020). *Reconstrucción del puente San José tipo viga - losa en mejora de la conectividad entre los caseríos Tablazo Norte de la Unión y El Alto de la Cruz. La Arena - Piura. 2020*. Obtenido de Repositorio Univesidad César Vallejo: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59743>
- Gutierrez Riveros, J. S., Rivera Hernández, F. N., & Trujillo Rodríguez, D. G. (25 de 06 de 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.* Obtenido de Repositorio Universidad Piloto de Colombia: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/10569>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (6ta Edición)*. México D.F.: Mac Graw Hill Education.

Loayza León, J. L., & Chavez Porras, R. F. (2015). *Diseño de un edificio de concreto armado de 5 niveles (Tesis de pregrado)*. Obtenido de Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6106>

Mamani Vargas, E. Y., & Villavicencio Villavicencio, A. (20 de 12 de 2020). *Estudio comparativo entre un diseño optimizado respecto a uno sin optimizar en puentes tipo losa de concreto armado usando el método del ancho equivalente de franjas del manual de puentes MTC 2018*. Obtenido de Repositorio Universidad Andina del Cusco: <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/3928>

Marsano Delgado, J. M. (2019). *El impacto económico del turismo en el Perú*. Obtenido de Universidad de San Martín de Porres: <http://catedraunesco.usmp.edu.pe/wp-content/uploads/2019/06/impacto-economico-turismo-peru.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de puentes*. Obtenido de Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Dirección General de Caminos y Ferrocarriles: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUAL%20DE%20PUENTES%20PDF.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUAL%20DE%20PUENTES%20PDF.pdf)

Muñoz, A. (19 de Mayo de 2011). *Investigaciones experimentales en placas delgadas de concreto armado con ductibilidad limitada*. Obtenido de Textos PUCP: <http://textos.pucp.edu.pe/pdf/740.pdf>

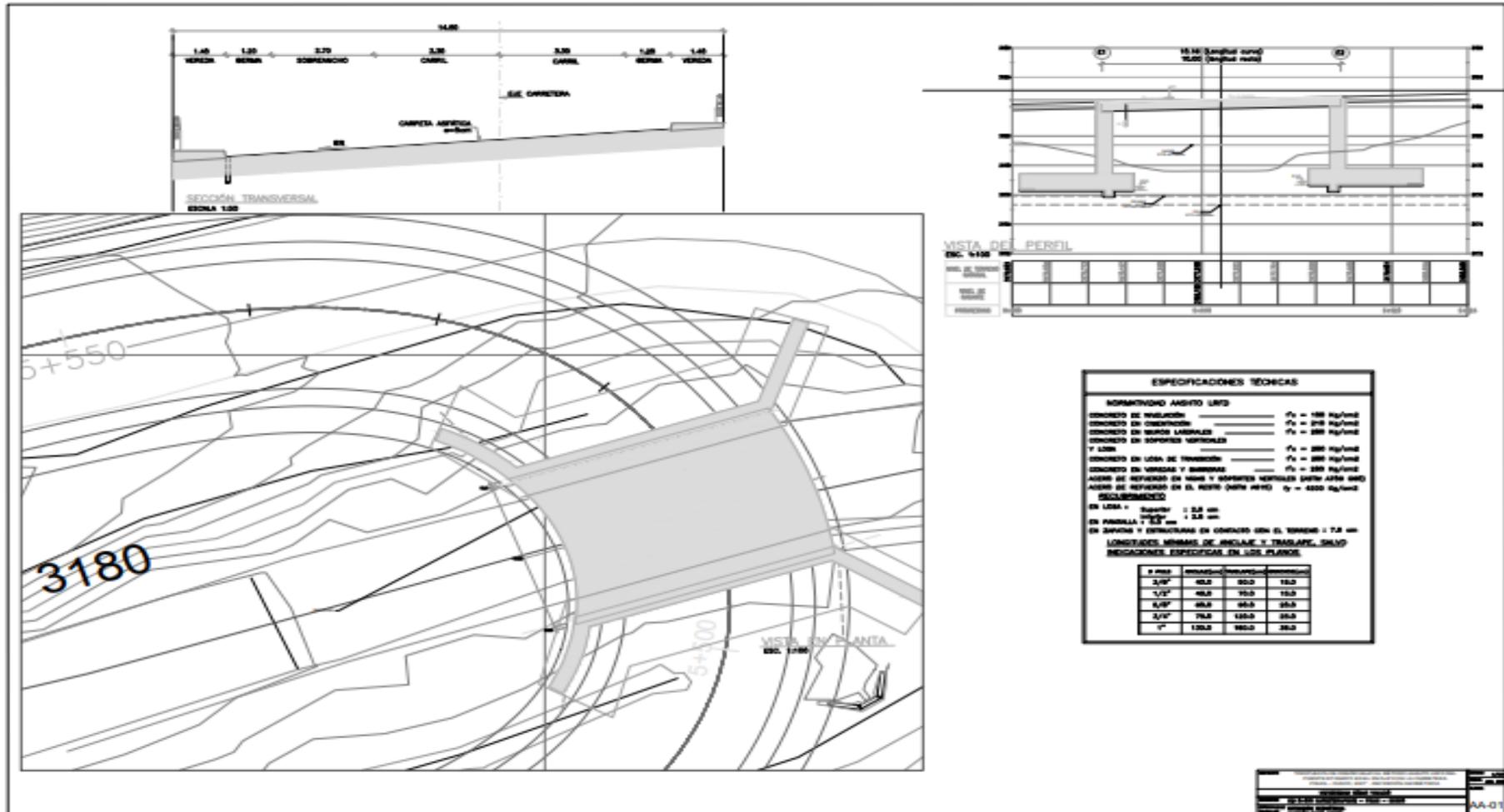
Rodriguez Hinostroza, M. K. (17 de Mayo de 2019). *Diseño de un puente tipo losa y un puente viga losa hasta 20m de luz, en el distrito de Chilca – 2017*.  
Obtenido de Repositorio Universidad Continental:  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5486>

## **ANEXOS**

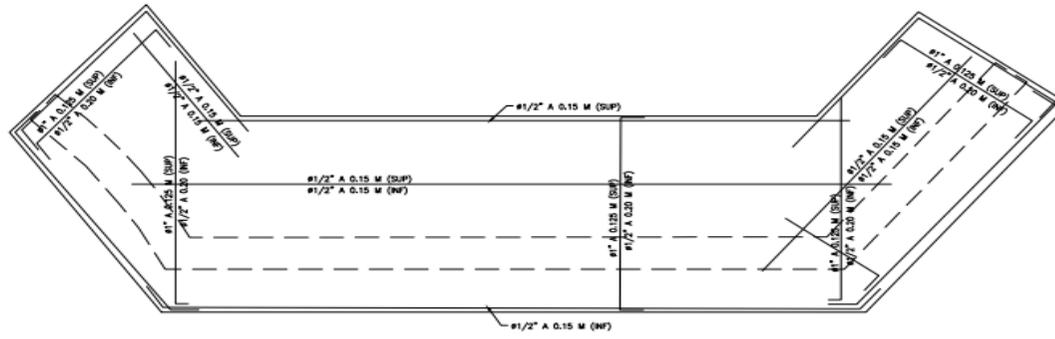
Planos Estructurales.

Planos Encofrado.

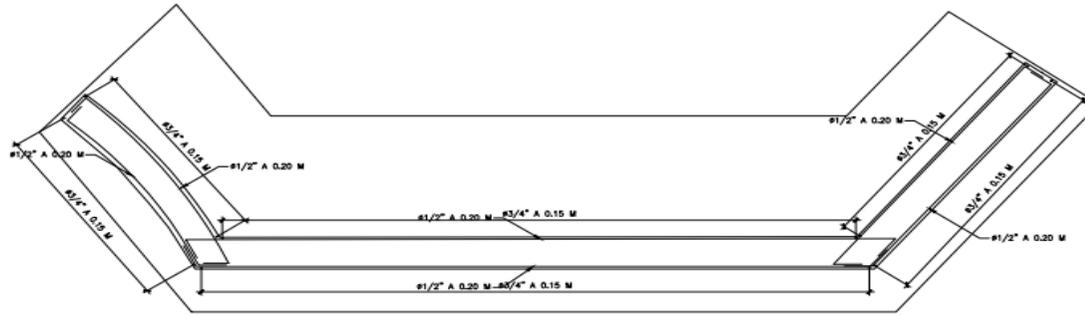
# Anexo 1 Plano puente 5+510.00 planta y perfil



# Anexo 2 Plano puente 5+510.00 encofrado Armadura

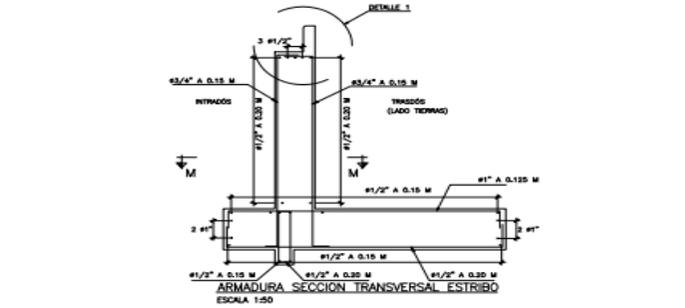


PIANTA ZAPATA E1 - ARMADURA  
ESCALA 1:50

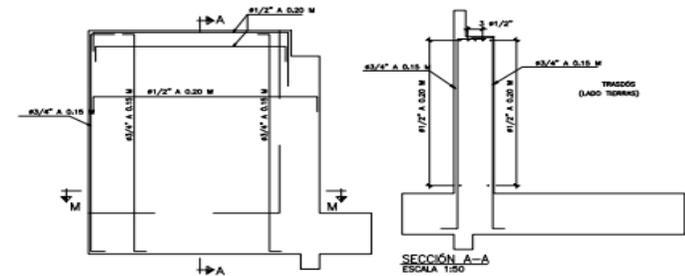


ARMADURA SECCION M-M  
ESCALA 1:50

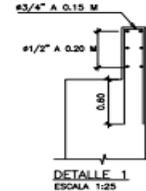
ABREVIATURAS  
(INF) INFERIOR  
(SUP) SUPERIOR



ARMADURA SECCION TRANSVERSAL ESTRIBO  
ESCALA 1:50



ELEVACION ALETA - ARMADURA  
ESCALA 1:50



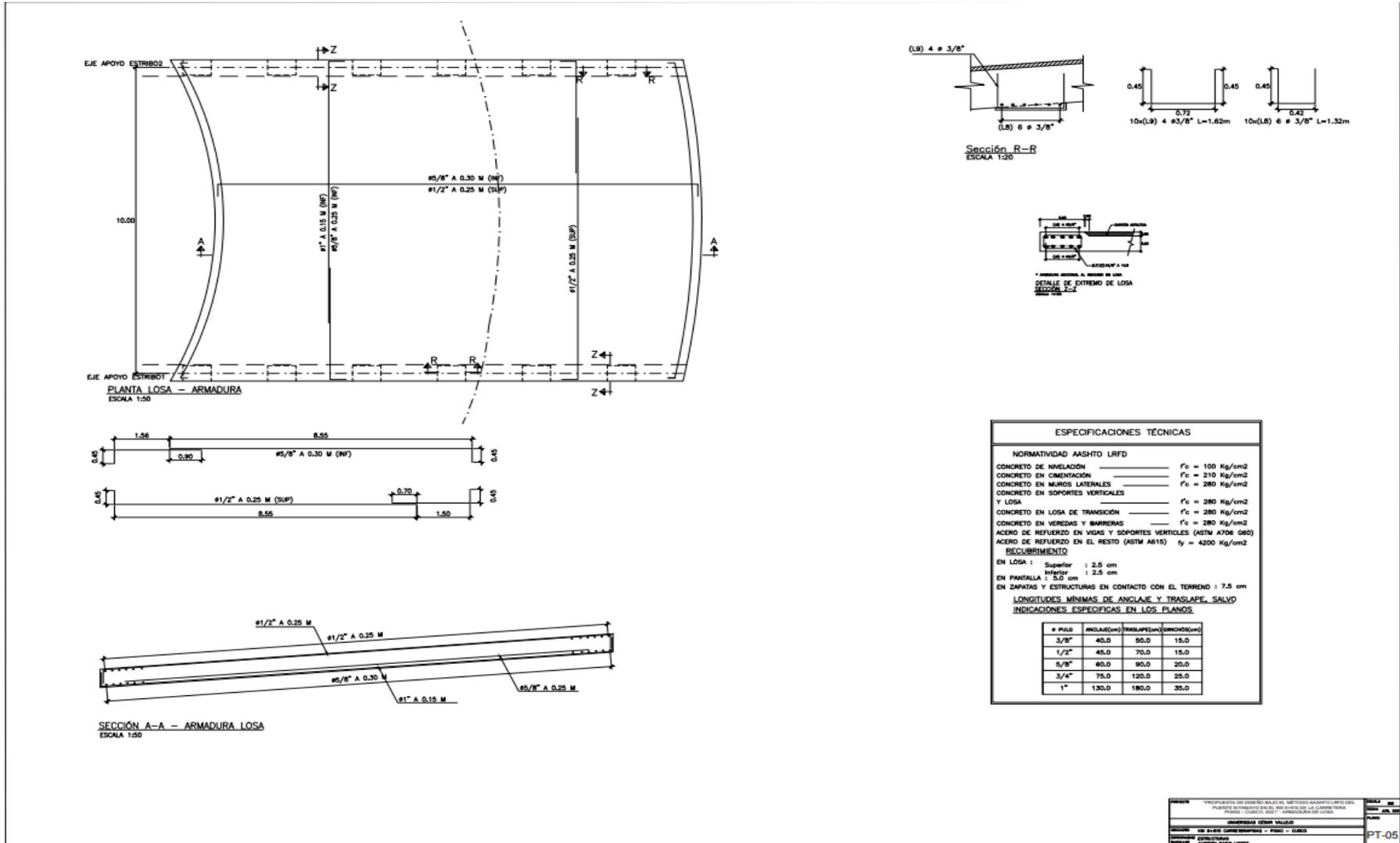
DETALLE 1  
ESCALA 1:25

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
NORMATIVIDAD ASHTO LRFD		
CONCRETO DE INVELACIÓN	$f'_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$	
CONCRETO EN CIMENTACIÓN	$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	
CONCRETO EN MARGES LATERALES Y LOSA	$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	
CONCRETO EN SOPORTES VERTICALES	$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	
CONCRETO EN LOSA DE TRANSICIÓN	$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	
CONCRETO EN VEREDAS Y BARRERAS	$f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$	
ACERO DE REFUERZO EN VIGAS Y SOPORTES VERTICALES (ASTM A706 GR60)	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$	
ACERO DE REFUERZO EN EL RESTO (ASTM A615)	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$	
REGLURRIMIENTO		
EN LOSA Y SUPERIOR	2.5 cm	
EN PANTALLA INFERIOR	2.5 cm	
EN ZAPATAS Y ESTRUCTURAS EN CONTACTO CON EL TERRENO	7.5 cm	
LONGITUDES MÍNIMAS DE ANCLAJE Y TRASLAPE, SALVO INDICACIONES ESPECÍFICAS EN LOS PLANOS		
# PULG	ANCLAJE (cm)	TRASLAPE (cm)
3/8"	40.0	50.0
1/2"	45.0	70.0
5/8"	60.0	90.0
3/4"	75.0	120.0

PROYECTO	PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL PUENTE ACERADO EN EL KM 5+510.00 DE LA CARRETERA PRINCIPAL - CUCUTA - BOYACÁ - PARAGUARI DE BOYACÁ
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
PROFESOR	DR. OSCAR CORONADO - FÍSICO - CIVIL
ESTUDIANTE	ANDRÉS CORTÉS

PT-04

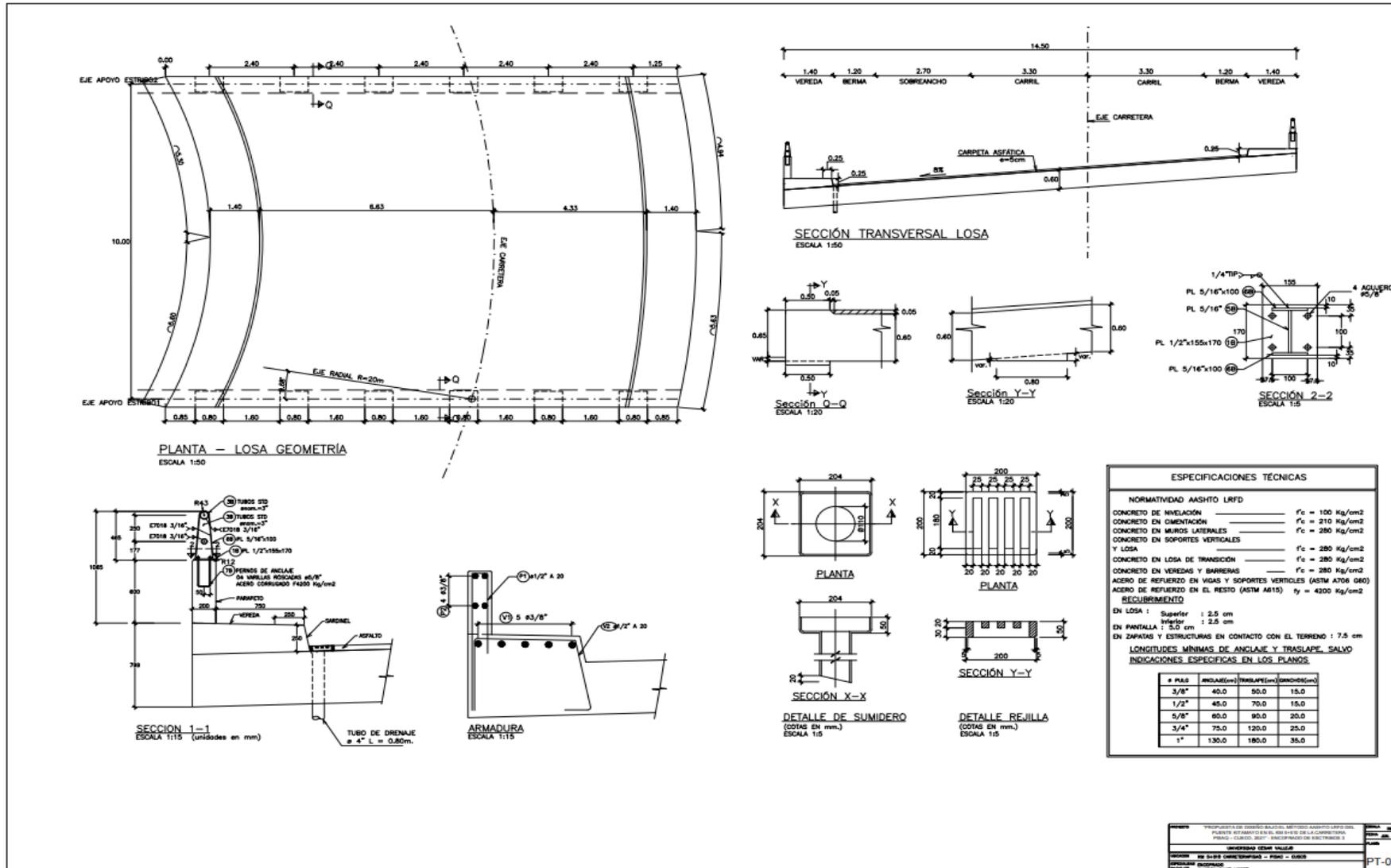
# Anexo 3 Plano puente 5+510.00 encofrado Armadura







# Anexo 6 Plano puente 5+510.00 encofrado Armadura Losa



**Anexo 7 Matriz de operacionalización de variables**

VARIABLE (S)	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><b>Variable independiente:</b> Diseño estructural</p>	<p>En el diseño de las estructuras se busca obtener las dimensiones, longitudes adecuadas; además, de la cantidad de refuerzo longitudinal y transversal cada uno los elementos estructurales que lo conforman. Garantizando la seguridad estructural y una estructura económica.</p>	<p>Se medirá a través de los estándares normados en el Manual de Carreteras que establece el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Asimismo, se realizara el análisis sísmico, respetando las consideraciones del reglamento dado por la entidad reguladora MTC.</p>	<p>Predimensionamiento de elementos estructurales</p>	<p>Elementos horizontales</p>
				<p>Elementos horizontales</p>
			<p>Diseño de vigas</p>	<p>Acero de refuerzo longitudinal</p>
				<p>Acero de refuerzo transversal</p>
			<p>Diseño de pantallas</p>	<p>Acero de refuerzo longitudinal</p>
				<p>Acero de refuerzo transversal</p>
			<p>Diseño de Losa</p>	<p>Acero de refuerzo longitudinal</p>

				Acero de refuerzo de temperatura
			Diseño de cimentación	Acero de refuerzo longitudinal
				Acero de refuerzo transversal
<b>Variable dependiente:</b> Puente	Es aquella en la que una construcción destinada a salvar un accidente geográfico u otro obstáculo. Cada puente se diseña según la función, peso, y naturaleza del terreno donde se cimenta.	Se presentan los estudios de mecánica de suelos e hidráulicos. Así como también las sugerencias del Manual de Puentes.	Construcción horizontal	Losa cimentación
			Construcción vertical	Pantallas

## Anexo 8 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Por qué es necesario una la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Realizar la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>Es factible diseñar un puente que siga la forma de la vía (curvo)</p>	<p><b>Tipo:</b></p> <p>Aplicada</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>No experimental Descriptivo Correccional</p> <p><b>Var. Independiente:</b></p>	<p><b>Población:</b></p> <p>Locadores que se benefician del distrito de Pisac, anexos de Wanu Wanu Pata (Alto), Hospitalniyoq, Písaqa, Andes Qosca, Cuyo Chico</p> <p><b>Muestra:</b> Puente en el km 5+510 de la carretera Písaq</p>
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>¿Por qué es necesario evaluar las cargas permanentes, permanentes de valor no constante y variables para la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>Determinar las cargas permanentes, permanentes de valor no constante y variables para la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq</p>	<p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>Podría obviarse alguna de las cargas permanentes o permanente de valor no constante o variables para la propuesta de diseño del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq</p>	<p><b>Var. Dependiente:</b></p>	
<p>¿Por qué es necesario realizar el predimensionamiento del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq?</p>	<p>Determinar el predimensionamiento del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq</p>	<p>Determina el predimensionamiento la dimensión final de los elementos del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq</p>	<p>Diseño estructural</p>	
<p>¿Por qué es necesario realizar el diseño de los elementos estructurales del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq?</p>	<p>Realizar el diseño de los elementos estructurales del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq</p>	<p>La dimensión los elementos estructurales del puente Kitamayo ubicado en el km 5+510 de la carretera Písaq son adecuadas para que cumpla su ciclo de vida</p>		

		indicado en el manual de carreteras	Puente	
--	--	-------------------------------------	--------	--