

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Aplicación de los estados limites para el diseño estructural
del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela
peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Alejo Quispe, Luis Alberto

ASESOR: Suarez Landauro, Reynaldo Favio

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



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

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería civil**Disciplina:** Ingeniería civil**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42230336

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22498065

Grado/Título: Maestro en gestión pública

Código ORCID: 0000-0002-4641-3797

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
2	Davila Herrera, Percy Mello	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41050949	0000-0001-5484-6982
3	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:30 horas del día lunes 07 de julio de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	PRESIDENTE
❖ MG. PERCY MELLO DAVILA HERRERA	SECRETARIO
❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1327-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "APLICACIÓN DE LOS ESTADOS LIMITES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TABLERO DE MADERA TIPO VIGA-LOSA DESTINADA A UNA PASARELA PEATONAL, EN SANTA ROSA, YANAJANCA, MARAÑÓN 2023", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Luis Alberto ALEJO QUISPE, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de SUFICIENTE. (Art. 47).

Siendo las 16:30 horas del día 07 del mes de julio del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

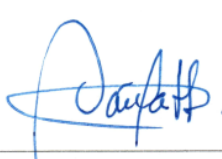


MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA

DNI: 70502371

ORCID: 0000-0002-5650-3745

PRESIDENTE



MG. PERCY MELLO DAVILA HERRERA

DNI: 41050949

ORCID: 0000-0001-5484-6982

SECRETARIO (A)



MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA

DNI: 22416570

ORCID: 0000-0002-0579-5135

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: LUIS ALBERTO ALEJO QUISPE, de la investigación titulada "APLICACIÓN DE LOS ESTADOS LIMITES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TABLERO DE MADERA TIPO VIGA - LOSA DESTINADA A UNA PASARELA PEATONAL, EN SANTA ROSA, YANAJANCA, MARAÑÓN 2024", con asesor(a) REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1519-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 15 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

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

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

Huánuco, 10 de junio de 2025



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



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

28. ALEJO QUISPE Luis Alberto.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	14%	3%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.promperu.gob.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	idoc.tips Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A quien con esfuerzo y amor incondicional hizo posible este logro: su madre. Esta investigación representa el fruto de su dedicación constante, de sus palabras que impulsaron a seguir adelante, y del ejemplo de firmeza que ha guiado cada paso del camino. El compromiso diario que asumió, sumado al afecto que nunca faltó, han sido claves en esta formación. Este trabajo académico es una forma de rendir homenaje a esa fuerza silenciosa que ha dejado una marca imborrable, reflejada hoy en la culminación de esta meta profesional.

AGRADECIMIENTO

Se expresa un sincero reconocimiento a los profesionales de la ingeniería que brindaron su guía y experiencia a lo largo del proceso académico. Gracias a sus enseñanzas, consejos precisos y constante disposición, fue posible consolidar aprendizajes clave que fortalecieron el desarrollo formativo en cada etapa de la carrera.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRACTICA.....	16
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	16
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	17
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	19
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	20
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	21
2.2. BASES TEÓRICAS	23
2.2.1. PUENTES.....	23
2.2.2. ESTADOS LIMITES.....	25

2.2.3. CRITERIOS DE DISEÑO.....	29
2.2.4. DUCTILIDAD	34
2.2.5. REDUNDANCIA	35
2.2.6. IMPORTANCIA OPERACIONAL	35
2.2.7. ESPECIES DE MADERA.....	36
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	57
2.4. HIPÓTESIS.....	59
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	59
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	59
2.5. VARIABLES	60
2.5.1. VARIABLE 01	60
2.5.2. VARIABLE 02	60
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	61
CAPÍTULO III.....	62
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	62
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	62
3.1.1. ENFOQUE.....	62
3.1.2. ALCANCE.....	62
3.1.3. DISEÑO	63
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	63
3.2.1. POBLACIÓN	63
3.2.2. MUESTRA.....	64
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS....	64
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	64
3.3.2. SOBRE LA EXPOSICIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOPILADA	65
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	65
CAPÍTULO IV	66
RESULTADOS.	66
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	66
4.1.1. PROCESAMIENTO DEL MODELAMIENTO DEL TABLERO	66
4.1.2. PROCESAMIENTO DEL ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL.....	69

4.2. APORTE PRACTICO	77
4.3. PRUEBA Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	78
4.3.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS	78
4.3.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	80
CAPÍTULO V	88
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	88
5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	88
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
ANEXOS	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades mecánicas de la superestructura.....	30
Tabla 2 Factor de simultaneidad (ψ) de acciones en la superestructura.	31
Tabla 3 Coeficiente de seguridad (γ) de acciones en la superestructura.	32
Tabla 4 Coeficiente de seguridad (γ) del material de la superestructura.	32
Tabla 5 Factor de modificación (k_{mod}) de la superestructura.	32
Tabla 6 Operacionalización de Variables.....	61
Tabla 7 Coordenadas de ubicación de la pasarela peatonal.....	66
Tabla 8 Puntos topográficos de la pasarela peatonal existente	66
Tabla 9 Dimensionamiento de la estructura propuesta	67
Tabla 10 Parámetros de verificación del ELU de rotura	72
Tabla 11 Parámetros de verificación del ELU de fatiga.....	74
Tabla 12 Parámetros de verificación del ELS	76
Tabla 13 Evaluación de normalidad aplicada a los valores correspondientes al estado límite último de falla.....	78
Tabla 14 Evaluación de normalidad aplicada a los datos correspondientes al estado límite último por fatiga	79
Tabla 15 Análisis de normalidad aplicado a los valores asociados al estado límite de servicio	80
Tabla 16 Aplicación de la prueba de Wilcoxon para una muestra con el objetivo de validar la hipótesis H1.....	81
Tabla 16 Aplicación de la prueba de Wilcoxon para una muestra orientada a validar la hipótesis H2.....	83
Tabla 18 Aplicación de la prueba de Wilcoxon con una muestra para comprobar la hipótesis H3	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Puente Inca Q'Eswachaka	24
Figura 2 Puente peatonal de madera Mostviertel.....	24
Figura 3 Límites de la deformación de puentes	29
Figura 4 Especies de maderas en el Perú	36
Figura 5 Población de estudio	63
Figura 6 Muestra de estudio	64
Figura 7 Dimensionamiento de la estructura propuesta	67
Figura 8 Modelamiento de la superestructura	69
Figura 9 Diagrama de cuerpo libre en las vigas laterales.....	69
Figura 10 Diagrama de cuerpo libre en las vigas centrales.....	69
Figura 11 Diagrama de momentos en las vigas laterales.....	70
Figura 12 Diagrama de momentos en las vigas centrales.....	70
Figura 13 Diagrama de cortes en las vigas laterales.....	70
Figura 14 Diagrama de cortes en las vigas centrales.....	70
Figura 15 Diagrama de deflexiones en las vigas laterales	71
Figura 16 Diagrama de deflexiones en las vigas centrales	71
Figura 17 Verificación de las flexiones para el ELU de rotura	73
Figura 18 Verificación de las cortantes para el ELU de rotura	73
Figura 19 Verificación de los esfuerzos de flexión para el ELU de fatiga	75
Figura 20 Verificación de esfuerzos cortantes para el ELU de fatiga	75
Figura 21 Verificación de las deflexiones para el ELS	77
Figura 22 Aplicación de la prueba de Wilcoxon con una muestra para contrastar la hipótesis H1	82
Figura 23 Ejecuta la prueba de Wilcoxon para una sola muestra con el fin de evaluar la hipótesis H2	84
Figura 24 Ejecución de la prueba de Wilcoxon para una sola muestra correspondiente a la hipótesis H3.....	86

RESUMEN

El presente estudio sostiene una alternativa de diseño de un tablero de madera capirona para una pasarela peatonal, en tramos de 7.57 m de luz, mediante la aplicación de los estados límites para el análisis estructural asistido por el software SAP2000, para luego realizar la verificación del ELU de rotura, ELU de fatiga, y el ELS, según la norma española UNE-EN-1995, definida como el Eurocódigo 5 – Proyectos de estructuras de madera. Todo ello con el único fin de plantear una solución ante la pasarela peatonal de madera existente, que se encuentra en pésimas condiciones en la localidad de Santa Rosa.

La metodología utilizada se desarrolla bajo una perspectiva cuantitativa, utilizando un diseño metodológico de carácter no experimental y transversal, con orientación analítica centrada en la descripción del fenómeno observado; en donde se establece como población la pasarela peatonal de la quebrada primavera en la localidad de Santa Rosa, y una muestra no probabilística definida como el tablero de madera tipo viga – losa; ubicada en las coordenadas UTM de la zona 18 L, 355791.00 E, 9046680.00 S, con una altura aproximada de 554.00 msnm.

El objetivo principal es la aplicación de los estados límites con el propósito de establecer las condiciones estructurales del tablero compuesto por elementos de madera en configuración viga-losa destinada para una pasarela peatonal; para lo cual se realiza los respectivos análisis de flexión, corte, y deflexión de las vigas estructurales de madera, las cuales soportan las cargas propias de la estructura y las cargas transitorias que se genera en su servicio y funcionalidad; mediante los cuales el diseño del tablero de madera para la pasarela peatonal cumple satisfactoriamente las condiciones establecidas.

Finalmente se obtienen como resultados el dimensionamiento de un tablero de madera capirona, la losa con tablones de 2" x 8" x 3.00 m y con vigas rollizo de 14" de diámetro, en donde al evaluar las vigas mediante los

estados límites se obtienen que cumplen con los parámetros máximos en cuanto a las flexiones, cortes y deflexiones.

Palabras Claves: Puente peatonal de madera, pasarela peatonal de madera, pasarela peatonal, puente tupo viga – losa, superestructura de madera.

ABSTRACT

The present research study supports a design alternative for a capirona wood pedestrian walkway, applying the calculation or design method of admissible stresses for the sizing of the structure, with the purpose of evaluating and applying the limit state design method. All of this with the sole purpose of proposing a solution to wooden pedestrian bridges in terrible conditions, in the town of Santa Rosa, district of Yanajanca, province of Marañón; in the Huánuco region, located in the central part of Peru.

The methodology used presents a quantitative approach through a non-experimental design of the transversal - descriptive type, with a descriptive scope; where the pedestrian walkways of the town of Santa Rosa are established as a population; and with a non-probabilistic sample in a similar way the pedestrian walkway of the Quebrada Primavera in the town of Santa Rosa, located in the UTM coordinates of zone 18 L, 355791.00 E, 9046680.00 S, with an approximate height of 554.00 meters above sea level.

The main objective is the application of the limit states for the design of the wooden walkway, being a beam-slab type bridge; for which the calculations are carried out respecting the parameters of the Peruvian standard E.010 Wood, and the European standard EUROCODE 5 Wood Structure; through which the design of the capirona wooden pedestrian walkway satisfactorily meets the established conditions.

Where finally the analysis of the admissible bending and shear forces is carried out, to then carry out the analysis of the bending limit forces together with the permanent and service forces generated in the pedestrian walkway. Finally, it is possible to obtain a design that meets the parameters according to the established standards.

Keywords: Wooden pedestrian bridge, wooden pedestrian walkway, pedestrian walkway, beam-slab bridge, wooden superstructure

INTRODUCCIÓN

Desde el mundo antiguo, la necesidad cruzar topografías como quebradas, riveras, entre otros, dio origen a que el hombre ideara un tipo de estructura para cruzar de un punto hacia otro, en dónde existieran las dificultades con las altitudes topográficas; este tipo de estructuras denominadas puentes, se ideó en sus inicios mediante la utilización de troncos de madera.

Hoy en día, en la actualidad del mundo globalizado, los puentes en general son de gran importancia, ya que permiten conectar ciudades, pueblos, localidades, caminos rurales, vías provinciales, entre otros, lugares que son imposibles de acceder sin la aplicación de dichos puentes. Los cuales tienen la finalidad de brindar un fácil acceso para el transporte necesario de diversos tipos de actividades fundamentales para el desarrollo de una sociedad, como son: el comercio, la agricultura, el turismo, la educación, la salud, entre otros más.

En el ámbito nacional peruano, siendo un país en desarrollo, se observa la existencia de diferentes tipos de puentes artesanales en diversas zonas rurales del país, como son: - puentes de troco y palos (madera) - puentes de piedra - puentes flotantes (sobre el agua) - puentes tipo Huaros, oroyas o tarabitas (pases colgantes) - puentes colgantes (madera y sogas); dicho sea de paso, que estos puentes se encuentran en mal estado y en muchos casos abandonados y sin funcionamiento; generando una necesidad para los habitantes de dichas zonas rurales restringiendo sus actividades enfocadas al desarrollo.

La región Huánuco no se escapa de esta realidad y necesidad social ante el tránsito peatonal, ya que se observa la existencia de puentes peatonales como pasarelas en diversas zonas rurales; dichos puentes que se encuentran en condición abandonadas, deterioradas y sin funcionamiento; de entre estas zonas rurales nos enfocamos en Santa Rosa, jurisdicción perteneciente al distrito de Yanajanca, dentro de la provincia de Marañón donde como finalidad de este trabajo tiene como intención proponer una

solución alternativa orientada a solución, mediante la elaboración técnica correspondiente a la configuración de una pasarela peatonal que sean técnicamente funcional.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel global en países como Japón, España, Canadá, Alemania, Birmania, y como entre otros países, existe la necesidad de construir puentes para la conexión de caminos, que a su vez ayuden a la comunicación y desarrollo de las regiones o pueblos; más aún si dichos puentes se planifican mediante un diseño que a base de estructuras de madera, siendo por su naturaleza en sí, mucho más económicos en comparación con los puentes considerados tradicionales como son los puentes de concreto armado, acero, o mixtos. En el Perú, en los pueblos alejado la conexión de los caminos o vías de comunicación hacia la capital de los diversas provincias y/o distritos, se dan a través de caminos afirmados y/o asfaltados, en donde por la necesidad de la seguridad peatonal, ya sea por cruces de desniveles topográficos o caminos no adecuados para el peatón, se construyen estructuras como son los puentes o pasarelas peatonales; que en la mayoría de los casos estas estructuras son construidas empíricamente a base de materiales y especies de la zona como la madera, obviando completamente los parámetros de diseño y seguridad definidas por las normas actualizadas; dichas estructuras que se deterioran con el paso del tiempo ya sea por rotura o fatiga de la estructura, o por eventos naturales que se puedan manifestar. La región Huánuco no escapa a esta necesidad nacional, ya que según dato hasta año 2020 se encontraron más de 100 puentes en mal estado en la región Huánuco (Provias, 2020).

En el ámbito local de la región Huánuco, dentro del territorio de Santa Rosa, situado en el distrito de Yanajanca, perteneciente a la provincia de Marañón; se observan puentes o pasarelas peatonales construidas empíricamente, muchas de estas estructuras ubicadas en cruces de quebradas y ríos; sin considerar los posibles peligros a futuro, como por ejemplo el deterioro de la estructura por la consistencia del material mismo, así como también por causas de su funcionalidad o uso; debido a que se

utilizan tipos de especies de madera que no cumplan con las normas de diseño y seguridad.

El efecto de dichas variables está directamente condicionado del diseño adecuado del sistema constructivo que conforma el puente o pasarela peatonal. No obstante, la presente investigación propone un diseño que cumpla con las normas referente a los estados límites de la estructura, para así brindar una alternativa de diseño que cumpla con el servicio y funcionalidad requerida.

La investigación tiene como finalidad la aplicación de los estados límites para el diseño de la estructura de madera para el puente o pasarela peatonal, según las normas españolas EN-UNE-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyecto de Estructuras de madera.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ✓ ¿De qué manera aplicar los estados límites para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ✓ ¿De qué manera verificar el ELU de rotura para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024?
- ✓ ¿De qué manera verificar el ELU de fatiga para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024?
- ✓ ¿De qué manera verificar el ELS para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Aplicar los estados límites para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Verificar el ELU de rotura para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.
- ✓ Verificar el ELU de fatiga para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.
- ✓ Verificar el ELS para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRACTICA

La investigación se justifica de forma práctica al elaborar una propuesta con la finalidad de proporcionar una alternativa de diseño, referente a la construcción de un puente del tipo pasarela peatonal, mediante especies de madera de la zona, respetando las normas para con su funcionalidad y durabilidad en el tiempo; y sobre todo solucionar la falta de pasarelas peatonales ya que en la actualidad no se cuenta con dicha estructura.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La investigación se justifica de forma teórica al aplicar los fundamentos científicos y conocimientos de la ingeniería para

desarrollas los métodos de análisis de flexión y servicio, mediante el uso de softwares estructurales, como también aplicando la ciencia de topografía; y principalmente las teorías y métodos del límite de servicio.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La investigación se justifica de forma metodológica al seguir una planificación y procedimiento riguroso para desarrollar el diseño del puente tipo pasarela peatonal, con la finalidad de tentar con una alternativa diseño para el cruce de peatones.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente propuesta presenta ciertas restricciones que deben ser consideradas:

- ✓ Restricción respecto a las normas peruanas vigentes para el diseño de pasarelas peatonales con especie de madera.
- ✓ Limitación en las especificaciones técnicas de los tipos de madera considerados en la elaboración de estructuras para uso de pasarelas peatonales
- ✓ Limitación por la escasez de tesis en temas de pasarelas peatonales con madera a nivel nacional y local.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La propuesta de investigación cuenta con las siguientes viabilidades:

- ✓ Viable como aporte técnico para el diseño de pasarelas peatonal con especie de madera de la zona de Yanajanca, Marañón.
- ✓ Viable como aporte innovador en el diseño de pasarelas peatonales, utilizando normas europeas para el análisis, necesarias para mayor duración en el servicio.

- ✓ Viable en la aplicación de la topografía, por la gran variedad de alcances teóricos e instrumentos especializados, siendo beneficioso en los trabajos de levantamiento topográfico.
- ✓ Viable en cuanto a la aplicación económica, ya que la investigación propuesta presenta costos moderados.
- ✓ Factible en relación con la aplicación de herramientas digitales, mediante apoyo de la utilización de software de ingeniería estructural; siendo provechoso para el análisis de flexión y servicio, facilitando que los cálculos complejos tengan como resultados datos precisos y eficientes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los antecedentes referentes al diseño de puentes, pontones, o pasarelas de madera, con menos de 05 años de antigüedad, por lo cual existe poca información.

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

López (2024) en su investigación: Diseño de puente vehicular Caserío La Peña Paraje Tuichul, San Miguel Ixtahuacán, departamento de San Marcos; desarrollada en la Universidad de San Carlos en Guatemala; señala como objetivo principal el de elaborar el diseño de un puente vehicular de 50 metros de longitud y 08 metros de ancho. En donde dicha investigación se ha desarrollado mediante una metodología descriptiva y un enfoque cuantitativo. En donde se obtuvo como resultado el diseño de la losa, de los diafragmas internos y externos, de las vigas interior y exterior, de los estribos, pilares y zapatas corridas. Llegando a la conclusión que el puente satisface el cálculo estructural al dividir la longitud en 03 luces de tramos continuos simplemente apoyados, distribuyendo las cargas a los estribos, pilares y sus respectivas zapatas.

Mena (2021) en su investigación: Calculo y diseño de un puente mixto carrozable, sobre el río Chicaña ubicado en el barrio San Vicente de Caney, Provincia de Zamora Chinchipe; desarrollada en la Universidad Católica de Cuenca en Ecuador; señala como objetivo principal el de realizar la evaluación estructural y configuración de un puente vehicular de tipo mixto con un tablero de concreto apoyada sobre vigas tipo L de acero. La cual fue desarrollada mediante un enfoque cuantitativo con una metodología descriptiva. A partir del cual se logró como producto final la concepción estructural superior del puente como son el tablero de concreto y vigas metálicas; además del diseño de la

subestructura como los estribos y zapatas. Llegando a la conclusión que el puente de 40 metros de longitud distribuye las cargas del tablero hacia las vigas metálicas y estas últimas descargan los esfuerzos hacia los estribos con sus respectivas zapatas.

Junco y Zambrano (2020) en su investigación: Planteamiento técnico para un puente peatonal ubicado en la intersección de la avenida Boyacá con la calle 12B; desarrollada en la Universidad Católica en Colombia; señalan como objetivo principal el de diseñar un puente peatonal sobre la av. Boyacá. Dicha investigación fue desarrollada mediante un enfoque cuantitativo de una metodología descriptiva. Cuyo resultado permitió concretar la configuración estructural de un paso peatonal postensado. Llegando a la conclusión después del análisis, que el puente distribuye las cargas del tablero hacia los soportes laterales y conjuntamente hacia los cables de pre-esfuerzo.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Farro y Senador (2024) en su investigación: Análisis técnico – económico del diseño de la superestructura del puente Tocras, entre vigas de concreto armado versus vigas compuestas; desarrollada en la Universidad de Piura en Perú; señalan como uno de sus objetivos el de realizar un comparativo técnico entre las vigas de la superestructura. En donde dicha investigación fue desarrollada mediante una metodología descriptiva con un enfoque cuantitativo. En donde obtuvieron como resultados la elaboración estructural de un puente de concreto con sistema viga – losa que consta de 03 vigas de concreto armado, 02 vigas laterales y 01 viga central. Llegando a la conclusión después del análisis, que las vigas distribuyen las cargas generadas en el tablero, con lo cual se permite una deformación mínima y aceptable.

Suzuki (2023) en su investigación: Diseño de puente Huaroc mediante el manual de puentes del MTC y el método AASHTO – LRFD, Centro Poblado Blanco – Sayan – Huaura; desarrollada en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión en Perú; señalan

como objetivo principal llevar a cabo la planificación estructural de un puente combinado con una longitud de 27 metros de longitud. En donde dicha investigación fue desarrollada mediante una metodología aplicada, con un alcance descriptivo y un diseño no experimental. En donde se obtiene como resultados el diseño de un puente de 27 metros de luz libre con un ancho de 5.40 metros, comprendido en la conexión entre elementos superiores e inferiores: la elaboración técnica de la superestructura mediante una viga metálica y una losa de concreto armado, con sus respectivos diafragmas; y el diseño de la subestructura mediante estribos de concreto armado. Concluyendo que, si es posible realizar el diseño del puente mediante la aplicación del Manual de Puentes del MTC.

Aruhuanca y Rodríguez (2021) en su investigación: Diseño de puente carrozable en la vía Mina Ccapacc Orcco – C.P. Limbani en la provincia de Sandia; desarrollada en la Universidad Privada de Trujillo en Perú; señalan como objetivo principal la ejecución del desarrollo estructural de un puente vehicular con una longitud de 20 metros de longitud. Dicha investigación fue desarrollada mediante una metodología aplicada, con un diseño no experimental - descriptivo. En donde se obtiene como resultados el diseño de un puente de una luz de 12 m con un ancho de sección de 8.8 m, además de obtener también los diseños de la losa central y la losa de borde. Concluyendo que, si es posible la optimización del diseño del puente, aplicando las normas de diseño y las herramientas computacionales, y de esa manera poder mejorar el comportamiento estructural del puente, como también poder reducir costos de ejecución y mantenimiento.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

García (2024) en su investigación: Optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán - Huánuco; desarrollada en la Universidad de Huánuco en Perú; señala teniendo como propósito fundamental la elaboración de la optimización de la configuración

estructural del puente carrozable de 12 metros de longitud. En donde dicha investigación fue desarrollada mediante un enfoque cuantitativo, con un alcance explicativo, y un diseño no experimental. Obteniendo como resultados el diseño de un puente de una luz de 12 m y un ancho de sección de 8.8 m, además de obtener el diseño de las losas central y de borde. Concluyendo que, si es posible la optimización del diseño del puente, aplicando las normas de diseño y las herramientas computacionales, y así mejorar el comportamiento estructural del puente, además de poder reducir costos de ejecución y mantenimiento.

Sabino (2023) en su investigación: Mejora del comportamiento estructural con el diseño de un puente viga losa en el distrito de Santa María del Valle – Huánuco; desarrollada en la Universidad de Huánuco en Perú; señala como objetivo principal el de realizar el planteamiento técnico de un puente viga-losa que favorezca una respuesta estructural estable con el paso del tiempo. En donde dicha investigación fue desarrollada mediante una orientación metodológica cuantitativa, de naturaleza descriptiva y sin manipulación experimental de las variables. Obteniendo como resultados el diseño de un puente de 7.50 metros de ancho y 17 metros de luz, a través del estudio técnico del comportamiento de la viga y losa, asistido por el software Csi Bridge. Concluyendo que el mejoramiento del comportamiento estructural está influenciada por el peralte de las vigas los cuales soportan las cargas de la losa, y que además depende de la correcta distribución de los aceros de refuerzo.

Rodríguez (2022) en su investigación: Conformación estructural de un puente de tipología viga-losa ubicado en el centro poblado de Janca Bajo, Amarilis, Huánuco; desarrollada en la Universidad de Huánuco en Perú; señala como objetivo principal el de elaborar la planificación estructural correspondiente a un puente con sistema viga – losa para la mencionada localidad. Dicha investigación fue desarrollada mediante una metodología descriptiva con un enfoque cuantitativo. En donde se obtiene como resultados el diseño de un puente de concreto armado tipo

viga – losa, con una luz de 12 m y un ancho de sección de 7.8 m, en donde dicho dimensionamiento además de utilizar el cálculo tradicional de tensiones admisibles respetando las normas RNE. Mientras que en la presente investigación se realiza la propuesta de diseño de un puente de madera tipo viga – losa, con una luz de 7 m y un ancho de sección de 3 m. Concluyendo de igual manera después del análisis que el diseño del puente de madera tiende a ser funcional, ya que el análisis fue realizado mediante el software SAP2000, al igual que la investigación previamente mencionada.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. PUENTES

Chuquimia y Cabrera (2004) lo definen como estructuras especiales cuya finalidad es superar cursos de agua, desniveles naturales del terreno o intersecciones, permitiendo así el tránsito seguro y continuo de personas, vehículos y otros que redunden la calidad de vida de los pueblos (p.28).

ASSHTO LRFD Bridge Design Specifications (2010) indica que un puente constituye una estructura destinada a superar algún tipo de barrera física, permitiendo así mantener la continuidad de una ruta. Esta puede servir de soporte a caminos, vías ferroviarias o carreteras, además de cumplir funciones como el transporte de ductos o redes eléctricas. Cuando la estructura se utiliza para conducir agua, recibe el nombre de acueducto. Si se extiende sobre áreas sin cursos de agua, como valles o tierras secas, se le denomina viaducto. En los casos en que atraviesa autopistas o líneas férreas, se conoce como paso elevado (p. 1-3).

Figura 1

Puente Inca Q'Eswachaka

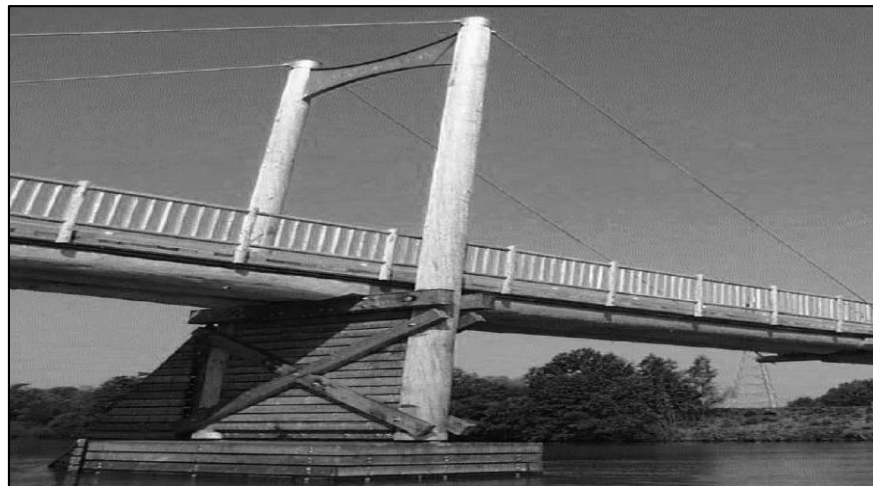


Nota. El puente Q'Eswachaka declarado por la UNESCO como patrimonio cultural Inmaterial de la humanidad; mide 28.00 m de largo y 1.20 m de ancho aproximadamente, con una antigüedad de más de 500 años (UNESCO, 2020)

A. Puente de madera. Los puentes fabricados en madera representan probablemente la forma más primitiva de estructuras utilizadas para cruzar accidentes naturales del terreno como quebradas o cauces de agua reducidos. Su origen se remonta al uso de un tronco dispuesto entre dos márgenes, solución que con el tiempo fue perfeccionándose hasta dar paso a elementos como las vigas en forma de celosía. Debido a su baja densidad, este material resulta altamente conveniente para edificaciones de este tipo.

Figura 2

Puente peatonal de madera Mostviertel.



Nota. Puente ubicado entre St. Pantaleón – Erla en Austria (Kurt Schwaner, 2004)

2.2.2. ESTADOS LIMITES

Según la norma AASTHO LRFD (2010) se indica que el diseño de puentes debe considerar determinados estados límites, garantizando que la estructura resulte viable en términos de ejecución, seguridad, funcionalidad, eficiencia económica y apariencia:

$$\sum n_i \times y_i \times Q_i < \phi \times R_n = R_r$$

En el cual:

n_i representa un coeficiente que ajusta la carga considerando aspectos como ductilidad, redundancia e importancia funcional. En aquellos casos en que corresponde aplicar un valor elevado de y_i se tiene en cuenta lo siguiente:

$$n_i = n_D \times n_R \times n_l > 0.95$$

En situaciones donde es pertinente asignar un valor reducido al coeficiente y_i se contempla lo siguiente:

$$n_i = 1 / n_D \times n_R \times n_l < 1.0$$

n_D = Coeficiente vinculado a la capacidad de deformación inelástica.

n_R = Coeficiente asociado al nivel de respaldo estructural.

n_l = Coeficiente determinado por la función estratégica de la estructura.

y_1 = Factor de carga que se aplica a las solicitaciones.

Q_i = Corresponde individualmente a las solicitaciones impuestas.

ϕ = Coeficiente de seguridad utilizado en los esfuerzos evaluados.

R_n = Resistencia nominal ante cada solicitación.

R_r = Capacidad resistente ajustada = ϕ multiplicado por R_n

En este punto se incorporan los conceptos de ductilidad, redundancia y función operativa dentro del enfoque LRFD mediante coeficientes específicos, aspectos que no están contemplados en la

normativa chilena basada en tensiones permisibles, lo que implica una mayor confiabilidad en los resultados estructurales.

En cada uno de los estados límite planteados es necesario comprobar que todos los componentes estructurales y sus conexiones satisfagan la fórmula previamente establecida.

2.2.2.1. ESTADO LÍMITE ULTIMO DE ROTURA

Según la norma AASTHO LRFD (2010) el límite último de rotura debe contemplarse con el fin de garantizar que la estructura, en sus aspectos tanto generales como específicos, pueda soportar las combinaciones de carga más exigentes estimadas a lo largo de su periodo de funcionamiento. Aunque en este estado se admiten esfuerzos altos y posibles deterioros en ciertos elementos, se prevé que la estabilidad global del puente no se vea comprometida.

En el Eurocódigo 5 de la UNE-EN-1995 (1997) se indica que para comprobar la el estado limite último de rotura se verifica la flexión y el corte de la estructura.

La flexión del estado limite ultimo de rotura se verifica mediante:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1.0$$

Donde:

$\sigma_{m,y,d}$ Δ $\sigma_{m,z,d}$: Tensiones cortantes.

$f_{m,y,d}$ Δ $f_{m,z,d}$: Resistencia a la flexión

El corte del estado limite ultimo de rotura se verifica mediante:

$$\tau_d \leq f_{V,d}$$

Donde:

τ_d : Tensión cortante.

$f_{v,d}$: Resistencia a la cortante

A. Factores de reducción. Según la norma AASTHO LRFD (2010) los factores de reducción, deben de presentar las siguientes consideraciones:

- Para esfuerzos de flexión $\phi = 0.85$
- Para esfuerzos cortantes $\phi = 0.75$
- Para compresión en dirección paralela a la fibra $\phi = 0.90$
- Para compresión en sentido perpendicular a la fibra $\phi = 0.90$
- Para tracción a lo largo de la dirección de la fibra $\phi = 0.80$
- Para la capacidad resistente durante el proceso de hincado de pilotes $\phi = 1.15$

En los casos donde se considera la combinación de carga por resistencia, los coeficientes respectivos deben ajustarse mediante un factor de 0.75, ya que esta situación incluye acciones constantes como el peso estructural propio y presiones del terreno, las cuales, al mantenerse en el tiempo, disminuyen la capacidad resistente de la madera.

B. Estabilidad. Tanto la totalidad de la estructura como sus partes deben diseñarse con proporciones que aseguren su resistencia frente a fenómenos como el deslizamiento, el vuelco, el hundimiento o el pandeo (AASTHO LRFD, 2010).

C. Estados límites de eventos extremos. Según la norma AASTHO LRFD (2010) los estados límite vinculados a situaciones extremas deben incluirse en el análisis para asegurar que la estructura del puente pueda mantenerse en pie frente a eventos como sismos, inundaciones severas, impactos de embarcaciones o vehículos, así como corrientes de hielo capaces de causar socavación. Estos casos representan sucesos excepcionales con intervalos de recurrencia mucho mayores que el tiempo de vida útil proyectado de la estructura.

En lo correspondiente a condiciones límite provocadas por eventos extremos, el coeficiente de resistencia aplicable debe mantenerse en un valor igual a 1.

2.2.2.2. ESTADO LÍMITE ULTIMO DE FATIGA

Según la norma AASTHO LRFD (2010) el límite de fatiga debe entenderse como una condición que restringe el intervalo de esfuerzos provocados por el paso de un vehículo de diseño, repetido un número estimado de veces. Este criterio busca controlar la propagación de fisuras ocasionadas por acciones cíclicas, evitando así fallas estructurales durante el tiempo previsto de funcionamiento del puente.

En el Eurocódigo 5 de la UNE-EN-1995 (1997) se indica que para comprobar el este limite ultimo de fatiga de un puente primero se determina que sea $K > 0.10$ (para uniones con clavos) o $K > 0.15$ (tras uniones):

$$\frac{|\sigma_{d,m\acute{a}x} - \sigma_{d,min}|}{f_k/\gamma_{M,fat}} = K > 0.10 \vee 0.15$$

La comprobación de fatiga de la estructura se cumple:

$$\sigma_{d,m\acute{a}x} \leq f_{fat,d}$$

$$f_{fat,d} = k_{fat} \frac{f_k}{\gamma_{M,fat}}$$

Donde:

$\sigma_{d,m\acute{a}x}$: Máxima tensión debida a la carga de fatiga.

$f_{fat,d}$: Resistencia a fatiga

k_{fat} : Factor de reducción de resistencia de los ciclos de carga.

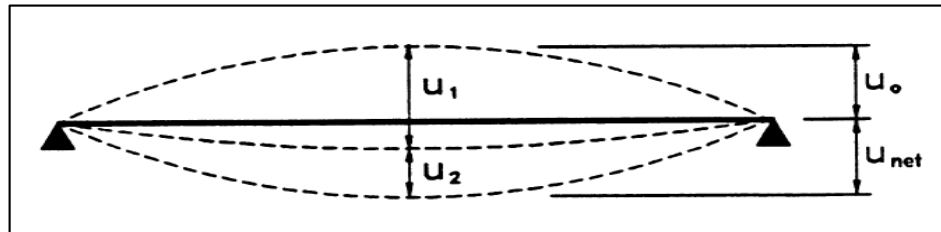
2.2.2.3. ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

Según la norma AASTHO LRFD (2010) el límite de servicio representa una serie de límites aplicables a esfuerzos, desplazamientos y aperturas de fisuras bajo condiciones normales

de operación. Esta condición se muestra en la estructura cuando dicha estructura pierde funcionalidad o sufre un deterioro sin riesgo inminente. En conclusión, el estado límite de servicio se define como las situaciones o fallas que pueden ser reparadas.

Figura 3

Límites de la deformación de puentes



Nota. Diagrama de deformaciones de servicio (UNE-EN-1995, 1997)

En el Eurocódigo 5 de la UNE-EN-1995 (1997) se indica que para comprobar el estado límite de servicio de un puente se realiza la verificación mediante sus deformaciones o deflexiones:

$$\Delta_{PL} \leq L/(200 \text{ al } 400)$$

$$\Delta_{PL} = 1.8 (U_{net})$$

$$U_{net} = U_1 + U_2 - U_0$$

Donde:

L = Luz de viga (longitud del puente).

Δ_{PL} = Deformación de servicio.

U_{net} = Deformación debida a las acciones variables.

U_0 = Contra flecha de proceso de fabricación (cuando corresponda).

U_1 = Desplazamiento originado por cargas constantes.

U_2 = Desplazamiento generado por esfuerzos de carácter temporal.

2.2.3. CRITERIOS DE DISEÑO

2.2.3.1. CARACTERIZACIÓN DE DISEÑO

Se determina mediante estimación del dimensionamiento de la estructura, considerando las propiedades mecánicas de la

madera a utilizar, hasta que el dimensionamiento satisfaga la funcionalidad de la estructura según diseño.

Tabla 1

Propiedades mecánicas de la superestructura.

Densidad (gr/cm ³)	E mín. MPa (kg/cm ²)	Peso Unitario kN/m ³ (Kgf/m ³)	Esfuerzos admisibles = MPa (kg/cm ²)				
			Flexión (f _m)	Tracción (f _t)	Compresión paralela (f _c //)	Compresión perpendicular (f _c ⊥)	Corte (f _v)
0.56 a 0.70	7355 (75,000)	10.0 (1,000)	14.7 (150)	10.3 (105)	10.8 (110)	2.7 (28)	1.2 (12)

Nota. Propiedades mecánicas de madera capirona para diseño de clasificación B adaptado de la E.010.

2.2.3.2. CARGAS DE DISEÑO

Según la norma AASTHO LRFD (2010) las cargas permanentes y transitorias deben ser consideradas según la funcionalidad requerida de la estructura.

Cargas permanentes:

- DC = Carga gravitacional correspondiente a las partes estructurales y complementarias del puente.
- DW = Peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos.

Solicitaciones temporales:

- LL = Carga vehicular.
- IM = Aumento asociado al efecto dinámico del tránsito vehicular.
- BR = Acción inducida por la desaceleración del tránsito motorizado.
- PL = Solicitación generada por el paso de personas.
- WS = Viento sobre la estructura.
- TU = Temperatura uniforme.

Carga peatonal (PL): En todo diseño la carga peatonal uniforme es de 420kgf/m²

Viento de diseño (WS). Cuando la cota vertical (z) correspondiente a la plataforma del puente sea mayor a 9.15 m sobre la línea del agua, la velocidad de viento de diseño es de 160 km/h.

Temperatura de diseño (TU). Para la deformación de origen térmico, se considera la máxima variación uniforme de temperatura, de 10°C a 40°C,

2.2.3.3. FACTORES Y COEFICIENTES DE DISEÑO

Según la norma UNE-EN-1990 (2019) los factores y coeficientes de diseño se definen:

Factor de simultaneidad de acción: El factor de simultaneidad está en función de las acciones variables que interactúan en la estructura.

Tabla 2

Factor de simultaneidad (ψ) de acciones en la superestructura.

Tipo de Acción		ψ	ψ	ψ
Cargas verticales	Sistema Tándem (TS) "q_{ik} o q_{rk}"	0.	0.	0
	Sistema (UDL) "Q_{ik}"	0.	0.	0
	Cargas peatones + bicicletas	0.	0.	0
Vientos en situación de proyecto persistente		0.	0.	0
Acciones térmicas (T_k)		0.	0.	0.

Nota. Coeficientes que representan la concurrencia de acciones para pasarelas adaptada de la UNE-EN-1990

Factor de seguridad aplicado a las solicitaciones: Este valor de ajuste está en función al estado límite último (ELU) y el estado límite de servicio (ELS) en la estructura.

Tabla 3*Coefficiente de seguridad (y) de acciones en la superestructura.*

Tipo de Acción		ELU		ELS	
		Favorabl	Desfavorabl	Favorabl	Desfavorabl
Acción continua	Carga correspondiente	1.00	1.35	1.00	1.00
	Carga muerta	1.00	1.35	1.00	1.00
Variable (Y _Q)	Sobrecarga de uso	0.00	1.35	0.00	1.00
	Acciones climáticas y variables	0.00	1.50	0.00	1.00

Nota. Coeficiente parcial de seguridad para pasarelas en ELU y ELS adaptada de la UNE-EN-1990

Coeficiente parcial de seguridad del material: El coeficiente parcial de seguridad del material está en función a la madera.

Tabla 4*Coefficiente de seguridad (y) del material de la superestructura.*

Descripción	Coeficiente
1. Material leñoso y sus derivados transformados	$Y_M = 1.3$
- Comprobaciones normales.	$Y_{M.fat} = 1.0$
2. Uniones	
- Comprobaciones normales.	$Y_M = 1.3$
- Comprobaciones a fatiga.	$Y_{M.fat} = 1.0$
Para combinaciones accidentales el valor recomendado es $Y_M = 1.0$	

Nota. Coeficiente parcial de seguridad de la madera para puentes, adaptada de la UNE-EN-1990

Factor de modificación: El coeficiente de ajuste considera tanto el tiempo de aplicación de las solicitaciones como la influencia del nivel de humedad presente.

Tabla 5*Factor de modificación (k mod) de la superestructura.*

Material	Clases de Servicio	Clases de duración de la carga				
		Acción permanente	Acción de larga duración	Acción de media duración	Acción de corta duración	Acción instantánea
Madera	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90

Nota. Coeficiente de modificación de la madera para pasarelas, adaptada de la UNE-EN-1990

2.2.3.4. COMBINACIÓN DE CARGAS

Según la norma AASTHO LRFD (2010) las fuerzas totales factorizadas se consideran como:

$$Q = \sum n_i \times 1 \times Q_i \dots \dots \dots (4)$$

El resultado de agregar algebraicamente estos factores representa la carga total que debe contemplarse en el diseño del puente y de cada uno de sus componentes.

La expresión matemática utilizada debe ser válida para cada componente estructural y unión del puente, según la combinación de cargas que corresponda a cada estado límite determinado:

- Resistencia I: Escenario de carga estándar que contempla el tránsito vehicular cotidiano sobre el puente, sin la influencia del viento.
- Resistencia II: Escenario que incluye el tránsito de unidades vehiculares especiales designadas por el responsable del proyecto, o de vehículos con circulación limitada, excluyendo efectos del viento.
- Resistencia III: Condición de diseño que simula la acción del viento sobre el puente con velocidades mayores a los 90 km/h.
- Resistencia IV: Escenario de carga que refleja una proporción considerable entre los efectos generados por acciones permanentes y aquellos originados por cargas adicionales.
- Resistencia V: Composición de cargas correspondiente al tránsito de vehículos convencionales considerando una velocidad de viento de 90 km/h.
- Evento Extremo I: Configuración de carga que contempla la acción sísmica.
- Evento Extremo II: Agrupación de solicitaciones que abarca efectos como acumulación de hielo, impacto de naves o automotores, y fenómenos hidráulicos con cargas adicionales

menores, distintas a la carga de impacto vehicular denominada CT.

Dado que es muy poco probable que estos eventos coincidan en el tiempo, se indica que deben considerarse por separado. El uso de un coeficiente de carga viva de 0.5 refleja esta baja posibilidad de coincidencia entre el mayor esfuerzo por tráfico vehicular (excluyendo CT) y los eventos considerados extremos.

- Servicio I: Escenario de carga que refleja el funcionamiento habitual del puente bajo una velocidad de viento de 90 km/h, considerando todos los valores de carga en sus niveles nominales.
- Servicio II: Agrupación de cargas orientada a limitar la deformación lenta en estructuras metálicas y el movimiento producido por el tráfico excesivo en uniones de tipo deslizante crítico. Este caso aplica únicamente a estructuras de acero.
- Servicio III: Condición de carga enfocada específicamente en los esfuerzos de tracción en superestructuras de concreto pretensado, destinada a evitar la aparición de fisuras.
- Servicio IV: Escenario de carga que atiende únicamente a la tracción en subestructuras hechas de concreto pretensado, con el objetivo de mitigar la formación de grietas.
- Fatiga: Agrupación de cargas vinculadas al agotamiento del material y posible fractura, derivadas de la repetición de cargas vehiculares gravitacionales y del comportamiento dinámico causado por un solo camión de diseño con distancia fija de 9000 mm entre ejes con carga de 145000 N.

2.2.4. DUCTILIDAD

Según la norma AASTHO LRFD (2010) la configuración estructural de un puente debe ser definida y detallada de modo que permita observar una deformación inelástica notoria y considerable antes de que la capacidad resistente comience a disminuir, especialmente en

condiciones de estados límites de resistencia y eventos extremos. Esta capacidad de deformación actúa como señal previa al colapso, ya que ayuda a disipar energía y favorece la estabilidad de la estructura. para garantizar esa ductilidad en el estado límite de resistencia se requiere lo siguiente:

$n_D > 1.05$, componentes y uniones con baja capacidad de deformación.

$n_D = 1$, configuraciones estructurales tradicionales y esquemas usuales.

$n_D > 0.95$, componentes y uniones con comportamiento deformable.

$n_D = 1$, todos los demás estados límites.

2.2.5. REDUNDANCIA

Según la norma AASTHO LRFD (2010) una estructura o componente se considera redundante si su pérdida no implica de forma inmediata el colapso total del puente, y lo contrario indica ausencia de redundancia. Esta distinción depende del papel que cumple dicho elemento en la estabilidad global del sistema estructural.

En condiciones estructurales correspondientes al límite de resistencia se emplea:

$n_R > 1.05$, componentes sin respaldo estructural alterno

$n_R = 1$, grados habituales de duplicación estructural

$n_R > 0.95$, grados superiores de capacidad de redistribución interna

$n_R = 1$, el resto de los estados límite considerados

2.2.6. IMPORTANCIA OPERACIONAL

Según la norma AASTHO LRFD (2010) se utiliza únicamente en los estados límite asociados a la resistencia estructural y a eventos de carácter extremo. En estos casos, la entidad responsable debe indicar

qué componentes o uniones del puente poseen una relevancia funcional prioritaria. Esta determinación se fundamenta en criterios relacionados con necesidades sociales, defensa nacional, protección pública y continuidad operativa. La norma reconoce tres categorías de relevancia estructural: crítica, esencial y otras; siendo las dos primeras reconocidas como de importancia operacional.

Para estados límites de resistencia:

$n_l > 1.05$, estructuras viales de relevancia significativa

$n_l = 1$, estructuras convencionales de tránsito

$n_l > 0.95$, infraestructura con función vial limitada

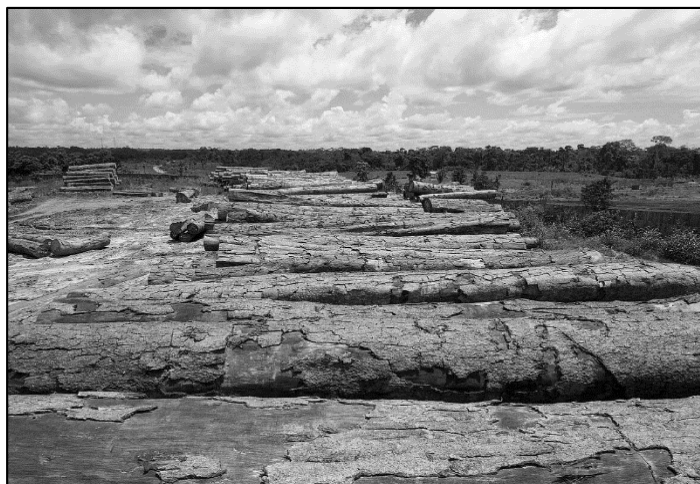
$n_l = 1$, los otros estados límite no mencionados

2.2.7. ESPECIES DE MADERA

En el ámbito comercial peruano se tiene registro de 237 especies de madera con fines industriales, todas debidamente catalogadas y evaluadas. Considerando que las empresas con una gestión forestal responsable disponen de una oferta considerablemente diversa, este catálogo tiene como propósito divulgar y fomentar el uso de especies maderables locales con miras a su posicionamiento en mercados internacionales.

Figura 4

Especies de maderas en el Perú



Nota. Kaufmann (2018).

2.2.7.1. AGUANO MASHA

De la especie *Machaerium inundatum*, de la familia Fabaceae – Papilionoideae.

Características de la madera: Al momento del corte, el fuste exhibe una albura de tonalidad blanca en las capas externas, mientras que el duramen, ubicado en el interior, presenta un color marrón con forma definida. Una vez seca al aire, la albura adquiere un tono amarillo claro y el duramen intensifica su color marrón.

Recomendaciones técnicas: Se trata de una madera de gran densidad, con niveles medios de contracción lineal y una contracción volumétrica que se mantiene constante. Su resistencia mecánica se ubica entre las categorías media y alta. Debido a su dureza, el proceso de aserrado presenta cierta dificultad. No obstante, permite un buen manejo y acabado, lo que la hace adecuada para la elaboración de parquet destinado a exportación. Durante el secado, muestra un comportamiento estable, con escaso riesgo de deformaciones. La albura es vulnerable a organismos biológicos, por lo que requiere tratamientos de conservación, mientras que el duramen posee suficiente resistencia natural y no necesita preservación adicional.

Usos: Su uso está orientado a la instalación de pisos, fabricación de durmientes, estructuras habitacionales, trabajos de carpintería interior, piezas artesanales y producción de parquet con fines de exportación.

2.2.7.2. CAIMITILLO

Pertenece a la especie *Pouteria caimito*, clasificada dentro de la familia Sapotaceae.

Características de la madera: Se trata de una especie arbórea que alcanza entre 20 y 100 centímetros de diámetro y puede llegar a medir de 15 a 25 metros de alto. Se distingue por su corteza

externa de tonalidad marrón rojiza, con fisuras, y una corteza interna que segrega un látex blanco. La madera carece de aroma y sabor específicos, aunque presenta un carácter astringente. La albura tiene un matiz marrón rojizo claro, mientras que el duramen es de un tono marrón rojizo más intenso, con un grano que puede ser recto o presentar entrecruzamientos.

Recomendaciones técnicas: Por su contenido de sílice, el proceso de aserrado resulta complejo. Se caracteriza por ser abrasiva y contar con una alta resistencia mecánica. Permite un adecuado desempeño en labores de cepillado y torneado, aunque el taladrado es solo aceptable, con una capacidad de moldurado favorable. El secado al aire es lento, pero responde bien al secado artificial si se utiliza un programa de baja intensidad. Posee una elevada resistencia frente al deterioro por hongos e insectos. Los tratamientos de preservación mediante calor y vacío presentan resultados irregulares.

Usos: Su aplicación se orienta a obras de gran envergadura como vigas y columnas, fabricación de durmientes, trabajos generales de carpintería y labores de ebanistería.

2.2.7.3. CAPIRONA

Pertenece a la especie *Calycophyllum spruceanum*, clasificada dentro de la familia Rubiaceae.

Características de la madera: Al momento del corte, el tronco exhibe una albura de tono blanco cremoso en las capas externas, mientras que el duramen muestra un color blanco pardo, acompañado de vetas marrón claro.

Recomendaciones técnicas: Se trata de una madera de alta densidad, con contracciones lineales reducidas y un nivel de contracción volumétrica que se mantiene moderadamente constante. Su capacidad mecánica se ubica entre las categorías

media y alta. Resulta relativamente sencilla de aserrar y presenta un buen desempeño en trabajos de mecanizado. En el secado artificial tiene un comportamiento aceptable, siempre que se utilicen programas suaves para evitar fisuras. Ofrece buena resistencia ante agentes biológicos, no requiere tratamiento de preservación y destaca por su durabilidad, sobre todo en aplicaciones sin contacto directo con el suelo.

Usos: Esta madera puede emplearse en la fabricación de pisos, parquet, molduras, tarugos, estructuras para uso naval, elementos estructurales pesados como vigas, carrocerías, trabajos de tornería, implementos deportivos, raquetas tanto de tenis como de tenis de mesa, y mangos de herramientas.

2.2.7.4. CHAMISA

Pertenece a la especie *Anthodiscus pilosus* (Ducke), integrada en la familia Caryocaraceae.

Características de la madera: Se trata de un árbol que puede alcanzar una altura de hasta 30 metros, con base recta o provista de aletas cortas y anchas. La corteza exterior es de color oscuro, con grietas visibles y lenticelas redondeadas poco numerosas. La corteza interior presenta una tonalidad crema-amarillenta, textura fibrosa, sabor levemente amargo y un aroma característico. Al ser cortado, el tronco exhibe una albura de tono crema en las capas externas y un duramen de marrón claro; una vez seca al aire, la albura adquiere un matiz amarillo claro y el duramen se torna marrón con tinte amarillento.

Recomendaciones técnicas: El proceso de aserrado presenta complicaciones. No se aconseja su uso para la obtención de láminas. El trabajo con maquinaria de corte y el cepillado posterior resultan complejos. Sin embargo, la fijación mediante clavos tiene buen comportamiento. No es recomendable emplear adhesivos para su unión.

Usos: Se emplea como madera para exteriores, en construcción (por ejemplo, vigas y viguetas), pisos, herramientas, embalaje y parihuelas.

2.2.7.5. CHONTAQUIRO

Corresponde a la especie *Diploptropis purpurea* (Rich.) Amshoff, perteneciente al género *Diploptropis*.

Características de la madera: Esta especie puede alcanzar una altura de hasta 40 metros, presentando aletas basales poco notorias. Su madera no posee un olor ni sabor definidos. La albura se distingue claramente del duramen, el cual presenta un tono marrón oscuro que se aclara tras la exposición ambiental. Ofrece alta resistencia frente a hongos y termitas, aunque es vulnerable a organismos perforadores de ambientes marinos.

Recomendaciones técnicas: El proceso de aserrado presenta un grado medio de dificultad, siendo aconsejable el uso de sierras de cinta con puntas de estelita. Es apta para la obtención de chapas decorativas. Cuando el grano es recto, permite un cepillado parejo; sin embargo, si es entrelazado, puede generar superficies de acabado deficiente. Responde bien al clavado, aunque ofrece resistencia al ser trabajada con herramientas manuales.

Usos: A pesar de su amplia versatilidad, su uso principal se orienta a aplicaciones en exteriores. También se destina a la construcción, en elementos como vigas, tableros, pisos, marcos y escaleras, así como en mobiliario convencional y productos diversos, incluyendo revestimientos decorativos, objetos torneados, utensilios, mangos de herramientas, implementos agrícolas, embalajes de gran peso, carrocerías, cubiertas navales y algunos instrumentos musicales.

2.2.7.6. COPAIBA

De la especie *Diploptropis purpurea* (Rich.) Amshoff, perteneciente al grupo botánico Fabaceae – subfamilia Caesalpinioideae.

Características de la madera: Cuando se corta el tronco, la madera muestra una albura de tono beige en las capas externas y un duramen de color castaño rojizo con vetas oscuras en su interior. Tras el secado al aire, la albura adquiere un matiz blanco con tono rosáceo, mientras que el duramen presenta una coloración rojo amarillenta con vetas oscuras de apariencia aceitosa.

Recomendaciones técnicas: Se clasifica como una madera de alta densidad, con niveles reducidos de contracción lineal y una estabilidad volumétrica intermedia. Resulta sencilla de aserrar y responde bien al proceso de labrado. Posee una resistencia mecánica media durante el corte. Su secado natural es algo lento. En cuanto a durabilidad natural, se encuentra en un rango de baja a moderada. En estado húmedo, muestra resistencia frente al deterioro biológico. En lo referente a preservación, la albura permite una buena impregnación, a diferencia del duramen, que presenta dificultades para ser tratado.

Usos: Esta madera es apta para la fabricación de vigas, columnas, machihembrados, mobiliario y elementos torneados. También se utiliza en trabajos de carpintería, pisos, revestimientos internos, parquet, contrachapado, entarimado, elaboración de cajas, molduras, encofrados y productos laminados. Gracias a sus propiedades, puede ser una alternativa al pino oregón. Cuando se le aplica tratamiento de preservación, resulta adecuada para fabricar estantillos o postes destinados a cercos. Asimismo, es compatible con la producción de tableros de partículas y tableros compuestos de madera y cemento.

2.2.7.7. HUANGANA

Pertenece a la especie *Sloanea guianensis* (Aubl.) Benth, integrada en la familia *Elaeocarpaceae*.

Características de la madera: Este árbol puede alcanzar una altura de hasta 20 metros, con tronco que presenta aletas en forma de láminas. La corteza exterior es de color marrón claro y posee una textura escamosa perceptible al tacto. La corteza interior es rojiza y las flores se caracterizan por su color amarillo pálido. Dispone de numerosos estambres. Cuando la madera se encuentra seca, muestra una transición suave entre albura y duramen. La albura tiene una tonalidad marrón clara, mientras que el duramen es más oscuro. No se perciben características olfativas ni gustativas destacables. Su grano es entrecruzado, la textura es media, no posee brillo y carece de vetas visibles. Además, tiende a sufrir decoloraciones por efectos de oxidación.

Recomendaciones técnicas: El contenido de resinas disminuye la capacidad de absorción del material, lo que dificulta la aplicación de tratamientos preservantes. Asimismo, estas propiedades afectan negativamente el aserrado, haciéndolo más complejo. La presencia de sílice puede causar desgaste o daños en herramientas de corte que no sean adecuadas.

Usos: Esta madera resulta apropiada para su uso en edificaciones residenciales, mobiliario de interiores y trabajos de carpintería, especialmente en la elaboración de gabinetes. Gracias a su versatilidad, también se utiliza en la fabricación de láminas y contrachapados, objetos torneados, embalajes, instrumentos musicales, durmientes y molduras. En el ámbito local, es común su empleo en productos artesanales.

2.2.7.8. HUAYRURO

Pertenece a la especie *Ormosia coccinea*, clasificada dentro de la familia Fabaceae-Papilionoideae.

Características de la madera: Al momento del corte, el fuste revela una albura de tonalidad marrón muy clara y un duramen interno con matices amarillo rojizos.

Recomendaciones técnicas: Se trata de una madera con alta densidad básica, que presenta contracción lineal media y volumen relativamente estable. El aserrado es algo complejo debido a su dureza y nivel de resistencia mecánica. Su trabajabilidad es regular, aunque ofrece buen desempeño en el cepillado y moldurado. El proceso de taladrado tiene dificultad media. El secado natural es lento, pero responde bien al secado artificial. Posee buena durabilidad natural. En cuanto a resistencia biológica, es moderada: la albura es vulnerable, pero el duramen es duradero y no requiere tratamientos. Aunque se dispone de trozas de gran tamaño, la proporción elevada de albura reduce el aprovechamiento final de la madera.

Usos: Esta madera se utiliza en carpintería estructural, fabricación de muebles, revestimientos decorativos, pisos como parquet y peldaños, así como en obras de gran envergadura como puentes, elementos para minería, pilotes, carrocerías y embalajes. También es adecuada para estructuras como vigas, viguetas, columnas y tijerales.

2.2.7.9. MACHIMANGO COLORADO

Corresponde a la especie *Eschweilera coriacea* S. A. Mori, incluida en la familia Lecythidaceae.

Características de la madera: Esta especie puede alcanzar una altura de hasta 35 metros, presentando comúnmente aletas elevadas en la base. La corteza externa varía entre tonos pardos

hasta casi negros. Su madera es densa y dura, con grano entrecruzado y textura que oscila entre media y fina, en una gama de colores que va del amarillo al marrón claro. No posee olor ni sabor distintivos, y tiene un brillo bajo. Se caracteriza por su buena durabilidad natural y elevada resistencia frente a termitas, aunque presenta escasa receptividad a tratamientos de preservación.

Recomendaciones técnicas: Se ha señalado que esta madera seca con relativa facilidad, aunque puede presentar defectos durante el proceso. Es común que sufra deformaciones, especialmente cuando el grano no es uniforme. Debido a su tendencia a agrietarse, el trabajo de mecanizado resulta complicado. A pesar de ello, los acabados que se logran son de excelente calidad.

Usos: Su uso principal está orientado a elementos expuestos en exteriores, fabricación de durmientes y componentes estructurales en obras, tales como travesaños, soportes y vigas.

2.2.7.10. MANCHINGA

Pertenece a la especie *Brosimum alicastrum*, perteneciente a la familia botánica Moraceae.

Características de la madera: Al momento del corte, el fuste muestra una albura de color amarillo, tonalidad que resulta similar a la observada en el duramen.

Recomendaciones técnicas: Se trata de una madera de alta densidad, con contracciones lineales reducidas y una contracción volumétrica de estabilidad media. Su resistencia mecánica se ubica en el límite entre las clases media y alta. El trabajo con esta madera presenta una dificultad moderada, aunque posee buenas cualidades para el labrado. Se sugiere realizar el aserrado en dirección radial para liberar tensiones internas y obtener mejores resultados en los productos finales. El proceso de secado es lento,

por lo que el secado artificial debe realizarse mediante un programa suave. Esta madera es vulnerable a hongos cromógenos, por lo que debe ser tratada inmediatamente después del corte con métodos de inmersión en sustancias preservantes. Una vez seca, puede conservarse mediante el sistema caliente-frío, y para productos destinados a exportación, mediante autoclave a presión.

Usos: Esta madera se emplea en elementos estructurales como vigas, columnas y tijerales, así como en la fabricación de parquet, pisos, piezas de carpintería, escaleras, mangos de herramientas, láminas, contrachapados, revestimientos decorativos, trabajos de ebanistería y mobiliario.

2.2.7.11. MARI MARI

Corresponde a la especie *Vatairea guianensis*, perteneciente a la familia Fabaceae – subfamilia Papilionoideae.

Características de la madera: En estado fresco, el tronco muestra una albura de tonalidad que va del blanco al crema, mientras que el duramen presenta un color amarillo brillante.

Recomendaciones técnicas: Se trata de una madera de gran peso, con baja contracción lineal y estabilidad volumétrica. Su resistencia mecánica se ubica en el límite de la categoría media, aunque su densidad le otorga buenas propiedades estructurales. Para optimizar el proceso de aserrado se recomienda el uso de sierras con tratamiento de estelita. Su trabajabilidad es intermedia y responde bien al secado natural. La albura tiene alta vulnerabilidad frente a insectos, por lo que requiere preservación, mientras que el duramen presenta gran resistencia a organismos que degradan la madera. Una vez seca, no necesita tratamiento adicional. Presenta una permeabilidad media cuando se somete a procesos de preservación bajo presión.

Usos: Esta madera es utilizada como fuente de combustible en hornos de panificación y fábricas de ladrillos. Asimismo, se aplica en obras de infraestructura pesada, fabricación de canoas, componentes estructurales, carrocerías, mobiliario, pisos tipo parquet y trabajos de carpintería en general.

2.2.7.12. MASHONASTE

Pertenece a la especie *Clarisia racemosa*, clasificada dentro de la familia Moraceae.

Características de la madera: Cuando el tronco es cortado, muestra una albura de tono blanco amarillento en las capas externas, mientras que el duramen, en las internas, presenta un amarillo intenso.

Recomendaciones técnicas: Se trata de una madera de peso medio y calidad favorable. Su resistencia mecánica se encuentra en el umbral entre las categorías media y alta. El aserrado presenta dificultad moderada debido a su carácter abrasivo por el contenido de sílice. Es recomendable procesarla inmediatamente tras el corte, utilizando herramientas con insertos de carburo y dientes reforzados con estelita. Posee buena trabajabilidad general, con buen desempeño en perforado, torneado, moldurado, encolado y fijado con clavos. El secado al aire es algo lento, aunque con bajo riesgo de deformaciones, mientras que el secado artificial ofrece buenos resultados bajo un programa moderado. Presenta alta resistencia a ataques biológicos, incluyendo termitas, insectos de madera seca y hongos xilófagos. No requiere tratamiento de preservación.

Usos: Se emplea como madera estructural en la fabricación de vigas, columnas, pisos, durmientes, carpintería tanto interior como exterior, estructuras navales, embarcaciones como canoas y botes, carrocerías, muebles y parihuelas.

2.2.7.13. MOENA ALCANFOR

Pertenece a la especie *Ocotea costulata*, incluida dentro de la familia Lauraceae.

Características de la madera: Esta especie alcanza una altura de hasta 35 metros y su tronco puede llegar a tener un diámetro de hasta 120 centímetros. El fuste presenta una superficie estriada o con formas irregulares. La albura no se distingue claramente del duramen, el cual adquiere un tono marrón pálido con franjas marrón amarillento claro al secarse. La madera se caracteriza por un grano entrecruzado y una textura que varía entre media y gruesa.

Recomendaciones técnicas: El aserrado de esta madera es fácil, aunque presenta cierta dificultad en su tratamiento de preservación. Se comporta adecuadamente frente al trabajo con maquinaria o herramientas manuales. Cuando el grano es entrecruzado, puede generar formación de vellosidades. Mediante un secado intensivo, puede reducir su contenido de humedad del 65% al 13% en un periodo aproximado de 45 horas, sin registrar defectos significativos posteriores. El secado al aire es más lento, aunque presenta pocos problemas como alabeo, colapsos o deformaciones.

Usos: Esta madera se utiliza en el ámbito constructivo, especialmente en pisos, láminas y tableros contrachapados. También se destina a la fabricación de herramientas, accesorios de madera, mangos y estructuras de encofrado.

2.2.7.14. MOENA AMARILLA

Pertenece a la especie *Aniba amazónica* Mez, incluida en la familia Lauraceae.

Características de la madera: Este árbol puede alcanzar una altura total de hasta 32 metros, con una porción comercial útil que varía entre los 18 y 22 metros. En estado seco, la madera adquiere

una coloración amarilla dorado con matices verde claro, acompañada de franjas oscuras como resultado de su grano entrecruzado. Muestra un patrón vetado con bandas brillantes en corte tangencial y opacas en la sección radial.

Recomendaciones técnicas: Su aserrado y procesamiento con herramientas manuales o equipos estándar de carpintería es sencillo. A pesar del grano entrecruzado, es posible obtener acabados lisos y de calidad utilizando ángulos de corte de 25°, 30° o 35° en el cepillado. El desempeño en moldurado longitudinal es favorable, mientras que el transversal es aceptable. Su respuesta al taladrado y torneado es regular. El secado al aire presenta dificultad moderada y puede generar algunas deformaciones. Posee resistencia natural frente a procesos de descomposición.

Usos: Se utiliza en trabajos de carpintería, fabricación de pisos con unión machihembrada, elementos estructurales para viviendas, revestimientos decorativos y elaboración de parihuelas.

2.2.7.15. MOENA NEGRA

Pertenece a la especie *Nectandra reticulata* (Ruiz & Pav.) Mez, dentro de la familia Lauraceae.

Características de la madera: Esta especie alcanza una altura de entre 15 y 30 metros, con diámetros que oscilan entre 30 y 90 centímetros. Su tronco es de forma cilíndrica, iniciando la ramificación a partir del segundo tercio. La base puede ser recta o presentar pequeñas aletas. Cuando se seca al aire, la albura muestra un tono pardo gris claro, mientras que el duramen adquiere un color pardo amarillento. La transición entre ambas zonas es progresiva.

Recomendaciones técnicas: El proceso de secado al aire es rápido y ofrece buenos resultados. La madera suele clasificarse como de calidad tipo A, aunque puede presentar algunas fisuras.

Cuando se seca en horno, requiere aproximadamente 51 días para reducir su contenido de humedad del 58% al 20%, siendo aconsejable un programa de secado suave. El aserrado es sencillo. Su desempeño con maquinaria de carpintería es aceptable, logrando buenos acabados en el moldurado. Posee una resistencia moderada frente a insectos y hongos destructores de la madera, aunque presenta dificultades en su preservación.

Usos: Con un tratamiento adecuado, esta madera ofrece una amplia gama de aplicaciones. Se utiliza en edificaciones residenciales, estructuras internas, cajonería, puertas, ventanas, moldes de encofrado, láminas laminadas, juguetes y fabricación de muebles para diversos fines de carpintería.

2.2.7.16. PALISANGRE

Pertenece a la especie *Pterocarpus Rohrii* Vahl, perteneciente a la familia Fabaceae.

Características de la madera: Este árbol suele alcanzar una altura media de 35 metros, siendo su porción comercial útil de aproximadamente 25 metros. Presenta un fuste de forma cilíndrica, iniciando su ramificación a partir del segundo tercio. La madera que se obtiene es de calidad aceptable, con características semiduras y peso medio, un grano que va de recto a ligeramente cruzado, textura que varía entre media y gruesa, y una tonalidad que oscila entre amarillo y pálido. No presenta olor perceptible o característico.

Recomendaciones técnicas: Esta madera se asierra con facilidad y tiene un comportamiento aceptable durante el trabajo mecánico. Su resistencia mecánica es elevada, ofreciendo buenos resultados en operaciones de cepillado y torneado, aunque presenta dificultad al momento de taladrar y un desempeño intermedio en el moldurado. El proceso de secado al aire es prolongado, completándose en un periodo de 150 días, durante el

cual pueden aparecer deformaciones. Bajo condiciones de secado artificial y con programas intensivos, responde adecuadamente. No obstante, su preservación resulta compleja y es vulnerable a hongos e insectos xilófagos.

Usos: Esta madera se utiliza en actividades de carpintería y obras de construcción. Asimismo, se aplica en la fabricación de pisos como parquet y machihembrados, peldaños de escaleras y revestimientos decorativos en forma de chapas.

2.2.7.17. PALO BASTÓN

Pertenece a la especie *Crepidospermum goudotianum* (Tul.) Triana & Planch, integrada en la familia Burseraceae.

Características de la madera: Este árbol puede crecer hasta los 30 metros de altura y alcanzar un diámetro de hasta 100 centímetros. Su tronco presenta una forma cilíndrica.

Cuando la madera se encuentra seca al aire, la albura muestra un color amarillo y el duramen presenta vetas de tono oscuro. El grano es entrecruzado, con una textura y brillo intermedios. Su patrón de veteado forma arcos superpuestos y bandas dispuestas en paralelo.

Recomendaciones técnicas: El proceso de aserrado presenta una dificultad media. En ciertos casos, el grano entrelazado puede generar superficies planas de baja calidad. La madera responde bien al uso de clavos, aunque se complica al ser trabajada con herramientas manuales. Posee una durabilidad natural aceptable.

Usos: Esta madera se utiliza en la fabricación de chapas decorativas, en obras de construcción y en trabajos generales de carpintería, así como en la elaboración de canoas y botes. Es recomendable para pisos tipo parquet o machihembrados, peldaños y contrapeldaños de escaleras, elementos torneados como balaustradas y pasamanos, revestimientos laminados,

productos artesanales, mangos de herramientas y labores de ebanistería.

2.2.7.18. PARINARI

Pertenece a la especie *Licania micrantha* Miq, clasificada dentro de la familia Chrysobalanaceae.

Características de la madera: Este árbol alcanza una altura que varía entre 15 y 30 metros y un diámetro de hasta 70 centímetros, con un fuste de forma cilíndrica. Su corteza presenta lenticelas visibles y es de color marrón claro con áreas grisáceas. La madera posee una albura de tonalidad rosada que se transforma de manera gradual en un duramen de color marrón claro. No presenta olor ni sabor distintivos. El grano va de recto a entrecruzado, acompañado por un veteado discreto.

Recomendaciones técnicas: La madera se trabaja con facilidad mediante procesos mecánicos y permite alcanzar un acabado superficial de calidad. Tiene una permeabilidad intermedia, destacando una elevada absorción de pentaclorofenol cuando se somete a tratamientos por inmersión en baños caliente y frío con una concentración del 5%. No ofrece buena durabilidad natural si no se aplica un tratamiento de preservación.

Usos: Se utiliza en estructuras, trabajos de carpintería y ebanistería, fabricación de pisos tipo parquet, revestimientos decorativos, carrocerías, cajonería, construcciones navales, durmientes tratados y elaboración de juguetes.

2.2.7.19. PUMAQUIRO

Conocido también con el nombre de Aararacanga, pertenece a la especie *Aspidosperma Macrocarpon*, integrada en la familia Apocynaceae.

Características de la madera: Al momento del corte, el tronco muestra una albura amarilla en las capas externas y un duramen de tono amarillo rojizo en las internas. Cuando se seca al aire, la albura mantiene su color amarillo y el duramen conserva el matiz rojizo.

Recomendaciones técnicas: Se clasifica como una madera de gran peso, con contracción volumétrica que varía entre media y moderada. Su índice de contracción sugiere una buena estabilidad dimensional y comportamiento favorable durante el secado. En términos de resistencia mecánica, supera a maderas como el roble, el fresno blanco y el pino oregón. Posee una trabajabilidad intermedia, aunque puede causar escozor al aserrarse estando húmeda. Debido a su elevada resistencia mecánica, su procesamiento presenta dificultad media. Ofrece buenos resultados en secado artificial cuando se aplica un programa de intensidad suave a moderada. Además, cuenta con una durabilidad natural considerable, siendo resistente al deterioro por hongos.

Usos: Esta madera es adecuada para diversas aplicaciones estructurales, fabricación de muebles y trabajos de ebanistería, pisos, revestimientos interiores, piezas torneadas y talladas, mangos para herramientas, implementos agrícolas y artículos deportivos. Asimismo, es empleada en obras de gran envergadura como puentes, puntales para minas, envases robustos, quillas de embarcaciones, construcciones generales y moldes para encofrado.

2.2.7.20. QUILLOBORDON AMARILLO

Pertenece a la especie *Aspidosperma parvifolium*, incluida en la familia Apocynaceae.

Características de la madera: Esta especie alcanza hasta 35 metros de altura, con una porción comercial útil de aproximadamente 20 metros y un diámetro de 80 centímetros

medido a la altura del pecho. Su corteza es de tono pardo grisáceo, presenta una textura compacta, espesor de 10 milímetros y lenticelas prominentes. La madera muestra una transición suave entre albura y duramen, donde la albura es de color amarillo claro y el duramen, un tono amarillo algo más oscuro. Posee un brillo medio, grano entrecruzado, textura fina y un patrón de vetas en forma de arcos superpuestos. No presenta olor característico.

Recomendaciones técnicas: El comportamiento de esta madera durante el secado al aire es favorable, sin presentar deformaciones ni manchas visibles. Su aserrado es relativamente sencillo y la trabajabilidad es aceptable, aunque el grano entrecruzado puede representar una dificultad moderada. Ofrece resistencia frente a organismos degradantes, con una durabilidad natural considerada buena.

Usos: Esta madera se utiliza tanto en obras exteriores como interiores, en la construcción de embarcaciones mayores como barcos y buques, así como en pisos, revestimientos laminados, mobiliario, trabajos de ebanistería y fabricación de cajonería.

2.2.7.21. QUINA QUINA

Pertenece a la especie *Pouteria reticulata* (Engl.) Eyma, incluida dentro de la familia Sapotaceae.

Características de la madera: Esta especie puede alcanzar entre 25 y 35 metros de altura, con diámetros que varían entre 40 y 80 centímetros. Su fuste es cilíndrico y recto, y en ocasiones presenta aletas que alcanzan hasta 2 metros de altura. Exuda abundante látex blanco. La madera posee una dureza y peso medio, con textura predominantemente media. No emite olores ni sabores distintivos. La albura presenta una tonalidad marrón rojiza clara, mientras que el duramen es de un marrón rojizo más intenso. El grano puede ser recto o levemente cruzado, con un nivel de brillo moderado y sin presencia de vetas visibles.

Recomendaciones técnicas: Esta madera se procesa fácilmente en operaciones de aserrado y cepillado. Además, permite realizar moldurados sin dificultad y presenta buen desempeño durante el taladrado.

Usos: Es comúnmente utilizada en aplicaciones exteriores como postes, crucetas y cruces. En el ámbito constructivo, se emplea en vigas, viguetas, pisos, marcos, peldaños y herrajes. También se utiliza en la elaboración de láminas y tableros contrachapados destinados a instrumentos deportivos y mangos de herramientas. Adicionalmente, es apta para la fabricación de contenedores, carrocerías y plataformas de camiones, así como en la construcción naval.

2.2.7.22. QUINILLA

También se le conoce como Macaranduba y pertenece a la especie *Manilkara Bidentata*, incluida en la familia Sapotaceae.

Características de la madera: Al ser cortado, el tronco exhibe una albura de tono castaño claro en las capas externas, mientras que el duramen adquiere un color castaño rojizo oscuro. Una vez seca al aire, la albura cambia a un marrón rojizo claro y el duramen conserva su color marrón rojizo.

Recomendaciones técnicas: Se trata de una madera de densidad muy elevada, con baja contracción lineal y una contracción volumétrica relativamente estable. Su resistencia mecánica se posiciona en el rango superior. Debido a su dureza y robustez estructural, requiere mayor esfuerzo en su procesamiento. No obstante, responde favorablemente al cepillado, taladrado, torneado y moldurado. El secado al aire es lento, aunque bajo un programa suave, el secado artificial ofrece buenos resultados. Presenta una durabilidad natural destacada. El duramen es resistente a organismos xilófagos, aunque muestra

baja resistencia frente a insectos marinos. Para su preservación, se recomienda el tratamiento mediante vacío-presión.

Usos: Esta madera se emplea en la fabricación de traviesas, durmientes y estructuras de gran envergadura, así como en componentes de puentes, postes, pisos, parquet, láminas decorativas, arcos, instrumentos musicales y trabajos de tornería.

2.2.7.23. YACUSHAPANA

Conocido también con el nombre de Tanimbuca, pertenece a la especie *Terminalia Oblonga*, la cual forma parte de la familia Combretaceae.

Características de la madera: Cuando el tronco es cortado, la albura muestra un tono crema en las capas externas, mientras que el duramen adquiere una tonalidad marrón pálido. Al secarse al aire, la albura cambia a un amarillo claro y el duramen se transforma en un marrón amarillento.

Recomendaciones técnicas: Se trata de una madera de gran peso, con baja contracción lineal y estabilidad volumétrica. Su resistencia mecánica se ubica en el umbral de la categoría media. Dado su contenido de sílice, dureza y grano entrecruzado, se recomienda el uso de sierras con estelita para su corte. El secado artificial funciona eficientemente bajo programas suaves, especialmente en espesores de dos pulgadas. Tiene una durabilidad natural destacable frente a hongos, aunque al ser aserrada puede presentar el defecto conocido como “ojo de pescado”. No necesita tratamiento de preservación.

Usos: Esta madera se emplea de forma local en construcciones generales, así como en la fabricación de vigas, columnas, pisos, parquet, sistemas de machihembrado, durmientes, láminas decorativas y productos deportivos.

2.2.7.24. YESCA CASPI

Conocido también con el nombre de Mandioqueira, pertenece a la especie *Qualea Paraensis* Ducke, clasificada dentro de la familia Vochysiaceae.

Características de la madera: Se trata de un árbol de gran tamaño, con ápice abruptamente acuminado y base que puede ser obtusa o aguda. Sus hojas son coriáceas, con forma oblonga o elíptico-oblonga. El duramen presenta una tonalidad beige claro amarillento o con un leve matiz rosado, y la albura, de color amarillento, se diferencia claramente de este. Su grano es recto, con textura media y un brillo que varía de bajo a moderado. La madera es duradera y posee resistencia media frente a hongos y termitas, sin un olor característico.

Recomendaciones técnicas: Presenta un buen comportamiento al aserrado, siendo relativamente sencilla de procesar. Resulta adecuada para la obtención de chapas decorativas y tableros. El grado de desgaste que genera en herramientas va de leve a moderado. Se clava, atornilla y encola con facilidad, y permite lograr acabados de buena calidad.

Usos: Su uso se extiende a edificaciones residenciales tanto en exteriores como interiores, fabricación de tableros y chapas. Asimismo, es aplicada en la elaboración de parihuelas, molduras, artículos deportivos, embalajes, cajas contenedoras, construcción de embarcaciones y remos.

2.2.7.25. ZAPOTE

Pertenece a la especie *Quararibea Cordata* (Humboldt & Bonpland) Vischer, correspondiente a la familia Bombacaceae.

Características de la madera: Esta especie puede alcanzar una altura de hasta 50 metros y un diámetro de 90 centímetros. Su corteza principal es fibrosa y arenosa, con un espesor de 2

centímetros, dividida en dos capas. Se distingue por una marcada definición de vetas, presencia de líneas vasculares, arcos superpuestos con leve diferenciación y bandas delgadas en paralelo que reflejan tonos dorados.

Recomendaciones técnicas: La madera de zapote se clasifica como moderadamente ligera, con bajo nivel de contracción lineal y estabilidad volumétrica aceptable. Su resistencia mecánica se ubica en el límite inferior de la categoría media. Se asierra con facilidad y se comporta adecuadamente durante operaciones de cepillado, torneado, moldurado y taladrado. El secado al aire es ágil, mientras que el secado artificial responde bien bajo programas moderados. Tiene una durabilidad natural media, aunque la albura es vulnerable al deterioro biológico. Para su conservación, se recomienda aplicar métodos de tratamiento mediante baño caliente-frío y vacío-presión.

Usos: Esta madera se utiliza en trabajos de carpintería estructural, fabricación de moldes de encofrado, cajonería y elaboración de muebles. Debido a su aspecto y propiedades, representa una alternativa adecuada al pino Oregón.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- ✓ **Estado límite:** Se trata de una condición definida por un determinado valor físico, cuya superación implicaría que la estructura ya no cumpla con su propósito funcional, bien sea por un colapso estructural total o parcial, o por una disminución importante en su operatividad (AASHTO LRFD, 2010).
- ✓ **Estado límite de servicio:** Corresponde a una categoría de estado límite cuya superación genera deterioro o pérdida de funcionalidad en la estructura, sin representar un peligro inmediato. Habitualmente, los ELS aluden a condiciones que pueden ser controladas, corregidas o atenuadas, causando incomodidades leves a los usuarios (AASHTO LRFD, 2010).

- ✓ **Estado límite ultimo:** Este estado representa el umbral cuya superación puede llevar al colapso total o parcial de la estructura al sobrepasar su capacidad de resistencia. Exceder un ELU constituye una condición crítica, con alto riesgo de pérdidas materiales severas y consecuencias humanas. Por ello, los factores de seguridad aplicados en los análisis de un ELU son considerablemente mayores que los utilizados en otros estados límite (AASHTO LRFD, 2010).
- ✓ **Longitud del Tablero:** Corresponde a la distancia longitudinal del tablero, medida a lo largo de su eje principal, entre los extremos opuestos de la losa que lo conforma (MTC, 2018).
- ✓ **Luz de Cálculo:** Se define como la distancia empleada en el análisis estructural, medida habitualmente entre los ejes de apoyo del elemento que se está evaluando (MTC, 2018).
- ✓ **Luz del tramo del Puente:** Corresponde a la longitud medida entre los ejes de apoyo de cada uno de los tramos que integran la superestructura del puente (MTC, 2018).
- ✓ **Madera:** Es el componente principal del tronco del árbol, formado por fibras de celulosa cohesionadas mediante lignina. Tras ser cortada y sometida a secado, la madera se emplea como material de construcción. (Kaufmann, 2018)
- ✓ **Método de los estados límite:** Es un método que enfatiza la seguridad en el diseño estructural mediante la aplicación de reglamentos técnicos, criterios normativos y procedimientos de cálculo establecidos (AASHTO LRFD, 2010).
- ✓ **Puente:** Es una estructura diseñada para superar un accidente del terreno o una obstrucción natural o artificial, con una luz libre igual o superior a 6.00 m (20 pies), que forma parte de una vía o se encuentra ubicada sobre o bajo ella (MTC, 2018).

- ✓ **Puente peatonal:** Se trata de una estructura destinada a facilitar el tránsito peatonal por encima de ríos, rutas vehiculares o depresiones montañosas, y puede ser edificada con diversos materiales (MTC, 2018).
- ✓ **Vida útil:** Es el tiempo de servicio proyectado para una infraestructura, durante el cual no deberían producirse deterioros significativos que requieran intervenciones costosas de mantenimiento o rehabilitación que afecten su viabilidad de uso (MTC, 2018).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- ✓ H_G : Mediante el análisis estructural y la verificación de la norma UNE-EN-1995, Si se puede aplicar los estados límites para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.
- ✓ H_0 : Mediante el análisis estructural y la verificación de la norma UNE-EN-1995, No se puede aplicar los estados límites para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- ✓ H_1 : Mediante los parámetros de flexión y corte según la norma UNE-EN-1995, Si se puede realizar la verificación del ELU de rotura para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.
- ✓ H_0 : Mediante los parámetros de flexión y corte según la norma UNE-EN-1995, No se puede realizar la verificación del ELU de rotura para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.

- ✓ H₂: Mediante los parámetros de flexión y corte según la norma UNE-EN-1995, Si se puede realizar la verificación del ELU de fatiga para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.
- ✓ H₀: Mediante los parámetros de flexión y corte según la norma UNE-EN-1995, No se puede realizar la verificación del ELU de fatiga para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.
- ✓ H₃: Mediante los parámetros de deflexión según la norma UNE-EN-1995, Si se puede realizar la verificación del ELS para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.
- ✓ H₀: Mediante los parámetros de la deflexión según la norma UNE-EN-1995, No se puede realizar la verificación del ELS para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE 01

Aplicación de los estados límites.

2.5.2. VARIABLE 02

Diseño estructural del tablero de madera tipo viga – losa.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 6

Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Magnitudes
Variable 01: Aplicación de los estados límites. (Cuantitativa)	Capacidades últimas o límites de una estructura, antes de sufrir fallas o roturas	Análisis y verificación de las flexiones, cortes y deflexiones de las vigas que soportan las cargas de la losa del tablero de madera	ELU de Rotura	Flexión	Kgf / cm
			ELU de Fatiga	Corte	Kgf
				Flexión	Kgf / cm
				Corte	Kgf
			ELS	Deflexión	mm
Variable 02: Diseño estructural del tablero de madera tipo viga losa. (Cuantitativa)	Propuesta de dimensionamiento de una estructura de madera que soporte los estados límites	Diseño de la losa y vigas de madera según especificaciones técnicas	Losa de Madera	Ancho	Pulgadas
				Largo	Pulgadas
				Alto	cm
			Vigas Rollizo de Madera	Diámetro	Pulgadas

Nota. Operacionalización de variables referente al proyecto de investigación “Aplicación de los estados límites con el propósito de desarrollar el diseño estructural de un tablero de madera con configuración viga - losa previsto para su uso destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es del tipo aplicada ya que busca solucionar un problema mediante un procedimiento organizado, y cuidadosamente desarrollado (Arias, 2021).

3.1.1. ENFOQUE

Sampieri et al (2014) indica que el estudio se basa en un enfoque de tipo cuantitativo y pretende explicar los hechos en base a parámetros numéricos.

Es decir, cuantitativo porque la recolección de datos es parametrada numéricamente:

- ✓ Coordinadas del puente existente según la quebrada del río primavera.
- ✓ Parámetros de la flexión, corte, y deflexión para la evaluación y verificación de los estados límites.
- ✓ Parámetros de diseño: dimensionamiento de la viga-losa del tablero.

3.1.2. ALCANCE

Sampieri et al (2014) indica que el estudio se delimita a un alcance de carácter descriptivo busca especificar las propiedades y características del fenómeno de estudio; con la finalidad de pretender medir o recoger información de manera conjunta o independiente.

Es decir, descriptivo porque se detalla las características del análisis de flexiones, cortantes, y deflexiones que actúan en las vigas del tablero, además de describir simplificada las dimensiones de la losa y viga como componentes del tablero de madera.

3.1.3. DISEÑO

Sampieri et al (2014) señala que el estudio adopta un diseño metodológico no experimental del tipo transversal - descriptivo, es el cual analiza y describe los fenómenos que observa sin manipular o alteren las condiciones de las variables, recopilando información en un momento dado.

Es decir, se recolectan los datos de las variables mediante la observación y análisis de contenido con la finalidad de determinar los parámetros de verificación de estados límites y diseño del tablero de madera del puente de camino.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

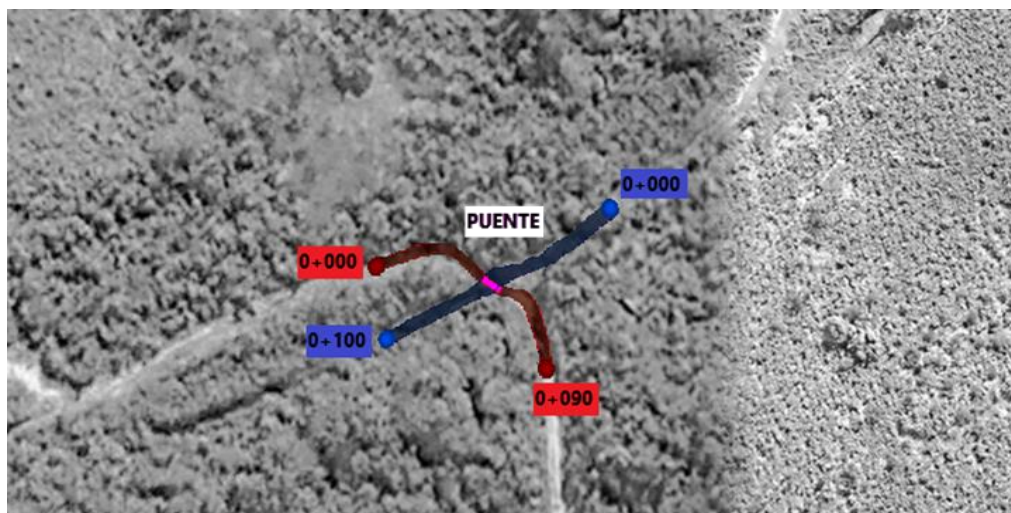
3.2.1. POBLACIÓN

La población finita se da cuando se determina el dato exacto que se va a investigar (Arias, 2021).

La población de estudio está definida como la Pasarela peatonal en la quebrada Primavera de Santa Rosa en el distrito de Yanajanca, provincia de Marañón (ver Anexo 6).

Figura 5

Población de estudio



Nota. Vista en planta de la muestra definida como la pasarela peatonal, en la quebrada del río primavera en la localidad de Santa Rosa, distrito de Yanajanca

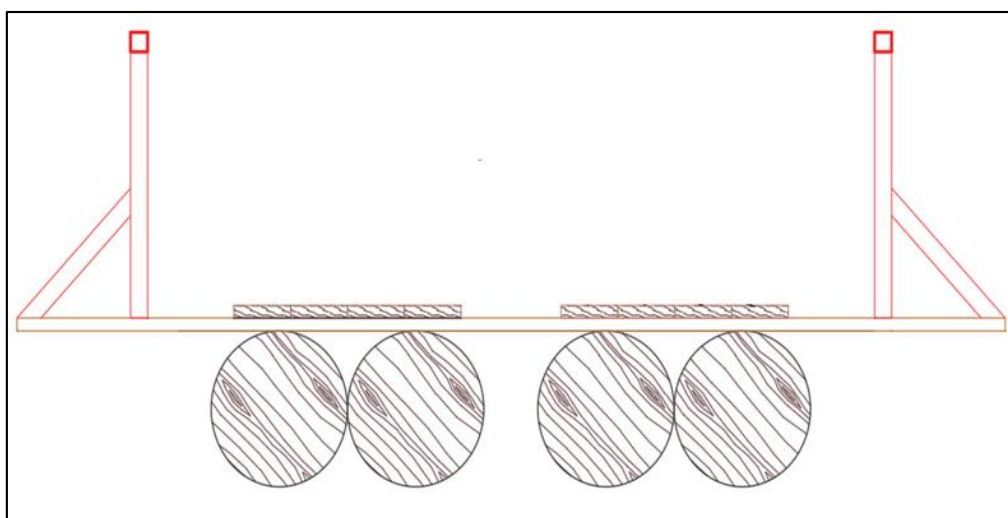
3.2.2. MUESTRA

No se puede determinar una cantidad específica como muestra, sin embargo, es importante la delimitación correcta de dicha muestra según el objetivo de la investigación (Arias, 2021)

La muestra de estudio está definida como el Tablero de madera tipo viga-losa para la pasarela peatonal en la quebrada.

Figura 6

Muestra de estudio



Nota. Vista en sección de la muestra definida como el tablero de madera tipo viga-losa para la pasarela peatonal, en la quebrada del rio Primavera en la localidad de Santa Rosa, distrito de Yanahuanca

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Según Sampieri et al (2014) las técnicas de recolección de datos como la observación y el análisis de contenido, consisten en registrar la información observada en el entorno del estudio y la información contenida en las bibliografías respectivas; definidos en categorías y subcategorías.

Se recolectaron los datos mediante la observación no experimental del levantamiento topográfico, mediante coordenadas UTM y geográficas para la ubicación de la pasarela peatonal; y coordenadas UTM para el levantamiento de la pasarela peatonal existente.

Se recolectaron datos mediante la observación no experimental del tablero de madera de la pasarela peatonal, específicamente referente a los parámetros requeridos para la aplicación del procedimiento basado en los estados límite. También se contempla la validación correspondiente de dichos estados límite mediante el análisis de contenido según las normas AASTHO LRFD, UNE-EN-1995, entre otras.

3.3.2. SOBRE LA EXPOSICIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA

Según lo expresado por Sampieri et al. (2014), la exposición de los datos implica presentar la información de forma comprensible y precisa, procurando que estén ordenados de modo que faciliten su interpretación.

Los datos obtenidos se presentan mediante el informe de memoria de cálculo estructural de la pasarela peatonal (ver Anexo 4).

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Hernández et al (2014) indican que el análisis de los datos debe de ser representativo con la realidad de la investigación, las cuales siempre se interpretarán según su contexto.

El análisis e interpretación de datos se llevó a cabo conforme a lo establecido por la realidad mediante el modelamiento del tablero de madera por medio del software SAP2000.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. PROCESAMIENTO DEL MODELAMIENTO DEL TABLERO

Ubicación y coordenadas del puente de camino. Se realizó el procesamiento de los datos obtenidos del levantamiento de puntos topográficos, requeridos para el diseño del tablero

Tabla 7

Coordenadas de ubicación de la pasarela peatonal

Referencias Espaciales Geográficas				
Latitud		Longitud		Elevación
-8.622097°		-76.310575°		554.00 msnm
Coordenadas UTM				
Zona	Banda	Este	Norte	Elevación
18	L	355791.00 m E	9046680.00 m S	554.00 msnm

Nota. Coordenadas UTM de la pasarela peatonal definido como la muestra de la investigación

Tabla 8

Puntos topográficos de la pasarela peatonal existente

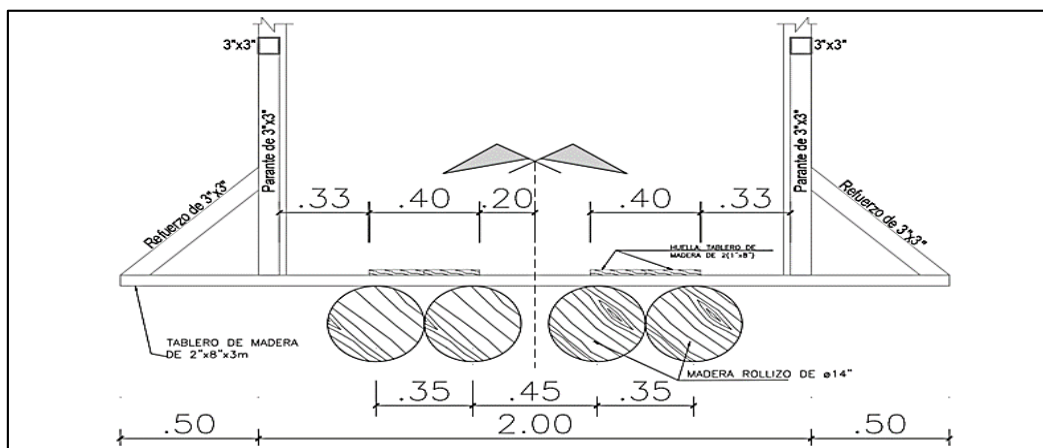
P	E (m)	N (m)	Z (msnm)
0+046.50 – IZQ	355788.7163	9046682.1032	553.86
0+046.50 – DER	355787.8177	9046680.7764	553.84
0+053.50 – IZQ	355794.7278	9046678.4963	553.90
0+053.50 – DER	355793.8292	9046677.1695	553.92

Nota. Registro de los puntos del levantamiento topográfico de la pasarela peatonal existente

Caracterización del tablero. Se realizó el procesamiento de los datos requeridos para el modelamiento del tablero de madera tipo viga – losa

Figura 7

Dimensionamiento de la estructura propuesta



Nota. Sección del diseño del tablero de madera tipo viga – losa

Tabla 9

Dimensionamiento de la estructura propuesta

Elemento	Característica	Material	Clasificación E.010
Viga	Rollizo $\varnothing = 14"$	Madera Capirona	B
Losa	Tablones $2" \times 8" \times 3m$	Madera Capirona	B

Nota. Caracterización del tablero tipo Viga - Losa según la E.010

Los parámetros requeridos de las propiedades mecánicas del tablero son los pre establecidos de la madera capirona según la E.010, mencionadas en la tabla 1.

Estimación de cargas aplicadas al tablero. Las cargas de diseño aplicadas para el análisis estructural fueron las acciones estructurales constantes y variables.

Cargas permanentes:

- Masa estructural correspondiente a la estructura (DC), determinada automáticamente por el software SAP 2000.
- Carga muerta del tablón longitudinal (DW), distribuida uniformemente por metro lineal.

$$DW = 0.025m \times 1,000kgf/m^3 = 25 \text{ kgf/m}^2$$

$$DW = 2 \text{ veces} \times 25kgf/m^2 \times 0.40m = 20 \text{ kgf/m}$$

- Carga muerta de las barandas laterales (DW), distribuida uniformemente por metro lineal.

$$W = 0.075\text{m} * 1,100\text{kgf/m}^3 = 82.5 \text{ kgf/m}^2$$

$$DW = 1.05(2 \text{ veces} * 82.5 \text{ kgf/m}^2 * 1.10\text{m}) = 181.5 \text{ kgf/m}$$

- Carga muerta de la cubierta de madera (DW):

$$DW_{P-i} = 2 * 66.26\text{kgf} = 132.52\text{kgf} * 1.05 = 139.146\text{kgf}$$

$$DW_{P-c} = 2 * 119.45\text{kgf} = 238.90\text{kgf} * 1.10 = 262.790\text{kgf}$$

$$DW_{P-f} = 2 * 67.39\text{kgf} = 134.78\text{kgf} * 1.05 = 141.519\text{kgf}$$

Cargas transitorias:

- Carga vehicular (LL), Incremento por carga vehicular dinámica (IM), Fuerza de frenado (BR), No se contemplan estas cargas en el diseño, ya que no se realizará el tránsito de vehículos de categoría M, N y O; así como tampoco el uso de vehículos de emergencia o de mantenimiento (S).
- Carga peatonal (PL) uniforme incluida con la carga de las bicicletas: Al no existir una guía de tráfico de motocicleta, se considera el incremento del 50% más.

$$PL = 1.5(420 \text{ kgf/m}^2) = 600 \text{ kgf/m}^2$$

- Carga viva de techo:

$$CVT_{P-i} = 2 * 67.75\text{kgf} = 135.50\text{kgf} * 1.05 = 142.275\text{kgf}$$

$$CVT_{P-c} = 2 * 122.13\text{kgf} = 244.26\text{kgf} * 1.10 = 268.686\text{kgf}$$

$$CVT_{P-f} = 2 * 68.90\text{kgf} = 137.80\text{kgf} * 1.05 = 144.690\text{kgf}$$

- Viento de diseño (WS) del puente con una altura el tablero mayor a 9.15 m sobre la línea del agua:

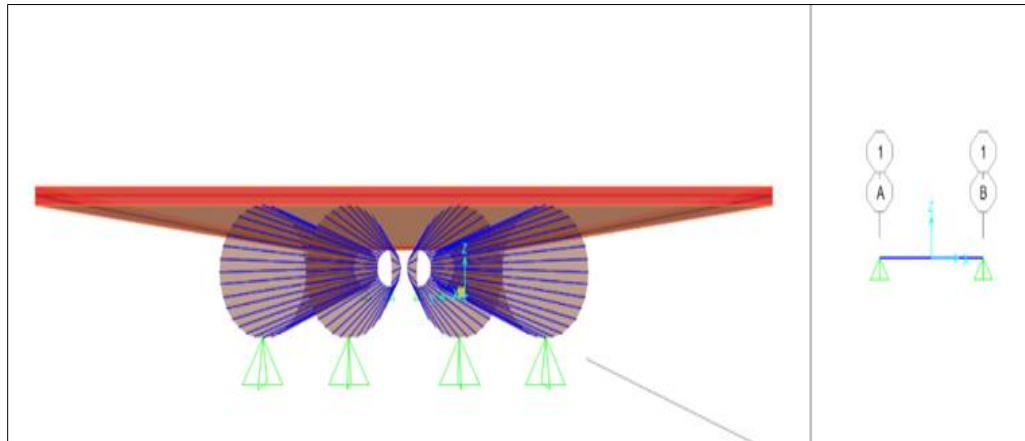
$$V_{BAR} = 445 \text{ kgf/m}$$

- Temperatura de diseño (TU) con fines para calcular la deformación de origen térmico:

$$\Delta T_1 = 40^\circ \text{ C} ; \Delta T_2 = 10^\circ \text{ C}$$

Figura 8

Modelamiento de la superestructura



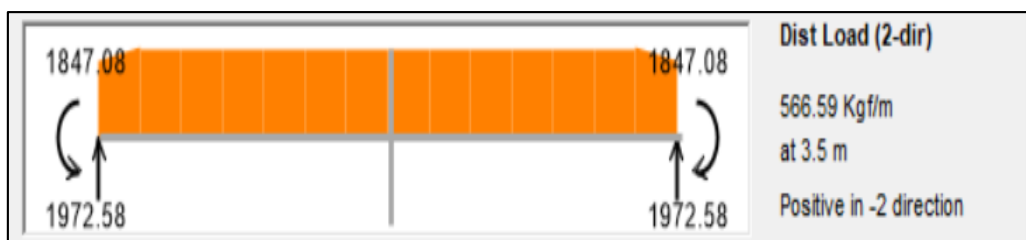
Nota. Modelamiento del tablero de madera de la pasarela peatonal mediante vigas rollizo 01, 02, 03, y 04 respectivamente y la losa, dichos elemento de madera Capirona, generados mediante el software SAP2000.

4.1.2. PROCESAMIENTO DEL ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL

Se realizó el análisis de las flexiones, cortes, y deflexiones de las de las vigas del tablero de madera, mediante el software SAP2000, según las especificaciones de diseño requeridas.

Figura 9

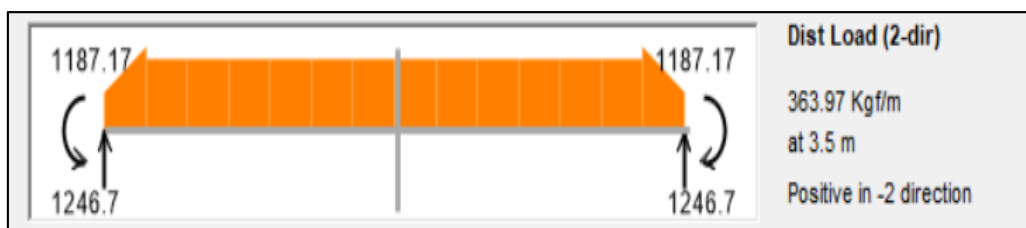
Diagrama de cuerpo libre en las vigas laterales



Nota. Diagrama de cuerpo libre en las vigas laterales 01 y 04. generadas mediante el software SAP2000

Figura 10

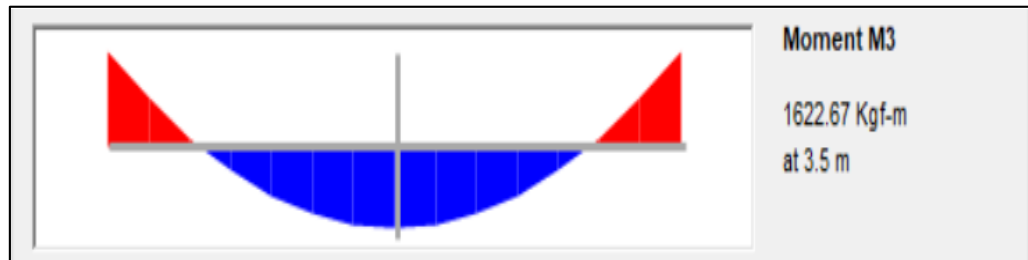
Diagrama de cuerpo libre en las vigas centrales



Nota. Diagrama de cuerpo libre en las vigas centrales 02 y 03. generadas mediante el software SAP2000

Figura 11

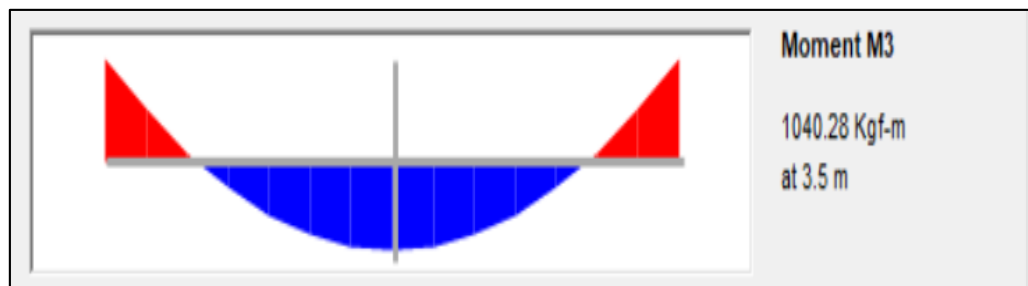
Diagrama de momentos en las vigas laterales



Nota. Momento máximo resultante en las vigas laterales 01 y 04. generadas mediante el software SAP2000.

Figura 12

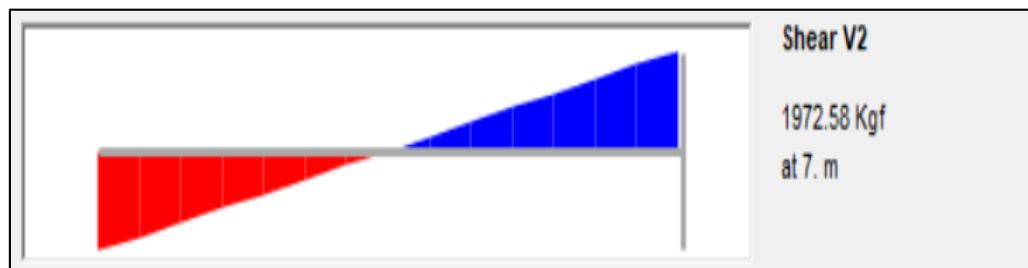
Diagrama de momentos en las vigas centrales



Nota. Momento máximo resultante en las vigas centrales 02 y 03. generadas mediante el software SAP2000.

Figura 13

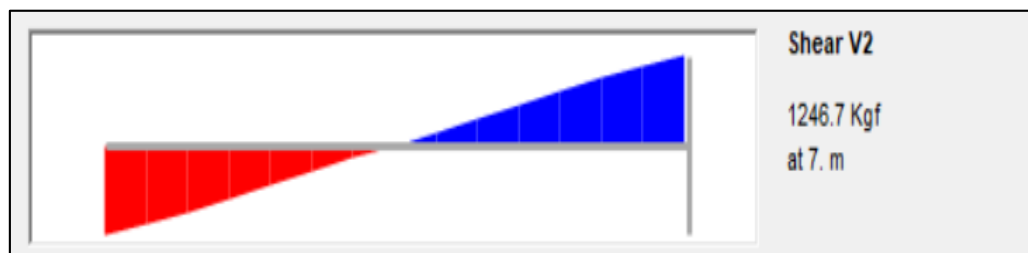
Diagrama de cortes en las vigas laterales



Nota. Corte máximo resultante en las vigas laterales 01 y 04. generadas mediante el software SAP2000.

Figura 14

Diagrama de cortes en las vigas centrales



Nota. Corte máximo resultante en las vigas centrales 02 y 03. generadas mediante el software SAP2000.

Figura 15

Diagrama de deflexiones en las vigas laterales



Nota. Deflexión máxima resultante en las vigas laterales 01 y 04. generadas mediante el software SAP2000

Figura 16

Diagrama de deflexiones en las vigas centrales



Nota. Deflexión máxima resultante en las vigas centrales 02 y 03. generadas mediante el software SAP2000

Verificación según ELU de rotura. Se realizó el análisis con las condiciones establecidas para el estado límite ultimo de rotura según la norma UNE-EN-1995 (Eurocódigo 5), mediante la verificación de las flexiones y cortes en las vigas.

Verificación de la flexión

vigas laterales 01 y 04

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M \cdot \bar{Y}}{I_y} = \frac{1622.67 \text{ kgf} \cdot \text{m} \cdot 0.231 \text{ m}}{0.0073 \text{ m}^4} = 5.135 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M \cdot \bar{Z}}{I_z} = \frac{1622.67 \text{ kgf} \cdot \text{m} \cdot 1.50 \text{ m}}{0.1888 \text{ m}^4} = 1.289 \text{ kgf/cm}^2$$

Se asume que en ambas direcciones la resistencia es la misma

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = (0.9/1.3) \cdot 150 = 103.846 \text{ kgf/cm}^2$$

$$0.0618 \leq 1.00 \dots \text{ok cumple}$$

vigas centrales 02 y 03

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M * \bar{Y}}{I_Y} = \frac{1040.28 \text{ kgf} - m * 0.231 \text{ m}}{0.0073 \text{ m}^4} = 3.292 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M * \bar{Z}}{I_Z} = \frac{1040.28 \text{ kgf} - m * 1.50 \text{ m}}{0.1888 \text{ m}^4} = 0.827 \text{ kgf/cm}^2$$

Se asume que en ambas direcciones la resistencia es la misma

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = (0.9/1.3) * 150 = 103.846 \text{ kgf/cm}^2$$

$$0.0397 \leq 1.00 \dots \text{ok cumple}$$

Verificación del corte

vigas laterales 01 y 04

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

$$\tau = \frac{V * \bar{Q}}{I * b} = \frac{1972.58 \text{ kgf} * 0.027 \text{ m}^3}{0.0097 \text{ m}^5} = 0.549 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{v,d} = (0.9/1.3) * 12 = 8.308 \text{ kgf/cm}^2$$

$$0.549 \text{ kgf/cm}^2 \leq 8.308 \text{ kgf/cm}^2 \dots \text{ok cumple}$$

vigas centrales 02 y 03

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

$$\tau = \frac{V * \bar{Q}}{I * b} = \frac{1246.70 \text{ kgf} * 0.027 \text{ m}^3}{0.0097 \text{ m}^5} = 0.347 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{v,d} = (0.9/1.3) * 12 = 8.308 \text{ kgf/cm}^2$$

$$0.347 \text{ kgf/cm}^2 \leq 8.308 \text{ kgf/cm}^2 \dots \text{ok cumple}$$

Tabla 10

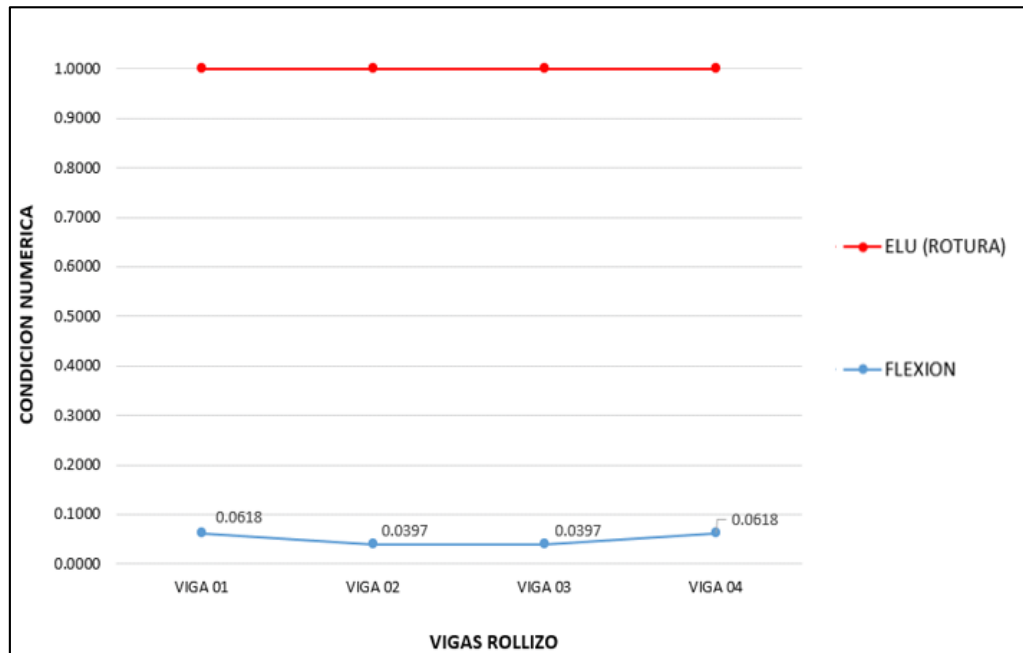
Parámetros de verificación del ELU de rotura

VIGA	FLEXIÓN (adimensional)	CORTANTE (kgf/cm ²)
01	0.0618	0.549
02	0.0397	0.347
03	0.0397	0.347
04	0.0618	0.549

Nota. Se muestran los parámetros de verificación que fueron determinados según la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera, mediante el cual se determinan que las flexiones en valores adimensionales son menores a 1; además que las cortantes son menores a 8.308 kgf/cm²; debiendo resaltar que estas condiciones son los resultados máximos determinados según la evaluación del ELU de rotura.

Figura 17

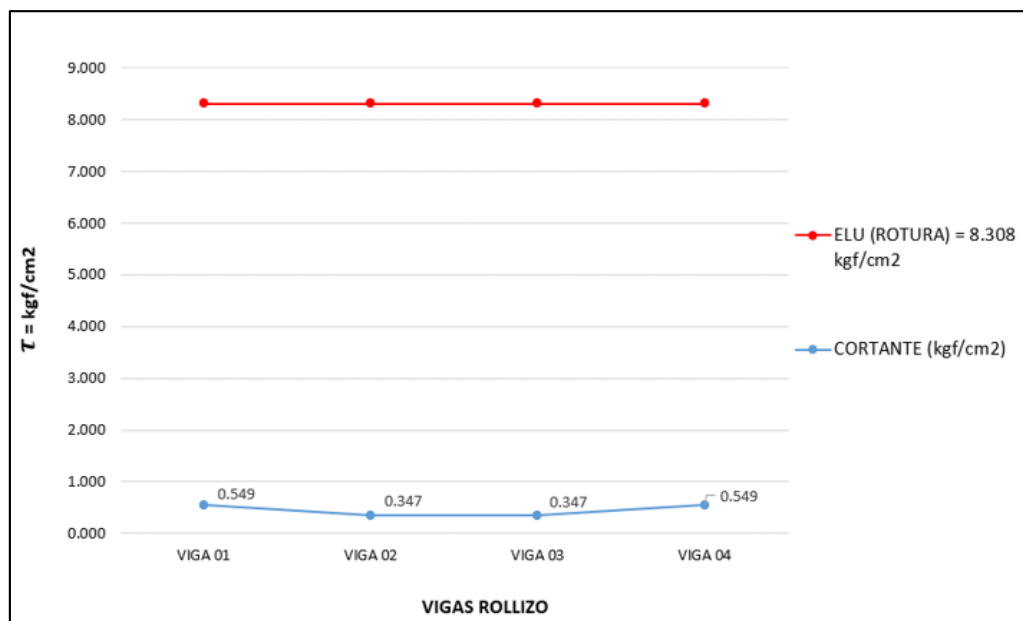
Verificación de las flexiones para el ELU de rotura



Nota. Se muestran en el gráfico de líneas los valores de las flexiones en las vigas rollizo, las cuales están por debajo del mínimo establecido según las condiciones de la norma UNE-EN-1995, referente al EUROCÓDIGO 5 – Proyectos de estructura de madera, con el cual se determina que las flexiones resultantes son menores a 1, según la evaluación del ELU de rotura.

Figura 18

Verificación de las cortantes para el ELU de rotura



Nota. Se muestran en el gráfico de líneas los cortantes en las vigas rollizo, las cuales están por debajo del mínimo establecido según las condiciones de la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera, con el cual se determina que los cortantes resultantes son menores a 8.308 kgf/cm², según la evaluación del ELU de rotura.

Verificación según ELU de fatiga. Se realizó el análisis con las condiciones establecidas para el estado límite último de fatiga según la norma UNE-EN-1995 (Eurocódigo 5), mediante la verificación de las flexiones y cortes de las vigas.

Verificación de la flexión

vigas laterales 01 y 04

$$\sigma_m \leq (f_m = 150.000 \text{ kgf/cm}^2)$$

$$\sigma_m = \frac{M * \bar{Y}}{I} = \frac{1622.67 \text{ kgf} - m * 0.231 \text{ m}}{0.0073 \text{ m}^4} = 5.135 \text{ kgf/cm}^2$$

$$5.135 \text{ kgf/cm}^2 \leq 150.000 \text{ kgf/cm}^2 \text{ ... ok cumple}$$

vigas centrales 02 y 03

$$\sigma_m \leq (f_m = 150.000 \text{ kgf/cm}^2)$$

$$\sigma_m = \frac{M * \bar{Y}}{I} = \frac{1040.28 \text{ kgf} - m * 0.231 \text{ m}}{0.0073 \text{ m}^4} = 3.292 \text{ kgf/cm}^2$$

$$3.292 \text{ kgf/cm}^2 \leq 150.000 \text{ kgf/cm}^2 \text{ ... ok cumple}$$

Verificación del corte

vigas laterales 01 y 04

$$\tau \leq (f_v = 12.000 \text{ kgf/cm}^2)$$

$$\tau = \frac{V * \bar{Q}}{I * b} = \frac{1972.58 \text{ kgf} * 0.027 \text{ m}^3}{0.0097 \text{ m}^5} = 0.549 \text{ kgf/cm}^2$$

$$0.549 \text{ kgf/cm}^2 \leq 12 \text{ kgf/cm}^2 \text{ ... ok cumple}$$

vigas centrales 02 y 03

$$\tau \leq (f_v = 12.000 \text{ kgf/cm}^2)$$

$$\tau = \frac{V * \bar{Q}}{I * b} = \frac{1246.70 \text{ kgf} * 0.027 \text{ m}^3}{0.0097 \text{ m}^5} = 0.347 \text{ kgf/cm}^2$$

$$0.347 \text{ kgf/cm}^2 \leq 12 \text{ kgf/cm}^2 \text{ ... ok cumple}$$

Tabla 11

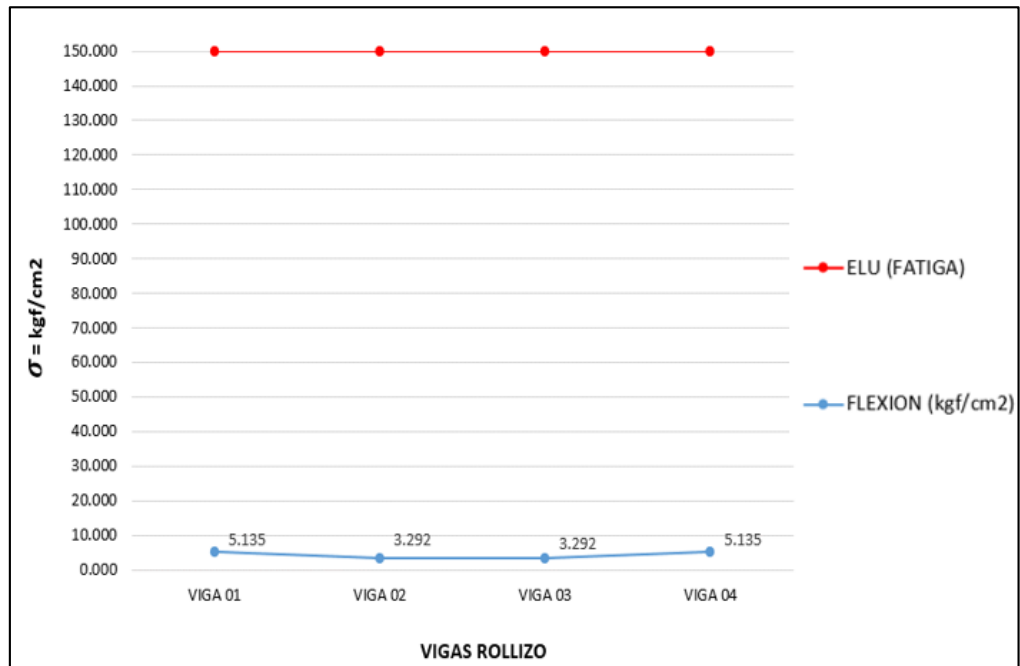
Parámetros de verificación del ELU de fatiga

VIGA	FLEXIÓN (kgf/cm ²)	CORTANTE (kgf/cm ²)
01	5.135	0.549
02	3.292	0.347
03	3.292	0.347
04	5.135	0.549

Nota. Se muestran los parámetros de verificación que fueron determinados según la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera, mediante el cual se determinan que los esfuerzos de flexión son menores a 150 kgf/cm²; además que los esfuerzos cortantes son menores a 12 kgf/cm²; debiendo resaltar que estas condiciones son los resultados máximos determinados según la evaluación del ELU de fatiga.

Figura 19

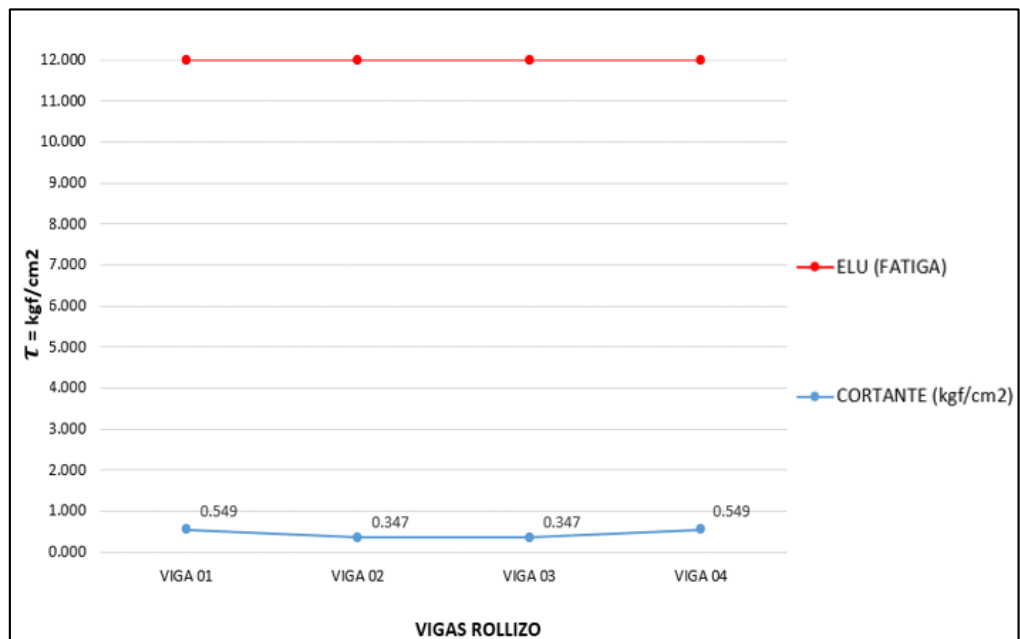
Verificación de los esfuerzos de flexión para el ELU de fatiga



Nota. Se muestran en el gráfico de líneas los esfuerzos de flexión en las vigas rollizo, las cuales están por debajo del mínimo establecido según las condiciones de la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera, con el cual se determina que los esfuerzos de flexión resultantes son menores a 150 kgf/cm², según la evaluación del ELU de fatiga.

Figura 20

Verificación de esfuerzos cortantes para el ELU de fatiga



Nota. Se muestran en el gráfico de líneas los esfuerzos cortantes en las vigas rollizo, los cuales están por debajo del mínimo establecido según las condiciones de la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera, con el cual se determina que los esfuerzos cortantes resultantes son menores a 12 kgf/cm², según la evaluación del ELU de fatiga.

Verificación según ELS. Se realizó el análisis con las condiciones establecidas para el estado límite de servicio según la norma UNE-EN-1995 (Eurocódigo 5), mediante la verificación de las deflexiones de las vigas.

Verificación de la deflexión

vigas laterales 01 y 04

$$\Delta_{PL} \leq (\Delta = 7000 \text{ mm} / 300 = 23.333 \text{ mm})$$

$$\Delta_{PL} = 11.595 \text{ mm} * 1.8$$

$$20.871 \text{ mm} \leq 23.33 \text{ mm} \dots \text{ok cumple}$$

vigas centrales 02 y 03

$$\Delta_{PL} \leq (\Delta = 7000 \text{ mm} / 300 = 23.333 \text{ mm})$$

$$\Delta_{PL} = 7.425 \text{ mm} * 1.8$$

$$13.365 \text{ mm} \leq 23.333 \text{ mm} \dots \text{ok cumple}$$

Tabla 12

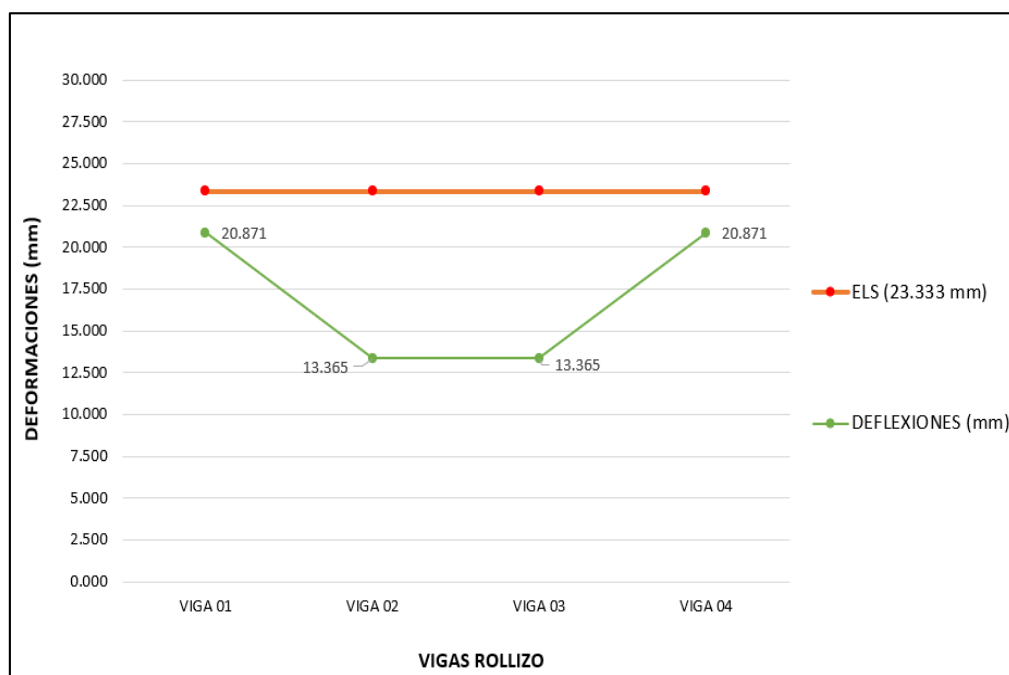
Parámetros de verificación del ELS

VIGA	DEFLEXIÓN (mm)
01	20.871
02	13.365
03	13.365
04	20.871

Nota. Se muestran los parámetros de verificación que fueron determinados según la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera, mediante el cual se determinan que las deflexiones son menores a 23.333 mm; debiendo resaltar que esta condición es el resultado máximo determinado según la evaluación del ELS.

Figura 21

Verificación de las deflexiones para el ELS



Nota. Se muestran en el gráfico de líneas las deflexiones en las vigas rollizo, las cuales están por debajo del mínimo establecido según las condiciones de la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera, con el cual se determina que las deflexiones resultantes son menores a 23.333 mm, según la evaluación del ELS.

4.2. APOORTE PRACTICO

La presente tesis referente a la aplicación de los estados límites para el diseño estructural del tablero tipo viga – losa destinada a una pasarela peatonal, presenta las contribuciones o aportes prácticos que ofrece a la comunidad de Santa Rosa del distrito de Yanajanca en la provincia de Marañón:

- Ofrece un beneficio significativo al proponer un diseño estructural eficiente, sostenible y viable de un tablero de madera capirona, para un puente o pasarela peatona, donde el diseño sostiene el uso de madera de la zona que resultaría económico para su ejecución.
- El diseño técnico del tablero puede ser replicable para cualquier tipo de topografía de la zona, ya que no considera la fundación del puente, como estribos, pilares, entre otros; en todo caso se considera el diseño de tablero en tramos con una luz de 7.00 m, el cual para distancias se

podrían añadir el mismo diseño de tramo ya que tendría los mismos resultados de análisis del tablero independiente.

- El diseño fomenta indirectamente el uso de materiales sostenibles al promover la madera como elemento estructural, que, aunque no se considere en la investigación se asume su bajo impacto ambiental y su capacidad de renovación, alineándose con las tendencias de desarrollo sostenible.

4.3. PRUEBA Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

4.3.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Prueba de normalidad con los datos del ELU de rotura. Se aplica la evaluación de normalidad utilizando los datos referentes a la flexión y corte obtenidos según el ELU de rotura. Para ello se aplica la estadística de Shapiro-Wilk ya que es una muestra pequeña con menos de 50 datos.

Se establecen las hipótesis correspondientes al análisis de normalidad con los valores numéricos referentes a las flexión y corte:

H_0 : Si $p\text{-valor} \geq 0.05$, los valores de flexión y corte tienen una distribución normal

H_a : Si $p\text{-valor} < 0.05$, los valores de flexión y corte No presentan un patrón de distribución normal

Tabla 13

Evaluación de normalidad aplicada a los valores correspondientes al estado límite último de falla

Variable	Shapiro - Wilk			Medidas Resumen de Carácter Descriptivo		
	Estadístico	gl	Sig.	Media	Mediana	Desviación Estándar
FLEXIÓN	0.729	4	0.024	0.508	0.508	0.012759
CORTE	0.729	4	0.024	0.448	0.448	0.116625

Nota. Se observa que los datos presentan simetría, dado que las medias de 0.508 y 0.448 coinciden con sus respectivas medianas; además, la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk arrojó un valor p de 0.024, inferior al nivel de significancia de 0.05 en ambos casos. En consecuencia, se descarta la hipótesis nula " H_0 " y se respalda la hipótesis alternativa " H_a ". Por tanto, la verificación de la hipótesis específica " H_1 " se llevará a cabo mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon para una sola muestra, ya que los datos no siguen una distribución normal.

Prueba de normalidad con los datos del ELU de fatiga. Se ejecuta el análisis de normalidad de datos con los esfuerzos de flexión y esfuerzos cortantes obtenidos según el ELU de fatiga. Para ello se aplica la estadística de Shapiro-Wilk ya que es una muestra pequeña con menos de 50 datos.

Se formulan las hipótesis correspondientes al análisis de normalidad con los σ y τ :

H_0 : Cuando el valor p es mayor o igual a 0.05, se asume que los σ y τ presentan una distribución normal.

H_a : Si el valor p resulta inferior a 0.05, se concluye que los σ y τ no se ajustan a una distribución normal.

Tabla 14

Evaluación de normalidad aplicada a los datos correspondientes al estado límite último por fatiga

Variable	Shapiro - Wilk			Estadísticos Descriptivos		
	Estadístico	gl	Sig.	Media	Mediana	Desviación Estándar
ESFUERZOS DE FLEXIÓN	0.729	4	0.024	4.214	4.214	1.064057
ESFUERZOS CORTANTES	0.729	4	0.024	0.448	0.448	0.116625

Nota. Se observa que los datos son simétricos ya que la medias de 4.214 y 0.448 son iguales a sus medianas; además la evaluación de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk arrojó un valor p de 0.024, inferior al umbral de significancia de 0.05 en ambos casos; en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula " H_0 " y se acepta la hipótesis alternativa " H_a ". Por ello, la verificación de la hipótesis específica " H_2 " se efectuará mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon para una sola muestra para datos que no tienen una distribución normal.

Prueba de normalidad con los datos del ELS. Se realiza la prueba de normalidad de datos con las deflexiones obtenidas según el ELS. Para ello se aplica la estadística de Shapiro-Wilk ya que es una muestra pequeña con menos de 50 datos.

Se establecen las hipótesis correspondientes al análisis de normalidad con las Δ :

H₀: Cuando el valor p es igual o superior a 0.05, se considera que las Δ presentan una distribución normal.

H_a: Si el valor p es menor a 0.05, se interpreta que las Δ no siguen una distribución normal.

Tabla 15

Análisis de normalidad aplicado a los valores asociados al estado límite de servicio

Variable	Shapiro - Wilk			Estadísticos Descriptivos		
	Estadístico	gl	Sig.	Media	Mediana	Desviación Estándar
DEFLEXIÓN	0.729	4	0.024	17.118	17.118	4.333591

Nota. Se observa que existe simetría en los datos debido a que la media de 21.330 coincide con su mediana; adicionalmente, la evaluación mediante la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk nos muestra un p-valor igual a 0.024 que es menor al nivel de significancia de 0.05; por lo tanto, se rechaza “H₀” y se acepta la “H_a”. Se concluye que la contrastación de la hipótesis específica “H₃” se realizará mediante la prueba No paramétrica de Wilcoxon de una muestra para datos que no tienen una distribución normal

4.3.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis Específica H₁. Se aplica la prueba de Wilcoxon para una sola muestra con el fin de verificar la Hipótesis Específica H₁:

Procedimiento:

η : valor central de los valores de flexión y corte.

Planteo de Hipótesis.

H₀: Mediante los parámetros de flexión y corte según la norma UNE-EN-1995, No se puede realizar la verificación del ELU de rotura con el propósito de desarrollar el diseño estructural de un tablero de madera de tipo viga – losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.

$$\eta_{\text{FLEXIÓN}} \geq 1.00 \quad \vee \quad \eta_{\text{CORTE}} \geq 8.308$$

H₂: Mediante los parámetros de flexión y corte según la norma UNE-EN-1995, Si se puede realizar la verificación del ELU de rotura orientado al diseño estructural de un tablero de madera con

configuración viga – losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.

$$\eta_{\text{FLEXIÓN}} < 1.00 \quad \wedge \quad \eta_{\text{CORTE}} < 8.308$$

Ensayo:

Cuando el valor p es igual o mayor a 0.05, se procede a aceptar la hipótesis nula H_0 .

Si el valor p resulta inferior a 0.05, se descarta la hipótesis nula H_0 .

Tabla 16

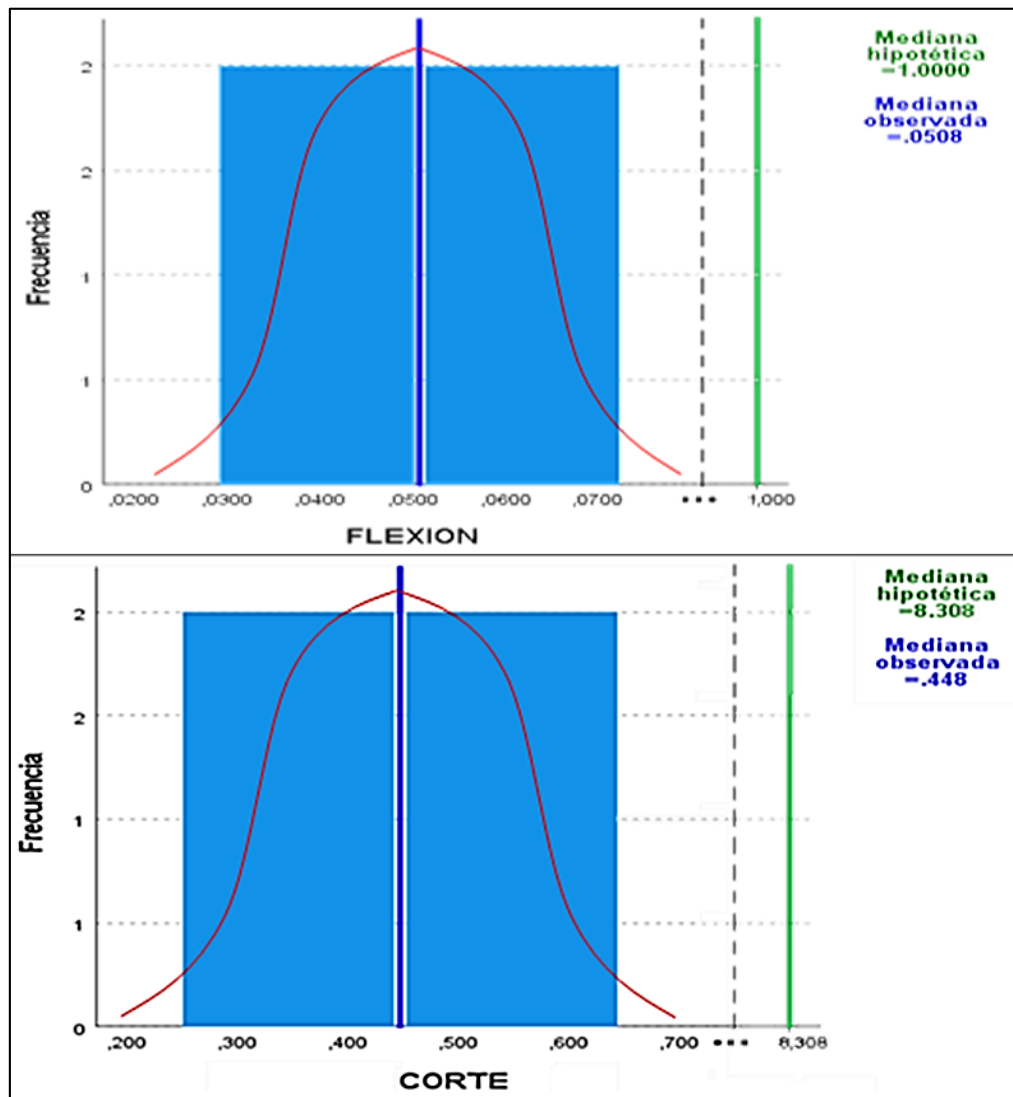
Aplicación de la prueba de Wilcoxon para una muestra con el objetivo de validar la hipótesis H_1

Hipótesis H_0	N	p-valor	Estadísticos de Wilcoxon	Mediana
La mediana de las	4	0.0063	0.000	0.508
La mediana de los	4	0.0063	0.000	0.448

Nota. Se observa que la mediana de las flexiones y cortantes son menores que las condiciones hipotéticas de 1.00 y 8.308 respectivamente, los cuales son valores determinados según la verificación del ELU de rotura de la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera; y que además ambos presentan un p-valor igual a 0.0063, el cual es menor al nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula “ H_0 ” y se acepta la hipótesis específica “ H_1 ”, la cual define que mediante los parámetros de verificación determinados con el Eurocódigo 5, si se puede realizar la evaluación del tablero de madera de la pasarela peatonal cumpliendo con las condiciones óptimas de diseño según el ELU de rotura del tablero.

Figura 22

Aplicación de la prueba de Wilcoxon con una muestra para contrastar la hipótesis H1



Nota. Según la prueba de Wilcoxon se observa gráficamente que las medianas observadas de 0.508 y 0.448 son menores a sus medianas hipotéticas de 1.00 y 8.308 respectivamente; y que además además, mediante la representación gráfica, se evidencia que la distribución de frecuencias de los datos refleja rangos ubicados muy por debajo de los valores de verificación que fueron determinados por la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera. En consecuencia, se concluye con un nivel de confianza del 95 % que, si se puede realizar la evaluación del tablero de madera de la pasarela peatonal según las condiciones de diseño óptimos mediante la verificación del ELU de rotura.

Hipótesis Especifica H2. Se lleva a cabo la prueba de Wilcoxon para una sola muestra con el propósito de analizar la Hipótesis Específica H2:

Técnica empleada:

η : valor medio de los σ y τ .

Planteo de Hipótesis.

H₀: Mediante los parámetros de flexión y corte según la norma UNE-EN-1995, No se puede realizar la verificación del ELU de fatiga dirigido al diseño estructural de un tablero de madera con tipología viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.

$$\eta_{\sigma} \geq 150 \quad \vee \quad \eta_{\tau} \geq 12$$

H₁: Mediante los parámetros de flexión y corte según la norma UNE-EN-1995, Si se puede realizar la verificación del ELU de fatiga orientado al desarrollo estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.

$$\eta_{\sigma} < 150 \quad \wedge \quad \eta_{\tau} < 12$$

Ensayo:

Cuando el valor p es igual o superior a 0.05, se acepta la hipótesis nula H₀

Si el valor p es menor a 0.05, se procede a rechazar la hipótesis nula H₀

Tabla 17

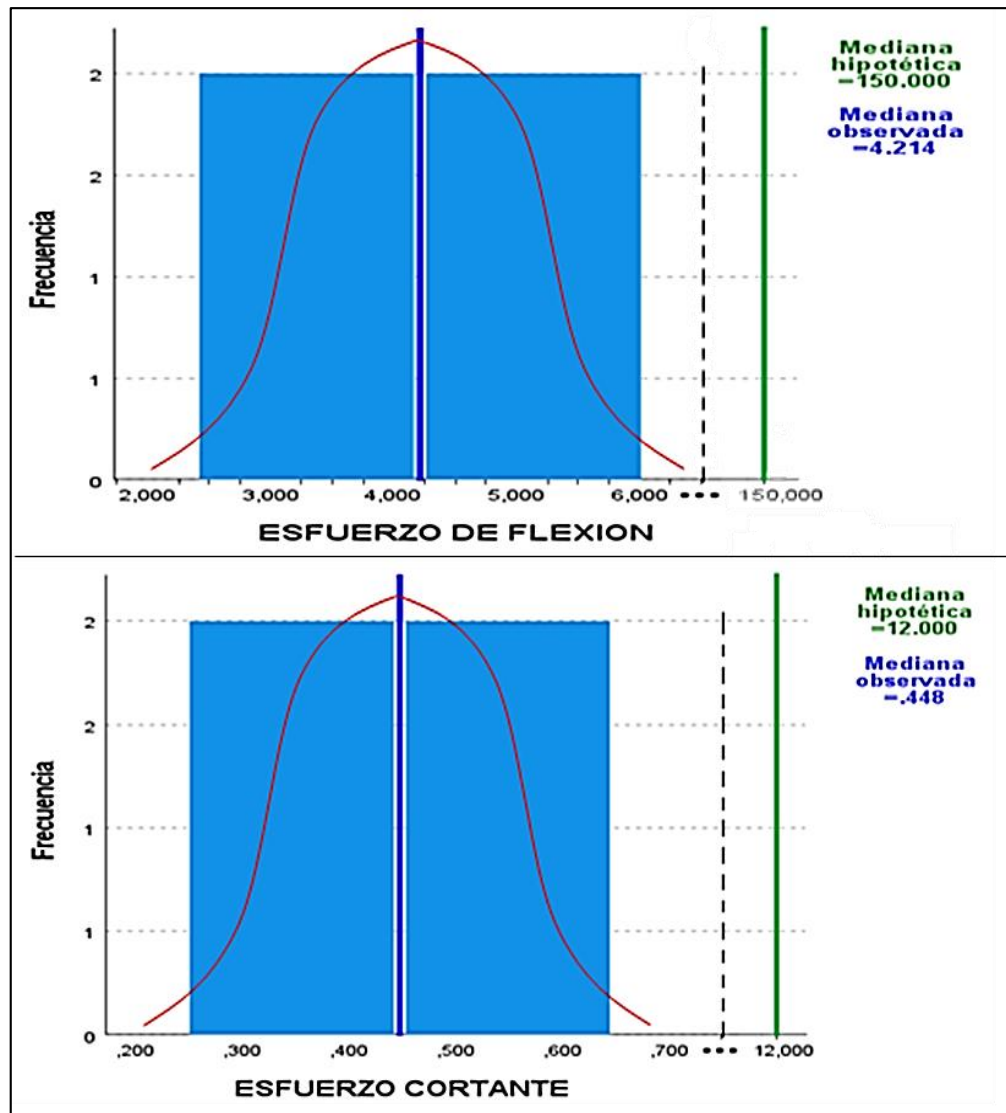
Aplicación de la prueba de Wilcoxon para una muestra orientada a validar la hipótesis H₂

Hipótesis H ₀	N	p-valor	Estadísticos de Wilcoxon	Mediana
La mediana de los σ	4	0.0063	0.000	4.214
La mediana de los τ	4	0.0063	0.000	0.448

Nota. Se observa que la mediana de los σ y de los τ son menores que las condiciones hipotéticas de 150 y 12 respectivamente, los cuales son valores que fueron determinados según la verificación del ELU de fatiga de la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera; y que además ambos presentan un p-valor igual a 0.0063, el cual es menor al nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula “H₀” y se acepta la hipótesis específica “H₂”, la cual define que mediante los parámetros de verificación determinados con el Eurocódigo 5, si se puede realizar la evaluación del tablero de madera de la pasarela peatonal cumpliendo con las condiciones óptimas de diseño según el ELU de fatiga del tablero.

Figura 23

Ejecuta la prueba de Wilcoxon para una sola muestra con el fin de evaluar la hipótesis H_2



Nota. Según la prueba de Wilcoxon se observa gráficamente que las medianas observadas de 4.214 y 0.448 son menores a sus medianas hipotéticas de 150 y 12 respectivamente; y que además también se aprecia visualmente que la distribución de frecuencias de los datos revela rangos ubicados muy por debajo de los valores de verificación que fueron determinados por la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera. En consecuencia, se establece con un nivel de confianza del 95 % que, si se puede realizar la evaluación del tablero de madera de la pasarela peatonal según las condiciones de diseño óptimos mediante la verificación del ELU de fatiga.

Hipótesis Específica H3. Se lleva a cabo la prueba de Wilcoxon para una muestra con el propósito de examinar la Hipótesis Específica H3:

Procedimiento:

η : valor central de las Δ .

Planteo de Hipótesis.

H_0 : Mediante los parámetros de deflexión según la norma UNE-EN-1995, No se puede realizar la verificación del ELS con el objetivo de desarrollar el diseño estructural de un tablero de madera con configuración viga – losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.

$$\eta \geq 23.33$$

H_3 : Mediante los parámetros de deflexión según la norma UNE-EN-1995, No se puede realizar la verificación del ELS en función del diseño estructural del tablero de madera de tipo viga – losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.

$$\eta < 23.33$$

Ensayo:

Si el valor p es igual o superior a 0.05, se acepta la hipótesis nula
 H_0

Cuando el valor p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula
 H_0

Tabla 18

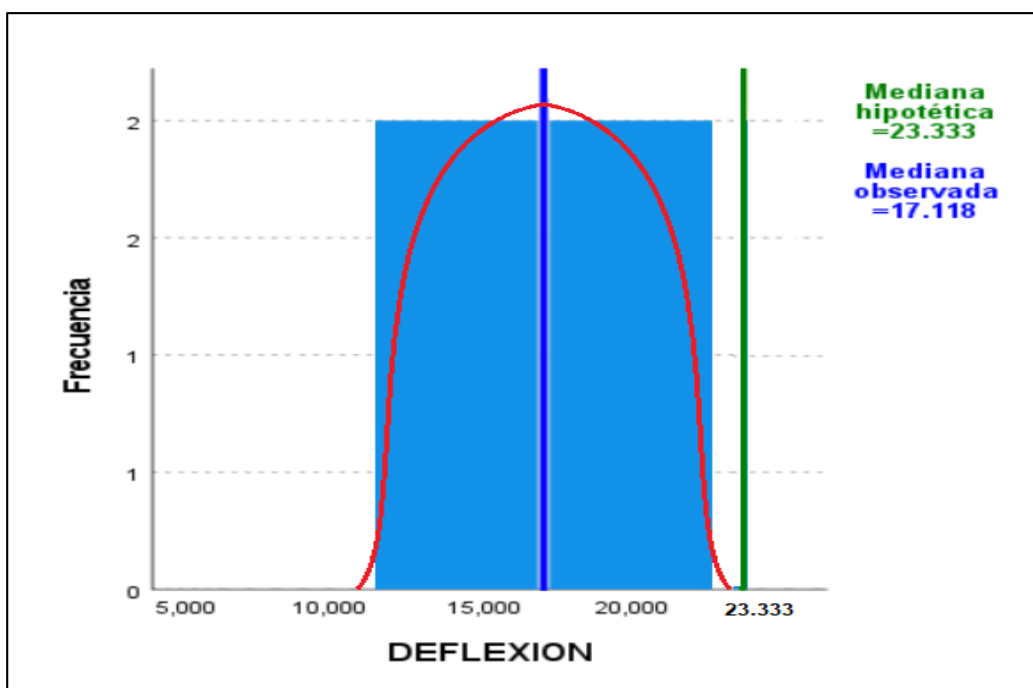
Aplicación de la prueba de Wilcoxon con una muestra para comprobar la hipótesis H3

Hipótesis H0	N	p-valor	Estadísticos de Wilcoxon	Mediana
La mediana de las Δ	4	0.0063	0.000	17.118

Nota. Se observa que la mediana de las Δ es menor que la condición hipotética de 23.333, el cual es un valor que fue determinado según la verificación del ELS de la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera; y que además presenta un p-valor igual a 0.0063, el cual es menor al nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula “H0” y se acepta la hipótesis específica “H3”, la cual define que mediante los parámetros de verificación determinados con el Eurocódigo 5, si se puede realizar la evaluación del tablero de madera de la pasarela peatonal cumpliendo con las condiciones óptimas de diseño según el ELS del tablero.

Figura 24

Ejecución de la prueba de Wilcoxon para una sola muestra correspondiente a la hipótesis H3



Nota. Conforme a los resultados de la prueba de Wilcoxon, se visualiza en el gráfico que la mediana obtenida, de valor 17.118, es inferior a la mediana hipotética de 23.333; asimismo, se evidencia gráficamente que la distribución de frecuencias de los datos se concentra dentro de un intervalo ubicado por debajo del valor de verificación que fue determinado por la norma UNE-EN-1995, referente al Eurocódigo 5 – Proyectos de estructura de madera. En consecuencia, se sostiene con un nivel de confianza del 95 % que se puede realizar la evaluación del tablero de madera de la pasarela peatonal según las condiciones de diseño óptimos mediante la verificación del ELS.

Hipótesis General. Habiendo realizado la evaluación y validación de las hipótesis específicas, por consiguiente, la hipótesis general se cumple, siendo válida la afirmación de la Hipótesis:

H_G: Mediante el análisis estructural y la verificación de la norma UNE-EN-1995, Si se puede aplicar los estados condiciones límite aplicadas al diseño estructural del tablero de madera con tipología viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Farro y Senador (2024) en su investigación: Análisis técnico – económico del diseño de la superestructura del puente Tocras, entre vigas de concreto armado versus vigas compuestas; realizaron un comparativo técnico entre las vigas de concreto armado de la superestructura, 02 vigas laterales y 01 viga central; en donde determinaron que las vigas laterales soportan cargas iguales que a su vez son mayores a la que soporta la viga central. Mientras que en el diseño de la presente investigación se realizó un análisis comparativo de 04 vigas rollizos de madera, 02 vigas laterales y 02 vigas centrales, en donde se observa que las vigas centrales soportan cargas iguales, y a su vez mayores a la que soportan las vigas laterales, concluyendo que la mayor carga recae en el área central del tablero de la pasarela peatonal.

García (2024) en su investigación: Optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán – Huánuco; realizó la optimización del diseño del puente carrozable de 12 metros de longitud; en donde presenta el diseño de las losas central y borde de un puente de 12 m luz con 8.8 m de ancho. Mientras que en la presente investigación se realizó el diseño del tablero con una luz de 7.00 m y un ancho de 3.00 m; en donde presenta el diseño de 04 vigas rollizo de 14" de diámetro y tableros de 2" x 8" x 3.00 m; concluyendo que se tiene un diseño optimizado después de realizar el análisis estructural.

López (2024) en su investigación: Diseño de puente vehicular Caserío La Peña Paraje Tuichul, San Miguel Ixtahuacán, departamento de San Marcos; realizó el diseño de un puente vehicular de 50 metros de longitud con 08 metros de ancho; en donde presenta un diseño que satisface el análisis estructural al dividir la luz del puente en tres tramos iguales. Mientras que en

el diseño de la presente investigación muestra un solo tramo del tablero, el cual es analizado independientemente ya que no se considera la fundación, concluyendo que dicho tramo de tablero podría fácilmente replicarse a varios tramos, ya que se considera un tablero apoyado, podría ser continuo.

Sabino (2023) en su investigación: Mejora del comportamiento estructural con el diseño de un puente viga losa en el distrito de Santa María del Valle – Huánuco; realizó el diseño de un puente viga losa de 17 m de luz con 7.50 m de ancho; en donde presenta el análisis estructural mediante el software Csi Bridge, el cual demuestra la influenciada del peralte de las vigas para el soporte de las cargas que actúan en la losa. Mientras que en el diseño de la presente investigación de manera similar se muestra en el análisis estructural asistido por el software SAP2000 del tablero de un puente o pasarela peatonal de madera; en donde se demuestra la influencia del diámetro de las vigas rollizos de madera capirona, concluyendo que las vigas brindan el soporte ante las cargas que actúan en la losa.

Suzuki (2023) en su investigación: Diseño de puente Huaroc mediante el manual de puentes del MTC y el método AASHTO – LRFD, Centro Poblado Blanco – Sayan – Huaura; realizó el diseño de un puente mixto de 27 metros de longitud; en donde expone el desarrollo estructural de la superestructura de un puente, conformada por una viga de acero y una losa de hormigón armado con sus respectivos diafragmas, el cual satisface su análisis estructural. Mientras que en la presente investigación se realizó el diseño de la superestructura compuesta de una losa y vigas de madera capirona, los cuales satisfacen su análisis estructural aplicando los estados límites.

Rodríguez (2022) en su investigación: Diseño estructural de un puente tipo viga-losa ubicado en el centro poblado de Janca Bajo, Amarilis, Huánuco, realizó el diseño de un puente tipo viga - losa por medio del cálculo estructural tradicional de tensiones admisibles y la aplicación del RNE, todo ello mediante el análisis de flexión, deflexión, y corte, asistidos con el software SAP2000; en donde presenta el proyecto estructural de un puente de concreto armado tipo viga – losa, con una luz de 12 m y un ancho de sección de 7.8 m. Mientras que en el estudio actual se efectuó el diseño del tablero correspondiente a un

puente peatonal de madera tipo viga – losa, el cual presenta resultados favorables al realizarles el análisis de flexión, deflexión, y corte, asistidos con el software SAP2000, con los cuales se sustenta la funcionalidad de la superestructura; concluyendo que la superestructura diseñada es funcional al aplicar los estados límites para su verificación.

Aruhuanca y Rodríguez (2021) en su investigación: Diseño de puente carrozable en la vía Mina Ccapacc Orcoco – C.P. Limbani en la provincia de Sandia; realizaron el diseño de un puente carrozable de 20 m de longitud con 8.8 m de ancho; en donde presenta los diseños de la losa central y la losa de borde demostrando la optimización del diseño y reducción de costos de ejecución y mantenimiento. Mientras la presente investigación se realizó el diseño del tablero de un puente peatonal tipo viga – losa de madera capirona, en donde de manera similar, aunque no se incluya un análisis de costo beneficio, presentaría una optimización en cuanto a la reducción de costos de ejecución y mantenimiento, ya que el tablero propuesto es una estructura netamente de madera.

Mena (2021) en su investigación: Calculo y diseño de un puente mixto carrozable, sobre el rio Chicaña ubicado en el barrio San Vicente de Caney, Provincia de Zamora Chinchipe; realizó el diseño de un puente mixto de 40 m. de luz, con una losa de concreto apoyada sobre vigas tipo L de acero; en dónde presento el diseño de la superestructura del puente el cual distribuye las cargas de la losa de concreto hacia las vigas metálicas, satisfaciendo la funcionabilidad de la estructura mixta. Mientras que en la presente investigación se realizó el diseño del tablero de un puente peatonal de madera, el cual de igual forma distribuye las cargas de la losa de madera hacia las vigas de madera, satisfaciendo de la misma manera la funcionalidad de la estructura de madera.

Junco y Zambrano (2020) en su investigación: Propuesta de diseño de puente peatonal sobre la av. Boyacá con calle 12B; realizaron el análisis de flexión, corte y deflexión asistidos por el software SAP2000; en donde presentan un diseño que define que la losa del tablero transmite las cargas hacia las vigas transversales. Mientras que la presente investigación se define

que las cargas de la losa del tablero son transmitidas a las 04 vigas longitudinales, en donde la distribución de las cargas se mantiene según las condiciones límite asociadas a la falla estructural, la fatiga y el comportamiento en servicio.

CONCLUSIONES

- ✓ Se concluye que se logra verificar el ELU de rotura con el fin de elaborar el diseño estructural del tablero de madera con configuración viga – losa destinada a una pasarela peatonal, ya que se cumple que los parámetros máximos de verificación de la flexión y corte obtenidos del tablero (0.0618 y 0.549 kgf/cm² respectivamente), son menores que los parámetros condicionales de flexión y corte (1.00 y 8.308 kgf/cm² respectivamente) obtenidos según la norma UNE-EN-1995 (Eurocódigo 5)
- ✓ Se concluye que se logra verificar el ELU de fatiga orientado al diseño estructural del tablero de madera de tipo viga – losa destinada a una pasarela peatonal, ya que se cumple que los parámetros máximos de verificación de la flexión y corte obtenidos del tablero (5.135 kgf/cm² y 0.549 kgf/cm² respectivamente), son menores que los parámetros condicionales de flexión y corte (150 kgf/cm² y 12 kgf/cm² respectivamente) obtenidos según la norma UNE-EN-1995 (Eurocódigo 5)
- ✓ Se concluye que se logra verificar el ELS en función del desarrollo estructural del tablero de madera tipo viga – losa destinada a una pasarela peatonal, ya que se cumple que el parámetro máximo de verificación de la deflexión obtenido del tablero (20.871 mm), es menor que el parámetro condicional de deflexión (23.33 mm) obtenido según la norma UNE-EN-1995 (Eurocódigo 5)
- ✓ Se concluye que se logra aplicar los estados límites para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga – losa destinada a una pasarela peatonal, ya que se cumple las condiciones de verificación del ELU de rotura, del ELU de fatiga, y del ELS según la norma UNE-EN-1995 (Eurocódigo 5)
- ✓ Se determina que la propuesta estructural del tablero tipo viga – losa destinada a una pasarela peatonal, puede soportar mayores cargas con las dimensiones propuestas del tablero (viga y losa), ya que según la evaluación del ELU de fatiga queda demostrado el soporte de la

resistencia de hasta un poco más de 29 veces el esfuerzo de flexión máximo (de 5.135 kgf/cm² a 150 kgf/cm²), y de hasta un poco más de 21 veces el esfuerzo cortante máximo (de 0.549 kgf/cm² a 12 kgf/cm²).

- ✓ Se establece como conclusión que la solución de diseño estructural del tablero tipo viga – losa destinada a una pasarela peatonal, puede soportar mayores deformaciones con las dimensiones propuestas del tablero (viga y losa), ya que según la evaluación del ELS queda demostrado el soporte de la deformación vertical máxima de hasta un poco más del 11 % de incremento (de 20.871 mm a 23.33 mm).
- ✓ Se concluye que el puente de camino de madera capirón cumple técnicamente con las condiciones planteadas, siendo viable su aplicación y construcción en tramos que no superen los 7.00 m, sin importar la fundación de este, ya que el presente estudio no evalúa la fundación, el cual puede ser evaluado independientemente según cada necesidad

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar el estudio de factibilidad económica para obtener el costo-beneficio de la aplicación de la alternativa de diseño de la pasarela peatonal de madera capirona, en comparación con el costo beneficio de estructuras similares de concreto, concreto armado, entre otros tipos.
- ✓ Realizar el estudio de impacto ambiental para obtener una mejor alternativa de la aplicación de la pasarela peatonal de madera capirona en cuanto al impacto negativo, ya que la investigación actual no considera este hecho, el cual podría ser una inconveniente al momento de una posible construcción de la pasarela peatonal.
- ✓ Realizar la aplicación de la metodología de la investigación en cuanto al estudio de diseño para otras pasarelas peatonales en la misma zona, ya sea en condiciones similares o condiciones diversas para así evaluar la factibilidad en toda la zona.
- ✓ Implementar un estudio de tránsito vehicular, ya que el diseño de la pasarela peatonal de madera capirona solo considera cargas de la estructura y carga vivas incluido vehículos de categoría L (motocicletas), sin consideras en el diseño vehículos de categoría M.
- ✓ Buscar financiamiento para cambiar la condición de diseño de la investigación, y poder realizar la ejecución de pasarela peatonal de madera capirona, y de esa manera contrastar los resultados admisibles de flexión, corte y deflexión, así como los resultados en condiciones de estados límites.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO LRFD (2010). Bridge design specifications (6ta edición). Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Ampuero, E. (2012). Consideraciones estructurales en el análisis y diseño de puentes colgantes [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Perú:
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/1289>
- Arias, J. (2021). Diseño y metodología de la investigación (1ra edición). Enfoques Consulting EIRL.
- Aruhuanca, E. y Rodríguez, E. (2021). Diseño de puente carrozable en la vía Mina Ccapacc Orcco – C.P. Limbani en la provincia de Sandia [Tesis de grado, Universidad de Privada de Trujillo]. Perú:
<https://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/676>
- ASTM International (2013). A796/A796M-13a: Standard practice for structural design of corrugated steel pipe, pipe-arches, and arches for storm and sanitary sewers and other buried applications. Pennsylvania.
- Baño, V. et al (2016). Evaluación experimental y numérica de paneles de madera contra laminada producidos con madera de pino proveniente de Aclareos en Uruguay. Instituto de Viena – Austria.
- Baño, V. y Moya, L. (2015). Pliego de condiciones técnicas para la madera estructural en la edificación en Uruguay. Instituto de Estructuras y Transporte de Uruguay.
- Bernasconi, M. (2013). Puentes de madera en caminos de bajo volumen de tránsito. Asociación de Ingenieros de Uruguay.
- Campanelli et al (2017). Construcción del puente autoportante de Da Vinci. Sao Paulo - Brasil.
- Cárcamo, J. (2006). Diseño y construcción de un tablero de madera postensada con losa de ferrocemento para su uso en puentes menores [Tesis de grado, Universidad Austral de Chile].

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcic265d/sources/bmfcic265d.pdf>

Cagno, M. et al (2015). Documentos técnicos para la normalización de estructuras y construcción con madera. Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay.

Carchi, A. y Orellana, P. (2015). Análisis dinámico de vibraciones bajo cargas peatonales para una pasarela en base de modelos matemáticos [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. Ecuador: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/bc8ed43e-7749-4b97-b7c5-21d04ee5f6a4>

Ccaso, N. (2017). Evaluación analítica de vibraciones en puentes peatonales debido a carga peatonal, caso puentes de la Panamericana Norte km 19 + 000 – km 25 + 500 [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Perú: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/19976>

Dieste A. (2012). Programa de promoción de exportaciones de productos de madera. Ministerio de Industrias, Energía y Minería de Uruguay.

Espinoza, R. (2018). Diseño del puente para trocha carrozable mejorando el tránsito del centro poblado de Vichón provincia Huari, Ancash [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Perú: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34800>

Farro, A. y Senador, E. (2024). Análisis técnico – económico del diseño de la superestructura del puente Tocras, entre vigas de concreto armado versus vigas compuestas [Tesis de grado, Universidad de Piura]. Perú: <https://gestionrepo.udep.edu.pe/items/e1520fc2-c7f9-426e-9c00-7374f55ef209>

García, F. (2024). Optimización del diseño del puente carrozable para mejorar el comportamiento estructural en el distrito de San Francisco de Cayrán – Huánuco [Tesis de grado, Universidad de Huánuco]. Perú: <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/5505?show=full>

- Giuliano, M. et al (2011). Manual de diseño, construcción, mantención y monitoreo de tableros de madera tensado. Departamento de Ingeniería de la Universidad de Concepción.
- Hernández Sampieri et al (2014). Metodología de la Investigación (6ta edición). Mc Graw Hill – México.
- Junco, W. y Zambrano, N. (2020). Propuesta de diseño de puente peatonal sobre la av. Boyacá con calle 12B [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/438a414a-282c-40fe-bc14-49d55587dbbf>
- López, E. (2024). Diseño de puente vehicular caserío La Peña Paraje Tuichul, San Miguel Ixtahuacán, departamento de San Marcos [Tesis de grado, Universidad de San Carlos]. Guatemala: <https://cusam.edu.gt/wp-content/uploads/2024/10/IC-15-LMEL-Lopez-Mazariegos-Eida-Ligia-.pdf>
- Mena, E. (2021). Calculo y diseño de un puente mixto carrozable, sobre el rio Chicaña ubicado en el barrio San Vicente de Caney, provincia de Zamora Chinchipe [Tesis de grado, Universidad Católica de Cuenca]. Ecuador: <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/96370e00-7ab6-4a6a-a5f8-d040068da982>
- MTC (2016). Manual de diseño de puentes. Dirección general de caminos y ferrocarriles de Perú.
- MTC (2018). Manual de carreteras: Diseño geométrico. Dirección general de caminos y ferrocarriles de Perú.
- MTC (2008). Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Dirección general de caminos y ferrocarriles de Perú.
- Peralta, F. (2018). Diseño estructural de puentes peatonales sobre la autopista Pimentel – Chiclayo [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán]. Perú: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/4570>
- Popovic, L. et al (2014). Reciprocal frame (RF) Optimized timbertruss structoure. Royal danish academy of fine arts school of architecture.

- Raddatz, D. (2006). Diseño de un puente continuo de dos tramos de tablero de madera post – tensado [Tesis de grado, Universidad Austral de Chile].
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcir125i/doc/bmfcir125i.pdf>
- RNE (2016). E.010: Madera. Grupo editorial Megabite de Perú.
- Ramos, J. (2016). Manual de diseño de puentes. Perú: Editorial Macro E.I.R.L.
- Raustentrauch, K. et al (2010). La primera madera-hormigón puente de carretera compuesto en Alemania. Asociación de Productos de Ingeniería de Madera.
- Rodríguez, C. (2023). Diseño estructural de un puente tipo viga-losa ubicado en el centro poblado de Janca Bajo, Amarilis - Huánuco [Tesis de grado, Universidad de Huánuco]. Perú:
<https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/4867?show=full>
- Rodríguez, M. (2017). Diseño de un puente tipo losa y un puente viga losa hasta 20m de luz, en el distrito de Chilca [Tesis de grado, Universidad Continental]. Perú: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/5486>
- Sabino, F. (2023). Mejora del comportamiento estructural con el diseño de un puente viga losa en el distrito de Santa María del Valle – Huánuco [Tesis de grado, Universidad de Huánuco]. Perú:
<https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/5292?show=full>
- Seminario, E. (2004). Guía para el diseño de puentes con viga y losas [Tesis de grado, Universidad de Piura] Perú: https://www.academia.edu/download/42684079/tesis_de_puentes.pdf
- Susuki, A. (2023). Diseño de puente Huaroc mediante el manual de puentes del MTC y el método AASHTO – LRFD, Centro Poblado Blanco – Sayan – Huaura [Tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Perú:
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/10177>
- Tapias, J. y Pinzón, A. (2014). Pre diseño para un modelo de puente peatonal en intersecciones viales aplicadas a calzadas en alto flujo Vehicular [Tesis de postgrado, Escuela de Ingenieros Militares]. Bogotá:

<https://repository.umng.edu.co/items/fb07de6e-9103-4b57-9272-5b9b863eb82c>

UNE-EN-338 (2016). Madera estructural. Asociación española de normalización y certificación de Madrid.

UNE-EN-1990 (2019). Eurocódigo 0 – Bases de cálculo de estructuras y Aplicación a puentes. Asociación española de normalización y certificación de Madrid.

UNE-EN-1995 (1997). Eurocódigo 5 – Proyecto de estructuras de madera. Asociación española de normalización y certificación de Madrid.

.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Alejo Quispe, L. (2025). *Aplicación de los estados limites para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y Muestra
<u>Problema General</u>	<u>Objetivo General</u>	<u>Hipótesis General</u>			
✓ ¿De qué manera aplicar los estados límites para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Maraón 2024?	✓ Aplicar los estados límites para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Maraón 2024.	✓ Mediante el análisis estructural y la verificación de la norma UNE-EN-1995, Si se puede aplicar los estados límites para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Maraón 2024.	<u>Variable 01</u> Aplicación de los estados límites	<u>Enfoque</u> Cuantitativo	<u>Población</u> Pasarela peatonal en la quebrada Primavera de Santa Rosa en el distrito de Yanajanca.
<u>Problemas Específicos</u>	<u>Objetivos Específicos</u>	<u>Hipótesis Específicas</u>			
✓ ¿De qué manera verificar el ELU de rotura para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Maraón 2024?	✓ Verificar el ELU de rotura para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Maraón 2024.	✓ Mediante los parámetros de flexión y corte según la norma UNE-EN-1995, Si se puede realizar la verificación del ELU de rotura para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Maraón 2024.	<u>Variable 02</u> Diseño estructural del tablero de madera tipo viga – losa	<u>Alcance</u> Descriptivo	<u>Muestra</u> Tablero de madera tipo viga-losa para la pasarela peatonal en la quebrada Primavera de Santa Rosa en el distrito de Yanajanca.
✓ ¿De qué manera verificar el ELU de fatiga para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga -	✓ Verificar el ELU de fatiga para el diseño estructural del	✓ Mediante los parámetros de flexión y corte según la norma UNE-EN-1995, Si se puede realizar la verificación del ELU		<u>Diseño</u> No experimental	

losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024?	tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.	de fatiga para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024
✓ ¿De qué manera verificar el ELS para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024?	✓ Verificar el ELS para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024	✓ Mediante los parámetros de deflexión según la norma UNE-EN-1995, Si se puede realizar la verificación del ELS para el diseño estructural del tablero de madera tipo viga - losa destinada a una pasarela peatonal, en Santa Rosa, Yanajanca, Marañón 2024.

dsfsdf

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1519-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 10 de julio de 2024

Visto, el Oficio N° 1064-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 496712-0000006418, del Bach. **Luis Alberto ALEJO QUISPE**, quien solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 496712-0000006418, presentado por el (la) Bach. **Luis Alberto ALEJO QUISPE**, quien solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), y;

Que, con Resolución N° 2350-2023-D-FI-UDH, de fecha 09 de octubre de 2023, en la cual se designa como Asesor de Tesis del Bach. **Luis Alberto ALEJO QUISPE** al Mg. Charly Fernando Rodríguez Ponce, quien no tiene vínculo laboral con esta universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **DEJAR SIN EFECTO**, la Resolución N° 2350-2023-D-FI-UDH, de fecha 09 de octubre de 2023.

Artículo Segundo.- **DESIGNAR**, como nuevo Asesor de Tesis del Bach. **Luis Alberto ALEJO QUISPE** al Mg. Reynaldo Favio Suarez Landauro, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Tercero. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:
Fac. de Ingeniería - PAIC- Asesor- Mat. y Reg.Acad. - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nto

ANEXO 3

RESOLUCIÓN DE JURADOS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1164-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 21 de mayo de 2024

Visto, el Oficio N° 826-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "APLICACIÓN DE LOS ESTADOS LIMITES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TABLERO DE MADERA TIPO VIGA-LOSA DESTINADA A UNA PASARELA PEATONAL, EN SANTA ROSA, YANAJANCA, MARAÑÓN 2023", presentado por el (la) Bach. **Luis Alberto ALEJO QUISPE**.

CONSIDERANDO:

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

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

Que, mediante Resolución N° 2350-2023-D-FI-UDH, de fecha 09 de octubre de 2023, perteneciente al Bach. **Luis Alberto ALEJO QUISPE** se le designó como ASESOR(A) al Mg. Charly Fernando Rodríguez Ponce, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 826-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "APLICACIÓN DE LOS ESTADOS LIMITES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TABLERO DE MADERA TIPO VIGA-LOSA DESTINADA A UNA PASARELA PEATONAL, EN SANTA ROSA, YANAJANCA, MARAÑÓN 2023", presentado por el (la) Bach. **Luis Alberto ALEJO QUISPE**, integrado por los siguientes docentes: Dr. Johnny Prudencio Jacha Rojas (Presidente), Mg. Jose Wicley Tuanama Lavi (Secretario) y Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

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

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "APLICACIÓN DE LOS ESTADOS LIMITES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TABLERO DE MADERA TIPO VIGA-LOSA DESTINADA A UNA PASARELA PEATONAL, EN SANTA ROSA, YANAJANCA, MARAÑÓN 2023", presentado por el (la) Bach. **Luis Alberto ALEJO QUISPE** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

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

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Johana Munoz Lozano
SECRETARIA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Bertha Campos Rios
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PASC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/ata.

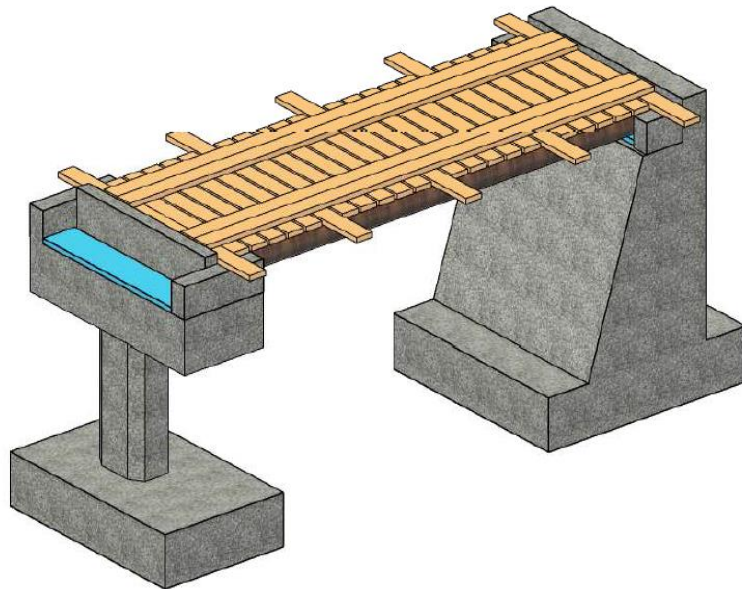
ANEXO 4
MEMORIA DE CALCULO DE LA SUPERESTRUCTURA

MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LA SUPERESTRUCTURA

(Pasarela Peatonal de Madera Isostático Tipo
Viga-Losa)

PROYECTO DE TESIS:

“APLICACIÓN DE LOS ESTADOS LIMITES PARA EL
DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TABLERO DE MADERA TIPO
VIGA-LOSA DESTINADA A UNA PASARELA PEATONAL,
EN SANTA ROSA, YANAJANCA, MARAÑÓN 2024.”



2024

1.- INTRODUCCIÓN

La presente memoria de cálculo tiene como finalidad de dar justificación estructural a la superestructura de una pasarela peatonal de madera isostático tipo viga-losa de longitud igual a 7 m, para el Proyecto de Tesis: “APLICACIÓN DE LOS ESTADOS LIMITES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TABLERO DE MADERA TIPO VIGA-LOSA DESTINADA A UNA PASARELA PEATONAL, EN SANTA ROSA, YANAJANCA, MARAÑÓN 2024.”

Así mismo, en esta memoria de cálculo estructural se presentan todos los procedimientos realizados para el análisis y diseño estructural del tablero descrito líneas arriba.

2.- DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

2.1.- UBICACIÓN DEL PROYECTO

La pasarela peatonal de madera tipo viga-losa se encuentra ubicado bajo las siguientes especificaciones:

Región	:	Huánuco
Provincia	:	Marañón
Distrito	:	Santa Rosa de Alto Yanajanca

2.2.- GALIBO

La distancia libre vertical que se tiene entre la parte inferior de la superestructura y el nivel de aguas máxima extraordinarias (NAME) del “rio”, es superior a 1.50 m para el caso de cuando el rio no arrastra palizadas y de 2.50 m para la situación de que arrastre palizadas de acuerdo al Manual de puentes del MTC.

2.3.- DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREVIO A UN PREDIMENSIONAMIENTO

De acuerdo al Manual de puentes edición 2018 del MTC, la estructura es considerado como puente y no pontón, debido a que presenta una luz libre mayor que 6.00 m.

Según la naturaleza de la vía soportada, la estructura atiende a ser un puente para camino de tercer orden con eventualidad de cruce peatonal.

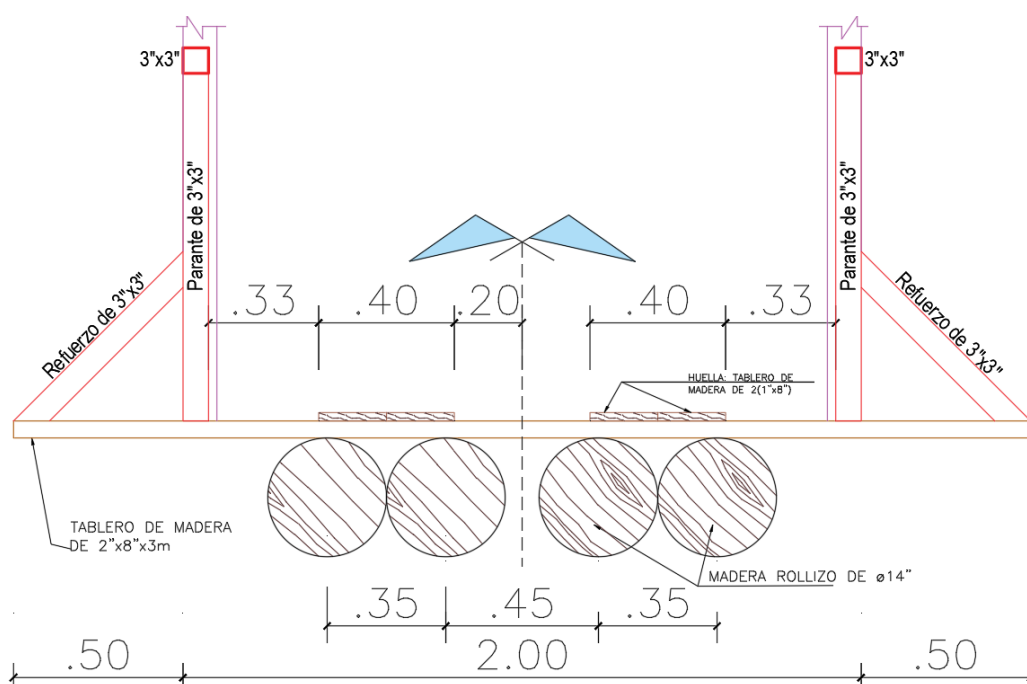
La geometría en planta de la pasarela peatonal es recta. Además, de acuerdo al tiempo de vida previsto, el puente es considerado definitivo con mantenimiento y verificación periódica limitada a un tiempo no mayor de cada 3 a 4 años por ser de madera.

2.3.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERESTRUCTURA

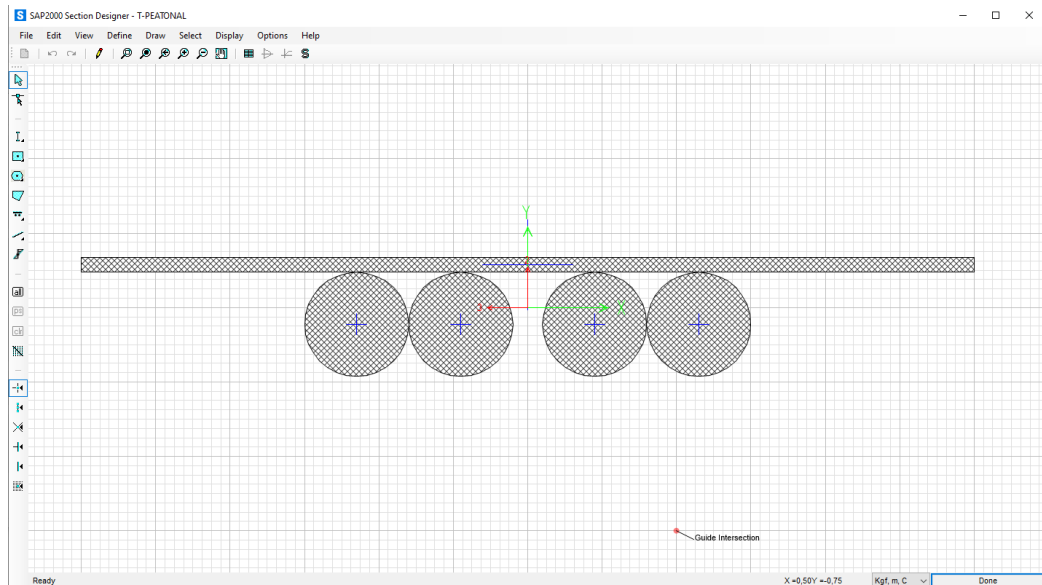
La súper-estructura del puente presenta la siguiente descripción:

Tipo del tablero	:	Viga-Losa
Tipo de material en general	:	Madera
Tipo de material de la viga	:	Madera Capirona
Tipo de material de la losa	:	Entablado de madera Capirona

Al presentar un vano isostático el tramo del puente, las condiciones de apoyo son las de un puente simplemente apoyado, es decir, apoyo fijo en un extremo y en el otro apoyo móvil. Así mismo, la longitud del tablero es igual a 7 metros.



Sección transversal del tablero viga-losa de madera



Definición de la sección transversal en SAP2000 V23.3.1

3.- BASES DE CALCULO

3.1.- NORMA DE REFERENCIA

En la realización de la presente documentación se ha consultado y/o utilizado las siguientes normativas y manuales.

- ✚ Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E) – Normas Técnicas de edificación (N.T.E)
 - _ NTE E.010 “MADERA”
 - _ NTE E.020 “CARGAS”
- ✚ Manual de Puentes del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, versión 2018
- ✚ Eurocodigo 5 “PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE MADERA” del 2016.
- ✚ Eurocodigo 0 “BASES DE CÁLCULO DE ESTRUCTURAS” del 2019.

3.2.- PROGRAMA DE COMPUTO UTILIZADO

El programa de cómputo utilizado como recurso para la modelación numérica, es a través del software SAP2000 V23.3.1

Por otra parte, complementariamente se utilizó el software Microsoft Excel 2013 y PTC Mathcad Prime 7.0.0.0 para un manejo general, por ejemplo, el cálculo de las acciones, el dimensionamiento analítico.

3.3.- DETERMINACIÓN DEL GRUPO DE LA MADERA ESTRUCTURAL

La clasificación de la madera estructural utilizada para el ámbito del proyecto se la puede encontrar en el Manual de diseño de maderas del Grupo Andino PADT- REFORT para las especies del Perú y en la Norma E.010.

GRUPO	NOMBRE
A	AZÚCAR HUAYO
	ESTORAQUE
	HUACAPU
	PUMAQUIRO
	ETC
B	AGUANO MASHA
	ANA CASPI
	CACHIMBO COLORADO
	CAPIRONA
	HUAYRURO
	MANCHINGA
C	BOLAINA BLANCA
	COPAIBA
	DIABLO FUERTE
	TORNILLO
	UTUCURO
	YACUSHAPANA
	ETC

Lista de especies agrupadas – Anexo 3 E.010-2006

Para el ámbito del proyecto, la madera estructural que se utilizará es la “CAPIRONA”, el cual pertenece al grupo B.

3.4.- DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

3.4.1.- TABLERO

La viga y losa de madera, estarán conformadas por la madera estructural “Capirona”, el cual pertenece al “grupo B” (Calidad intermedia) de acuerdo al RNE E.010 “Madera”.

Grupo	Esfuerzos admisibles MPa (Kgf/cm ²)*						
	Densidad Básica	Módulo de elasticidad*	En Flexión	En Tracción paralela a la fibra	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Corte paralelo
	g/cm ³	MPa(Kgf/cm ²)	f _m	f _t	f _c //	f _m ⊥	f _v
B	0.07	7355(75000)	14.7(150)	10.3(105)	10.8(110)	2.7(28)	1.2(12)
NOTA. — El módulo de elasticidad (E) es aplicable para elementos en flexión, tracción o compresión en la dirección paralela a las fibras. — Para los esfuerzos admisibles en compresión deberán considerarse adicionalmente los efectos de pandeo. — *Estos valores son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca. — Esfuerzos Admisibles. - Son los esfuerzos de diseño del material para cargas de servicio, definidos para los grupos estructurales.							

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA “CAPIRONA”

El peso específico del material según el RNE- E.020 para la madera estructural del grupo “B” es de 1000 kgf/m³.

DESCRIPCIÓN	Peso Unitario
	kN/m ³ (Kgf/m ³)
CONIFERAS	7.5 (750)
GRUPO A	11.0 (1100)
GRUPO B	10.0 (1000)
GRUPO C	9.0 (900)

Pesos unitarios de la Madera – Anexo 1 E.020-2006

Definición del peso específico, módulo de elasticidad y coeficiente de expansión térmica mecánicas de la madera Capirona en Sap2000 V23.3.1

3.5.- DEFINICIÓN DE LAS ACCIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL TABLERO

Las acciones que se definieron en el presente apartado, se basaron en base a las consideraciones necesarias que estipula el Manual de Puentes del M.T.C con respecto al APÉNDICE P -PUENTES PEATONALES (LRFD GUIDE SPECIFICATIONS FOR DESIGN OF PEDESTRIAN BRIDGES 2009)

3.5.1.- ACCIÓN PERMANENTE

A.- PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA: (DC)

El presente valor, es definido por el propio programa de cómputo utilizado como recurso para la modelación numérica.

B.- CARGAS MUERTAS: (DW)

Para el caso de la presente pasarela, se ha considerado tener encuentra como elemento no estructural a los tablonces longitudinales contralaminados a los tablonces transversales. Por otra parte, también se ha considerado los pesos que puedan generar las barandas no estructurales y la cubierta de madera.

Cada huella (línea del tablón longitudinal) genera una carga muerta uniformemente distribuida por metro lineal, de:

$$DW = 0.025\text{m} * 1000\text{kgf/m}^3 = 25 \text{ kgf/m}^2$$

$$DW = 2 \text{ veces} * 25 \text{ kgf/m}^2 * 0.40\text{m} = 20 \text{ kgf/m}$$

En lo que respecta a las barandas laterales (elemento no estructural), se ha considerado una carga muerta uniformemente distribuida por metro lineal, de:

$$DW = 0.075\text{m} * 1100\text{kgf/m}^3 = 82.5 \text{ kgf/m}^2$$

$$DW = 1.05(2 \text{ veces} * 82.5 \text{ kgf/m}^2 * 1.10\text{m}) = 181.5 \text{ kgf/m}$$

La cubierta de madera, el peso de carga muerta que se transmite por pórtico es:

$$DW_{p-i} = 2 * 66.26\text{kgf} = 132.52\text{kgf} * 1.05 = 139.146\text{kgf}$$

$$DW_{p-c} = 2 * 119.45\text{kgf} = 238.90\text{kgf} * 1.10 = 262.790\text{kgf}$$

$$DW_{p-f} = 2 * 67.39\text{kgf} = 134.78\text{kgf} * 1.05 = 141.519\text{kgf}$$

3.5.2.- ACCIÓN VARIABLE

A.- CARGAS VIVAS DE VEHÍCULOS

La pasarela peatonal del presente proyecto, no contempla la disposición para el uso de vehículos de emergencia o de mantenimiento

B.- CARGAS VIVAS DEBIDAS AL USO PEATONAL: [PL]

La pasarela peatonal ha sido diseñada para una carga peatonal uniforme de 440kgf/m² (90psf) el cual es modelada para producir los efectos de carga máxima. Así mismo, la carga indica también contempla el tráfico de bicicletas.

Por otra parte, como no hay una guía que estipula el tráfico de motocicleta, se ha considerado en incrementar la carga viva uniformemente hasta un 50% más.

$$PL = 1.5(440\text{kgf/m}^2) = 660\text{kgf/m}^2$$

Para esta situación de carga, no se requiere tener en cuenta la carga de carga dinámica (IM) (Impacto).

C.- CARGAS VIVA DE TECHO: [CVT]

El valor de la carga viva de techo desarrollado sobre la cubierta de madera, es determinada en base a lo estipulado por la norma E.020-2006.

La cubierta de madera, el peso de carga muerta que se transmite por pórtico es:

$$CVT_{p-i} = 2 * 67.75\text{kgf} = 135.50\text{kgf} * 1.05 = 142.275\text{kgf}$$

$$CVT_{p-c} = 2 * 122.13\text{kgf} = 244.26\text{kgf} * 1.10 = 268.686\text{kgf}$$

$$CVT_{p-f} = 2 * 68.90\text{kgf} = 137.80\text{kgf} * 1.05 = 144.690\text{kgf}$$

D.- CARGA DE VIENTO

d.1.- PRESIÓN HORIZONTAL DEL VIENTO

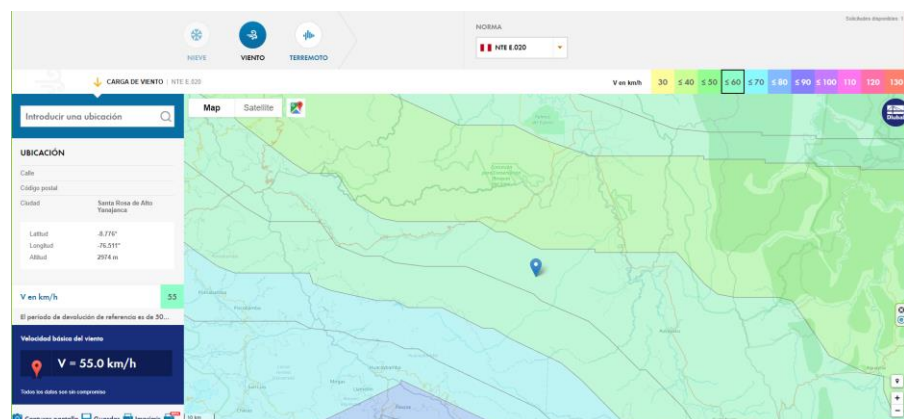
d.1.1 VELOCIDAD DE VIENTO DE DISEÑO A UNA ALTURA, Z

El manual de puentes del MTC, el cual sigue la metodología de la norma AASHTO LRFD, pero con adaptación al ámbito nacional, indica que la velocidad del viento de diseño a la altura de diseño Z por encima de 9.14m, es determinado mediante la siguiente expresión:

$$V_{DZ} = 2.5V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right)$$

Por otra parte, se tiene que la altura de la componente (tablero) del puente es menor a 9.15m sobre la línea del agua, entonces, el valor de la velocidad de viento de diseño para el puente en estudio es de:

$$V_{DZ} = V_B = V_{10} = 160\text{km/h}$$



Velocidad básica del viento según el Mapa Eólico del Perú

d.1.2 PRESIÓN DEL VIENTO SOBRE ESTRUCTURAS: [WS]

Según el Manual de puentes del MTC, la presión del viento de diseño se determina de la siguiente manera en ausencia de datos más precisos:

$$P_D = P_B (V_{DZ}/V_B)^2$$

Asumiendo que $V_B = 160 \text{ km/h}$ y $P_B = 0.0024 \text{ MPa}$ (Presión por barlovento).

$$\text{Por lo tanto: } P_{DB} = 244.121 \text{ kgf/m}^2$$

➤ Fuerza horizontal por metro lineal de barlovento

Para una altura de 0.30 m, que tiene en cuenta el canto de la viga y espesor de la losa, se considera que la fuerza horizontal por metro lineal de barlovento, es:

$$F_{BAR} = P_{DB} * H_{viga,losa} = 73.24 \text{ kgf/m} < 445 \text{ kgf/m} \dots \text{No cumple}$$

$$F_{BAR} = 445 \text{ kgf/m}$$

Siguiendo las indicaciones del AASHTO LRFD y Manual de puentes del MTC, se excluye la fuerza horizontal de sotavento y vertical.

Nota. Para este proyecto no se está considerando el efecto del viento que transmite la cobertura de madera hacia el tablero.

d.1.3 INESTABILIDAD AEROELÁSTICA

Al ser un puente en donde cuya relación “longitud de tramo/ancho” es inferior a 30.0, el tablero del puente se considera estable.

$$7.00/3 = 2.33 \ll 30 \dots \dots \text{No hay inestabilidad aeroelastica}$$

E.- RANGO DE LA COMPONENTE UNIFORME DE TEMPERATURA: [TU]

Con fines de calcular la deformación de origen térmico, se usarán los siguientes valores de la máxima variación de la componente uniforme de temperatura del tablero:

$$\Delta T_1 = 40^\circ\text{C} ; \Delta T_2 = 10^\circ\text{C}$$

La presente acción, viene a ser una solicitud favorable (despreciable) a comparación de las demás debido a que la estructura es isostática.

3.5.3.- CARGAS Y DENOMINACIÓN DE LAS CARGAS

Se considera las siguientes cargas permanentes y transitorias

➤ Cargas Permanentes

- _ DC = carga muerta de Componentes estructurales.
- _ DW = carga muerta de la superficie de rodadura y dispositivos auxiliares.

➤ Cargas Transitorias:

- _ PL = carga viva de peatones. Dentro de esta se incluirá la CVT.
- _ TU = solicitudes por temperatura uniforme.
- _ WS = efecto de viento sobre la estructura.

3.5.4.- COMBINACIONES DE CARGA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL TABLERO EN BASE A LAS TENSIONES ADMISIBLE O SERVICIO

A.- COMBINACIÓN DE CARGA PARA VERIFICAR LA RESISTENCIA DE LA SECCIÓN

COMB1: $DC + DW + PL + TU$

COMB2: $DC + DW + WS + TU$

B.- COMBINACIÓN DE CARGA PARA VERIFICAR LA DEFORMACIÓN DEL PUENTE

SERV1: $DC + DW + PL + 0.3WS + TU$

3.5.5.- FACTORES DE CARGA Y COMBINACIONES DE CARGA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL TABLERO EN BASE A LOS ESTADOS LIMITES DE LA EUROCÓDIGO

A.- FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE LAS ACCIONES

De acuerdo a la UNE-EN 1990, el valor de los factores de simultaneidad está en función de las acciones variables que interactúan en la estructura, y son los siguiente:

TIPO DE ACCIÓN			ψ_0	ψ_1	ψ_2
Carga de trafico	gr1a, cargas verticales	Carga de peatones + bicicletas	0,4	0,4	0
Fuerzas del Viento	"F_{wk}" (Situación de proyecto persistente)		0,6	0,2	0
Acciones térmicas" T_k "			0,6	0,6	0,5

“Factores de simultaneidad ψ para puentes de carretera”.

B.- COEFICIENTE PARCIAL DE SEGURIDAD DE LAS ACCIONES PARA ELU DE ROTURA (STR)

De acuerdo a la normativa UNE – EN 1990, los coeficientes parciales de la acción para el ELU de rotura (SRT), son los siguientes:

Tipo de acción		Efecto favorable		Efecto desfavorable	
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	γ_G	1,00	γ_G	1,35
	Carga muerta	γ_G	1,00	γ_G	1,35
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	γ_Q	0,00	γ_Q	1,35
	Acciones climáticas u otras acciones variables	γ_Q	0,00	γ_Q	1,50

Coeficientes parciales de las acciones para ELU de rotura”.

Con respecto al ELU de rotura, estos coeficientes parciales de la acción, servirán para el cálculo de los:

- **Elementos estructurales (ELU de rotura “SRT”) que no involucre acciones geotécnicas**
- **Elementos estructurales (Zapatas, pilotes, pilas, etc.) (ELU de rotura “SRT”) que involucren acciones geotecnia y la**

resistencia del terreno. Por lo tanto, esto corresponde al enfoque 2 que se presenta en la UNE – EN 1990.

C.- COEFICIENTE PARCIAL DE SEGURIDAD DE LA ACCIÓN PARA EL ELS

Según la recomendación de la UNE-EN 1990, se da por hecho que los valores de los coeficientes parciales de la acción son igual a 1.

Tipo de acción		Efecto favorable		Efecto desfavorable	
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	γ_G	1,00	γ_G	1,00
	Carga muerta	γ_G	1,00	γ_G	1,00
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	γ_Q	0,00	γ_Q	1,00
	Acciones climáticas u otras acciones variables	γ_Q	0,00	γ_Q	1,00

“Coeficientes parciales de las acciones para el ELS”.

D.- COMBINACIÓN DE LAS ACCIONES

En el presente apartado se establecen las combinaciones de acciones a tener en cuenta en el ELU Y ELS.

d.1.- ESTADO LÍMITE ÚLTIMO

Con el estado limite último lo que se busca prevenir situación que pueden llegar a ocasionar el colapso de parcial o total de la estructura.

d.1.1 COMBINACION DE ACCIONES PARA SITUACIÓN PERSISTENTE Y TRANSITORIA (Sin fatiga) (UNE EN 1990)

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Donde:

$\gamma_{G,j} G_{k,j}$: Valor de cálculo de la acción permanente de valor constante.

$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$: Valor de cálculo de la acción variable dominante.

$\psi_{0,i} Q_{k,i}$: Valor de Combinación de las acciones variables concomitantes.

γ_G, γ_Q : Coeficientes parciales de la acción.

3.5.6.-MÉTODO DE DISEÑO SEGÚN RNE E.010 “MADERA” PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL TABLERO

El dimensionamiento de los elementos estructurales se realizará mediante el método tradicional (método de esfuerzos admisibles), el cual sigue la misma metodología que plantea el RNE. E010 “MADERA” debido a que el Manual de puentes del MTC y el AASHTO 2014 o 2017, no presenta una metodología de diseño para los puentes de madera más que la determinación de las acciones para los puentes en general.

$$\sigma_{act} \leq f_{adm}$$

Donde:

- σ_{act} : esfuerzo actuante producido por las acciones.
- f_{adm} : esfuerzo admisible.

3.5.7.-MÉTODO DE DISEÑO SEGÚN EUROCÓDIGO 5 “PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE MADERA” PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL TABLERO

La norma EN 1995-2, describe los principios y requisitos para la seguridad, funcionalidad y durabilidad de los puentes de madera. Así mismo, está basada en el método de diseño por estados limites utilizado junto con el método de los coeficientes parciales.

A.- ESTADO LIMITE ULTIMO

a.1.- CLASES DE DURACIÓN DE LA CARGA

Clases de duración de la carga	Orden de duración acumulada de la carga característica	Ejemplo de cargas
Permanente	Más de 10 años	Peso propio, carga muerta
Larga	6 meses – 10 años	
Media	1 semana – 6 meses	
Corta	Menos de una semana	Tráfico de vehículos y peatones

Instantánea		Viento, sismo, Temperatura
-------------	--	-------------------------------

Clase de duración de las acciones

a.2.- CLASE DE SERVICIO

La asignación del puente a las clases de servicio, es con respecto a la clase 3, el cual corresponde al tipo de construcción de uso al exterior totalmente expuesto.

a.3.- COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD DEL MATERIAL

De acuerdo a la UNE EN 1995-2, el coeficiente parcial del material con respecto a la madera es establecido de la siguiente manera:

Descripción	Coeficiente
1. Madera y productos derivados de la madera	
— Comprobaciones normales de madera maciza.	$\gamma_M=1.3$
— Comprobaciones a fatiga	$\gamma_{M,fat}=1.0$
2. Uniones	
— Comprobaciones normales	$\gamma_M=1.3$
— Comprobación a fatiga	$\gamma_{M,fat}=1.0$

Coeficientes parciales de seguridad de la madera para puentes

Para las combinaciones accidentales, el valor recomendado para el coeficiente parcial es $\gamma_M=1.0$

a.4.- SISTEMA DE CARGA COMPARTIDA

El factor de carga compartida K_{sys} , para este caso de proyecto se tomará igual a 1.00 para así poder estar del lado de la seguridad debido a la ejecución.

a.5.- VALOR DE CÁLCULO DEL MATERIAL

Se debe calcular mediante la siguiente expresión:

$$R_d = K_{mod} \frac{R_K}{\gamma_M}$$

Donde:

R_d : Valor de cálculo de una resistencia (capacidad de carga) del material.

R_K : Valor característico de la capacidad de carga del material.

γ_M : Coeficiente parcial para la propiedad del material.

K_{mod} : Factor de modificación, tiene en cuenta el efecto de la duración de la carga y del contenido de humedad.

a.5.1 CALCULO DEL K_{mod}

Material	Clase de servicio	Clases de duración de la carga				
		Acción permanente	Acción de larga duración	Acción de media duración	Acción de corta duración	Acción instantánea
Madera maciza	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
	3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90

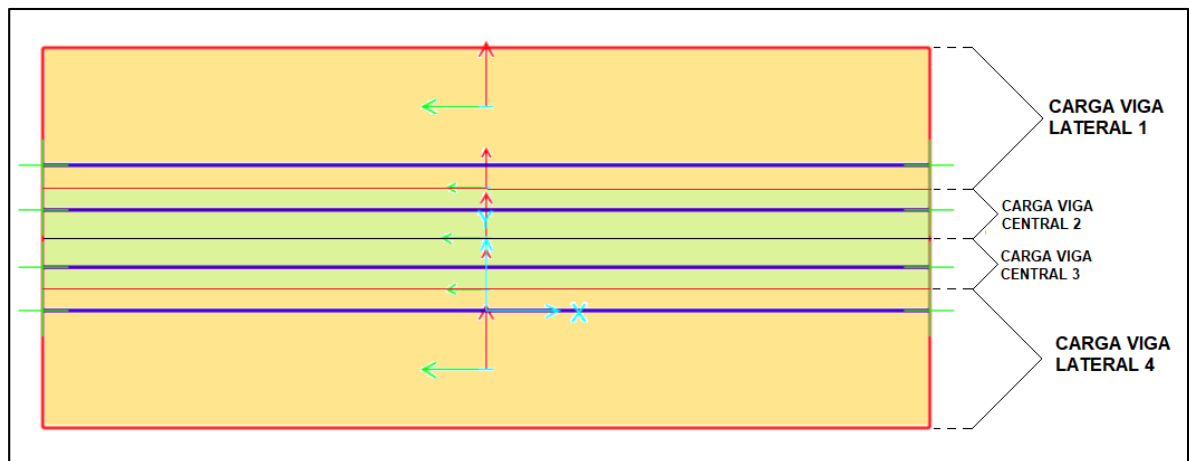
Valores del K_{mod}

En el caso de una combinación de acciones formadas por acciones que pertenecen a diferentes clases de duración de la carga debería tomarse un valor de K_{mod} correspondiente a la acción de más corta duración, es decir el de menos categoría.

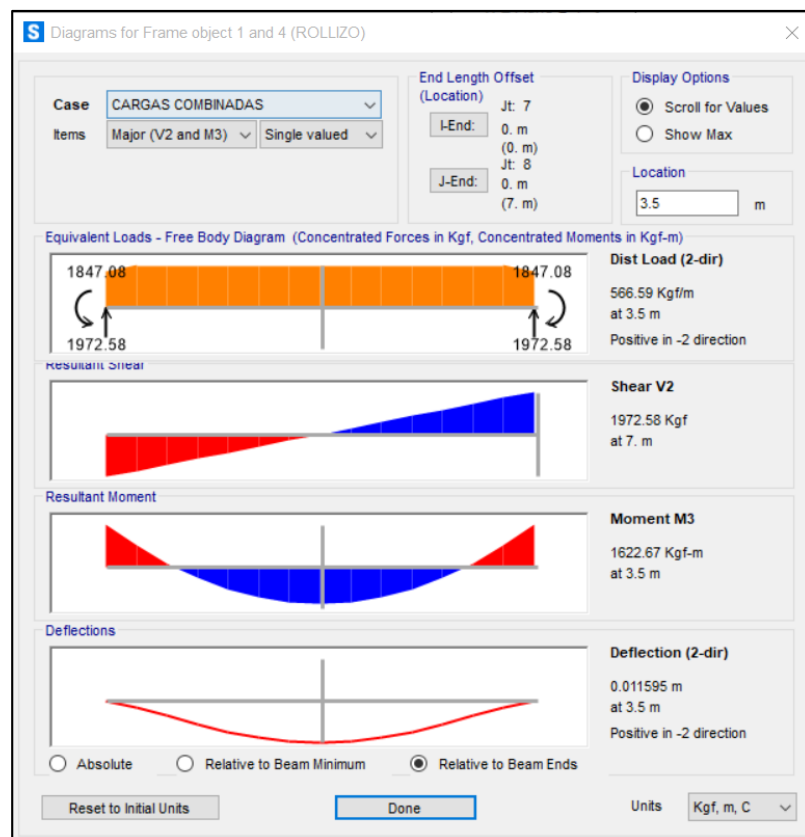
4.- DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

4.1.- DIMENSIONAMIENTO DE LA SUPER-ESTRUCTURA

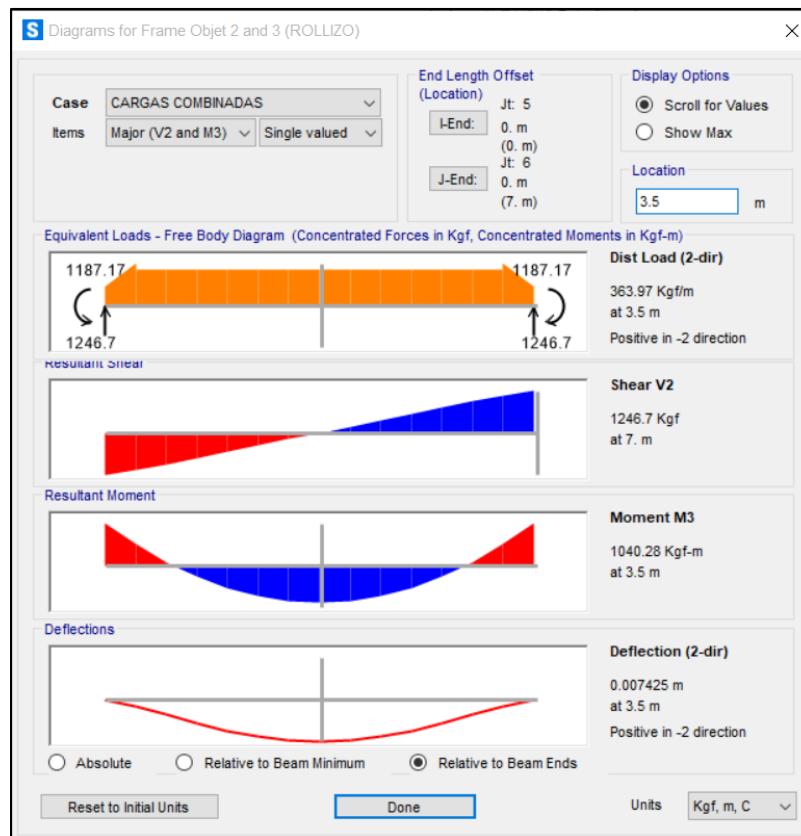
4.1.1.- TENSIONES ADMISIBLES DE LA NORMA E.010



Distribución de vigas y cargas para el tablero. SAP2000



Combinación de carga de Solicitaciones máximas en las vigas laterales. SAP2000



Combinación de carga de Solicitaciones máximas en las vigas centrales SAP2000

A.- VERIFICACIÓN A FLEXIÓN

Los esfuerzos de compresión o de tracción producido por la flexión, deben cumplir lo siguiente:

$$\sigma_m \leq f_m$$

Donde:

f_m : esfuerzo admisible por flexión.

Tal verificación es realizada en el centro de luz del tablero.

$$\sigma_{m_laterales} = \frac{M * \bar{Y}}{I} = \frac{1622.67 \text{ kgf} - \text{m} * 0.231 \text{ m}}{0.0073 \text{ m}^4} = 5.135 \text{ kgf/cm}^2$$

$$5.135 \text{ kgf/cm}^2 \leq 150 \text{ kgf/cm}^2 \dots \text{ok cumple}$$

$$\sigma_{m_centrales} = \frac{M * \bar{Y}}{I} = \frac{1040.28 \text{ kgf} - \text{m} * 0.231 \text{ m}}{0.0073 \text{ m}^4} = 3.292 \text{ kgf/cm}^2$$

$$3.292 \text{ kgf/cm}^2 \leq 150 \text{ kgf/cm}^2 \dots \text{ok cumple}$$

B.- VERIFICACIÓN A CORTE PARALELO A LAS FIBRAS

Los esfuerzos cortantes “” calculados, deben cumplir lo siguiente:

$$\tau \leq f_v$$

Donde:

f_v : Esfuerzo máximo admisible para corte paralelo a las fibras.

Nota.

Sección crítica. - Si el elemento está apoyado en su parte inferior y cargado en su parte superior, excepto cuando se trata de volados, es suficiente verificar la resistencia al corte en secciones ubicadas a una distancia del apoyo igual al peralte.

Tal verificación, es realizada en el punto de apoyo y a una distancia igual a la altura total del tablero.

$$\tau_{\text{laterales}} = \frac{V * \bar{Q}}{I * b} = \frac{1972.58 \text{ kgf} * 0.027 \text{ m}^3}{0.0097 \text{ m}^5} = 0.549 \text{ kgf/cm}^2$$

$$0.549 \text{ kgf/cm}^2 \leq 12 \text{ kgf/cm}^2 \dots \text{ok cumple}$$

$$\tau_{\text{centrales}} = \frac{V * \bar{Q}}{I * b} = \frac{1246.7 \text{ kgf} * 0.027 \text{ m}^3}{0.0097 \text{ m}^5} = 0.347 \text{ kgf/cm}^2$$

$$0.347 \text{ kgf/cm}^2 \leq 12 \text{ kgf/cm}^2 \dots \text{ok cumple}$$

C.- VERIFICACIÓN DE DEFLEXIONES

Las deflexiones deben calcularse para el caso de la combinación de carga permanente y sobrecargas de uso.

En ausencia de algún otro criterio, para las construcciones de madera se pueden considerar el siguiente límite de deflexión para el caso de cuando solo se utilice la Sobrecarga de uso:

$$\Delta \leq [\text{Longitud} / 360 = 19.44 \text{ mm}]$$

Donde:

L: Longitud del tramo

$$\Delta_{\text{PL laterales}} = 11.595 \text{ mm}$$

$$11.595 \text{ mm} \leq 19.44 \text{ mm} \dots \text{ok cumple}$$

$$\Delta_{PL_centrales} = 7.425 \text{ mm}$$

$$7.425 \text{ mm} \leq 19.44 \text{ mm} \dots \text{ok cumple}$$

4.1.2.- ESTADOS LIMITES DE LA EUROCÓDIGO 5

A.- ELU DE ROTURA

a.1.- VERIFICACIÓN A FLEXIÓN

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\sigma_{m,y,d}$ y $\sigma_{m,z,d}$: Valor de cálculo de la tensión de cortante.

$f_{m,y,d}$ y $f_{m,z,d}$: Valores de cálculo de la resistencia a flexión, se asumirá que en ambas direcciones la resistencia de cálculo es la misma: $(0.9/1.3) * 150 = 103.846 \text{ kgf/cm}^2$.

$$\sigma_{m,y,d_laterales} = \frac{M * \bar{Z}}{I_y} = \frac{1622.67 \text{ kgf} - \text{m} * 0.231\text{m}}{0.0073\text{m}^4} = 5.135 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d_laterales} = \frac{M * \bar{Y}}{I_z} = \frac{1622.67 \text{ kgf} - \text{m} * 1.50\text{m}}{0.1888\text{m}^4} = 1.289 \text{ kgf/cm}^2$$

$$0.0618 \leq 1.00 \dots \text{ok cumple}$$

$$\sigma_{m,y,d_centrales} = \frac{M * \bar{Z}}{I_y} = \frac{1040.28 \text{ kgf} - \text{m} * 0.231\text{m}}{0.0073\text{m}^4} = 3.292 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d_centrales} = \frac{M * \bar{Y}}{I_z} = \frac{1040.28 \text{ kgf} - \text{m} * 1.50\text{m}}{0.1888\text{m}^4} = 0.827 \text{ kgf/cm}^2$$

$$0.0397 \leq 1.00 \dots \text{ok cumple}$$

a.2.- VERIFICACIÓN A CORTE

Los esfuerzos cortantes calculados, deben cumplir lo siguiente:

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

Donde:

τ_d : Valor de cálculo de la tensión de cortante.

$f_{v,d}$: Valor de cálculo de la resistencia a cortante para la condición existente.

$$f_{v,d} = \frac{0.9}{1.3} * 12 = 8.308 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{\text{laterales}} = \frac{V * \bar{Q}}{I * b} = \frac{1972.58 \text{ kgf} * 0.027 \text{ m}^3}{0.0097 \text{ m}^5} = 0.549 \text{ kgf/cm}^2$$

$$0.549 \text{ kgf/cm}^2 \leq 8.308 \text{ kgf/cm}^2 \dots \text{ok cumple}$$

$$\tau_{\text{centrales}} = \frac{V * \bar{Q}}{I * b} = \frac{1246.7 \text{ kgf} * 0.027 \text{ m}^3}{0.0097 \text{ m}^5} = 0.347 \text{ kgf/cm}^2$$

$$0.347 \text{ kgf/cm}^2 \leq 8.308 \text{ kgf/cm}^2 \dots \text{ok cumple}$$

BIBLIOGRAFIA

- 1) SENCICO. Reglamento Nacional de edificaciones E.010 "Madera". Lima, 2006
- 2) SENCICO. Reglamento Nacional de edificaciones E.020 "Cargas". Lima, 2006
- 3) Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Manual de puentes. Lima, 2018
- 4) DLUBAL. <https://www.dlubal.com/es/zonas-de-cargas-para-nieve-viento-y-sismos/viento-nte-e-020.html?&marker=-9.1187685718,-75.8407591949#¢er=-9.314380987759495,-74.9919015&zoom=4&marker=-9.1187685718,-75.8407591949>
- 5) Comité Europeo de Normalización. Eurocódigo 0: Bases de cálculo de estructuras. Madrid: AENOR; 2019.
- 6) Comité Europeo de Normalización. Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios. Madrid: AENOR; 2016.
- 7) Comité Europeo de Normalización. Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 2: Puentes. Madrid: AENOR; 2016
- 8) Rodríguez Serquén A. Puentes con AASHTO LRFD 2018 (8th Edition). Perú, 2020

ANEXO 5
PANEL FOTOGRÁFICO



Ingreso de la pasarela peatonal existente en la progresiva 0+040 del tramo delimitado del camino afirmado.



Verificación del apoyo lateral de entrada de la pasarela peatonal existente del tramo delimitado del camino afirmado.



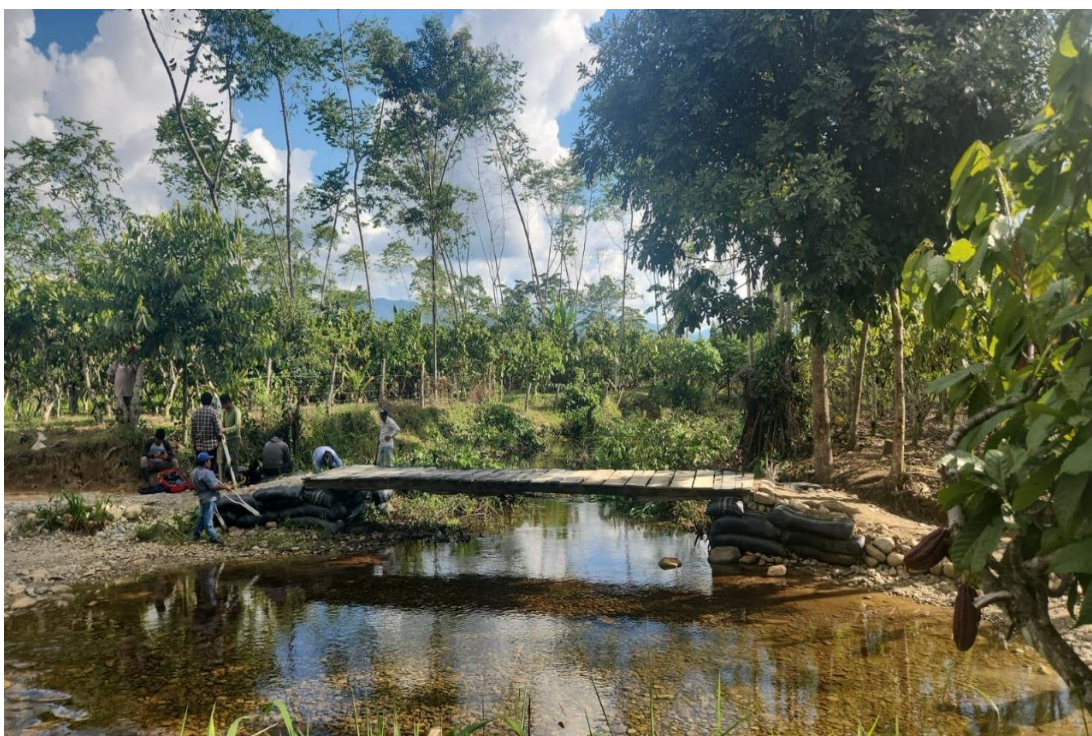
Verificación del cauce del río de la pasarela peatonal existente del tramo delimitado del camino afirmado.



Verificación del apoyo lateral de salida de la pasarela peatonal existente del tramo delimitado del camino afirmado.



Salida de la pasarela peatonal existente en el tramo delimitado del camino afirmado.

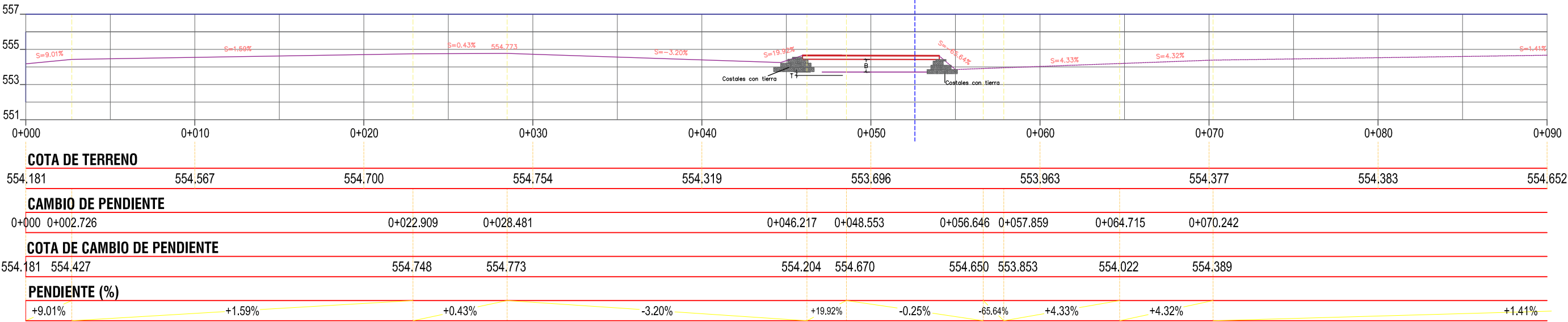


Vista longitudinal de la pasarela peatonal existente en el tramo delimitado del camino afirmado.

ANEXO 6

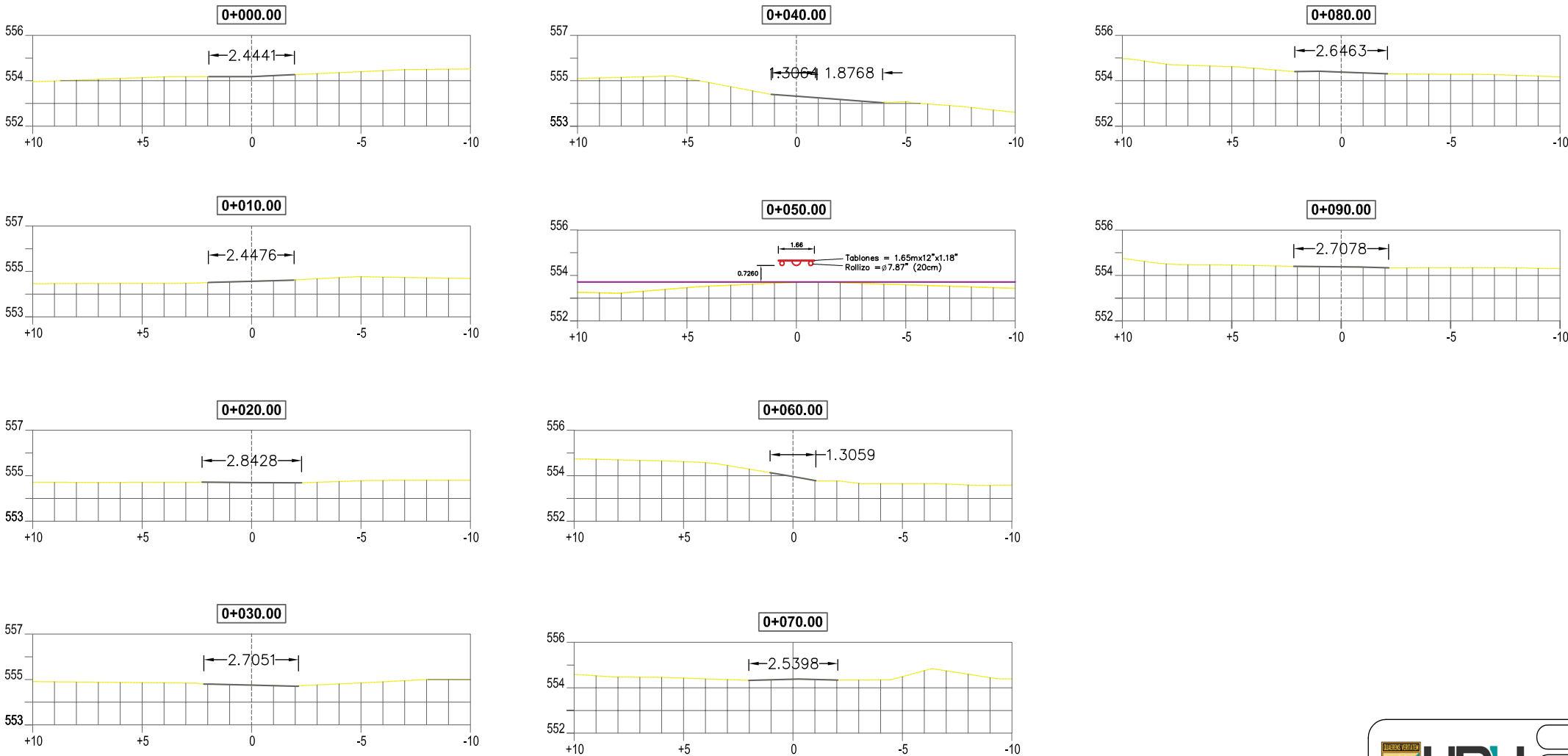
PLANOS

EJE DE PUENTE PEATONAL HUASACO (KM.0+000 - KM.0+090)



PERFIL LONGITUDINAL - CAMINO AFIRMADO Y PUENTE PEATONAL "HUASACO"

ESC VERTICAL: 1/175 - ESC HORIZONTAL: 1/175



SECCIONES TRANVERSALES

ESC VERTICAL: 1/175 - ESC HORIZONTAL: 1/175



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FECHA: APLICACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TABLERO DE MADERA TIPO VIGA-LOSA DESTINADA A UNA PASARELA PEATONAL, EN SANTA ROSA YANAJANCA, MARAÑON 2024

Plan: LONGITUDINAL Y SECCIONES DEL CAMINO AFIRMADO

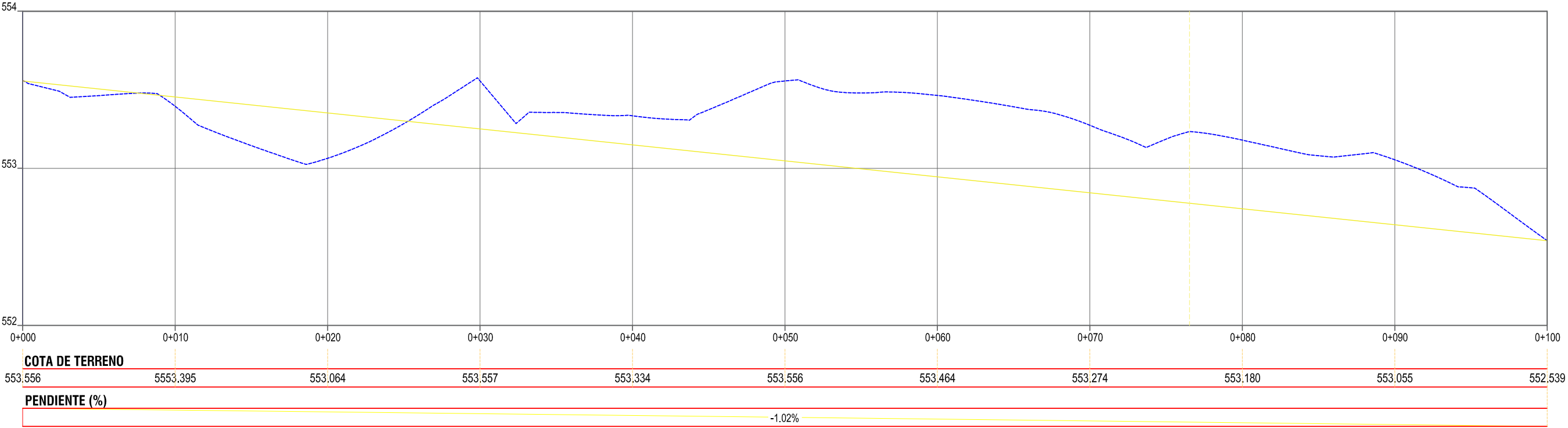
Testes: Bach. LUIS ALBERTO ALEJO QUISPE

Fecha: NOVIEMBRE 2024

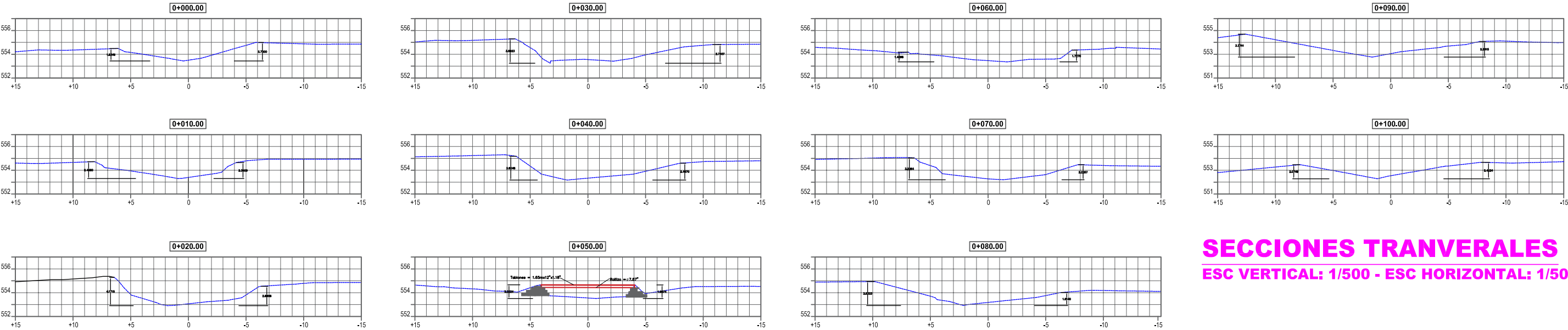
Escala: INDICADA

Laminas: LS-01

EJE DE QUEBRADA HUASACO (KM.0+000 - KM.0+100.00)



PERFIL LONGITUDINAL - RÍO HUASACO
ESC VERTICAL: 1/200 - ESC HORIZONTAL: 1/200



SECCIONES TRANVERSALES
ESC VERTICAL: 1/500 - ESC HORIZONTAL: 1/500



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

TEMA: APLICACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TABLERO DE MADERA TIPO VIGA-LOSA DESTINADA A UNA PASARELA PEATONAL, EN SANTA ROSA YANAJANCA, MARAÑÓN 2024

Ubicación: HUÁNUCO
Región: MARAÑÓN
Provincia: YANAJANCA
Distrito: YANAJANCA

Plano: LONGITUDINAL Y SECCIONES DE LA QUEBRADA

Trabaja: Bach. LUIS ALBERTO ALEJO GUISEP

Fecha: NOVIEMBRE 2024

Escala: INDICADA

Laminas: LS-02