



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**Comparación técnica y económica entre puentes tablero y puentes viga
tablero, construidos *in situ***

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Juan Francisco Altamirano

Carlos Arturo Contreras Villavicencio

Tutor:

José Vázquez Calero

Cuenca-Ecuador

2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo amor y gratitud a mi padre, Arturo Contreras, por siempre brindarme su conocimiento y experiencia, y a mi madre, Gladys Villavicencio, por su amor incondicional y apoyo en todas las formas posibles. Ambos han sido mi pilar fundamental, acompañándome con esfuerzo, confianza y palabras de aliento a lo largo de todo este camino. Gracias por estar conmigo incluso cuando todo parecía estar mal, por ayudarme a levantarme y seguir luchando.

A mi hermana, Karla Contreras, quien ha sido un verdadero ejemplo de constancia y amor fraternal. Su apoyo ha sido incansable, motivándome a no rendirme en los momentos más difíciles. Siempre estuvo pendiente de mis estudios, brindándome su ayuda, consejo y compañía. Su presencia ha significado un aliento constante que me impulsó a seguir adelante cada día. Este logro también es suyo.

A toda mi familia, por su presencia permanente, por sus gestos de apoyo y por motivarme a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mi pareja sentimental, por su compañía, paciencia, amor incondicional y por ser un apoyo emocional invaluable durante este largo proceso, siendo un pilar importante en mi desarrollo personal y académico.

Dedico también este trabajo a mis grandes amigos, quienes me han acompañado durante toda mi etapa de formación, compartiendo aprendizajes, desafíos y alegrías.

Y finalmente, a todas las personas que, de una u otra forma, me han apoyado en este periodo universitario. Este logro también les pertenece.

Carlos Arturo Contreras Villavicencio

DEDICATORIA

A Dios, por mostrarme siempre el camino y por estar a mi lado en todo momento. Gracias por ser tan fiel y por darme la fortaleza y la capacidad para lograr este objetivo.

Dedicado con todo mi amor a mis pilares, María Eugenia y Jorge, mis padres, quienes me han acompañado a lo largo de este camino, sin duda que sin su sacrificio nada de esto hubiera sido posible, gracias por ser mi soporte y mi luz siempre que todo se volvía oscuro. Gracias por ser mi fuente de inspiración y mi mayor ejemplo. Las palabras que pueda escribir hacia ustedes se quedan cortas.

A mis queridos hermanos Mateo, Camila y Tatiana, quienes han sido mis compañeros de vida y mi guía constante, gracias por mostrarme siempre el mejor camino hacia mis objetivos, demostrarme que todo es posible, por su paciencia y amor. Este logro también lleva su nombre.

Con cariño a mis abuelos Enma, Carlos y Efraín, quienes desde el primer día me apoyaron y confiaron en mí, gracias por acompañarme y darme su amor en todo el recorrido hasta este momento, han sido como unos padres para mí.

A toda mi familia y en especial a todos mis primos por cada palabra de aliento, por su amor, por su apoyo y por cada enseñanza. Ustedes son parte esencial de este logro.

Y a mis amigos sinceros, compañeros de risas y consuelo en los momentos difíciles. Su amistad incondicional fue un refugio constante. Su apoyo sincero ha sido un pilar constante en mi vida y los recuerdos compartidos hacen este logro aún más valioso

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a mi formación académica y personal. Gracias por compartir su conocimiento y ser parte de este camino.

Juan Francisco Altamirano Peralta

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de titulación.

En primer lugar, agradecemos profundamente a nuestro director de tesis, José Vázquez, por su guía constante, su apoyo técnico y su orientación a lo largo de todo el proceso. Su experiencia y compromiso fueron fundamentales para lograr este estudio con criterio y rigurosidad académica.

Extendemos también nuestro agradecimiento a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil, quienes contribuyeron significativamente en nuestra formación profesional, proporcionándonos las herramientas necesarias para afrontar este proyecto con responsabilidad.

Nuestro especial reconocimiento a los ingenieros profesionales que participaron en las encuestas y evaluaciones técnicas, ya que gracias a sus aportes fue posible enriquecer el análisis de ingeniería de valor y generar conclusiones más objetivas y aplicables.

A nuestras familias, quienes nos brindaron su apoyo incondicional, ánimo constante y comprensión en cada etapa de esta carrera. Sin su respaldo este logro no habría sido posible.

Y por supuesto, agradecemos a nuestros compañeros y amigos: Víctor, Fernando, Mateo M., Ricardo, Mateo T., Christian, Jeisson, Valentina, Paula y Carolina, quienes hicieron de este viaje, uno inolvidable y con quienes compartimos aprendizajes, esfuerzos y momentos importantes durante nuestra formación. Sin ellos nada de esto hubiera sido igual.

Este trabajo es el resultado del esfuerzo conjunto, la colaboración y el compromiso de ambos autores, quienes unimos nuestras capacidades y conocimientos para alcanzar una meta común.

Gracias a todos por ser parte de este camino.

Francisco Altamirano P. y Carlos Contreras V.

Comparación técnica y económica entre puentes tipo tablero y viga tablero, construidos in situ

RESUMEN

Este trabajo de titulación tiene como objetivo comparar técnica y económicamente dos tipologías estructurales de puentes construidos in situ: el puente tipo tablero y el puente tipo viga-tablero. La investigación se desarrolló a través del modelado estructural de ambas tipologías con luces de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 metros, considerando cargas normativas establecidas por la AASHTO LRFD (2020) y la NEVI-12 (2013). Se utilizó una metodología combinada que incluyó prediseño mediante hoja de cálculo, verificación estructural con el software SAP2000, y análisis económico de materiales como acero, hormigón, encofrado y carpeta asfáltica. Asimismo, se aplicó la metodología de ingeniería de valor para evaluar variables como costo de construcción, tiempo de ejecución, tecnología empleada y mano de obra calificada, con base en encuestas a profesionales del área. Los resultados indican que los puentes tipo tablero son más eficientes y económicos para luces de hasta 20 metros, mientras que los puentes viga-tablero resultan más adecuados para luces superiores, dada su mejor respuesta estructural. Esta investigación busca aportar criterios técnicos que faciliten la toma de decisiones en proyectos de infraestructura vial, priorizando el equilibrio entre funcionalidad, economía y eficiencia constructiva.

Palabras clave: puente tablero, puente viga-tablero, prediseño estructural, ingeniería de valor, SAP2000, análisis técnico-económico.

Technical and economic comparison between slab bridges and beam-slab bridges constructed on-site

ABSTRACT

This thesis aims to perform a technical and economic comparison between two types of on-site constructed bridge superstructures: slab (tablero) bridges and beam-slab (viga-tablero) bridges. The study involved structural modeling of both typologies for spans of 5, 10, 15, 20, 25, and 30 meters, using design loads according to AASHTO LRFD (2020) and NEVI-12 (2013) standards. The methodology combined spreadsheet-based preliminary design, structural verification using SAP2000, and a cost analysis of construction materials such as reinforcement steel, concrete, formwork, and asphalt layers. Additionally, the value engineering method was applied to assess construction cost, execution time, technology used, and required skilled labor, based on surveys conducted with civil engineering professionals. The results show that slab bridges are more efficient and cost-effective for spans up to 20 meters, while beam-slab bridges are more suitable for longer spans due to their superior structural performance. This research provides technical criteria to support decision-making in road infrastructure projects, promoting a balance between functionality, cost-efficiency, and constructability.

Keywords: slab bridge, beam-slab bridge, structural predesign, value engineering, SAP2000, technical-economic analysis.

Contenido

DEDICATORIA	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	2
Antecedentes	2
Justificación	2
Objetivos	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
Metodología	4
1. Marco Teórico Referencial	6
1.1 Estado del arte	6
1.2 Conceptos Fundamentales	7
2. Información Técnica Referente.....	10
2.1 Filosofía de diseño	10
2.2 Carril de diseño	10
2.3.1 Cargas permanentes	11
2.3.2 Cargas vivas	12
2.4 Combinaciones de carga.....	14
2.5 Estados límites	15
2.5.1 Resistencias estructurales:	15
2.5.2 Eventos extremos	16
2.5.3 Estado de servicio	16

2.5.4 Fatiga y fractura	17
2.6 Factores de carga	18
2.7 Factor de presencia múltiple	18
2.8 Acero estructural	19
2.9 Deflexiones	20
3. Modelamiento de puentes tablero y puentes viga tablero	22
3.1 Propiedades de los materiales	22
3.2 Cargas Vehiculares.....	23
3.3 Combinaciones de Carga.....	24
3.3.1 Combinaciones de Carga con vehículo HSMOP	24
3.3.2 Combinaciones de Carga con vehículo HL-93	26
3.4 Cargas uniformes.....	28
3.5 Determinación de luces, prediseño de vigas y prediseño de losas.....	30
3.5.1 Prediseño canto de puentes tipo tablero.....	30
3.5.2 Prediseño canto de puentes tipo viga tablero	32
3.6 Modelado estructural de puentes tipo tablero y viga-tablero.....	34
3.6.1 Puentes tipo tablero.....	35
3.6.2 Puentes tipo viga-tablero.....	36
3.7 Selección de secciones definitivas para el diseño estructural	37
3.8 Control de deflexiones	38
3.9 Secciones seleccionas de los puentes.....	39
3.9.1 Secciones seleccionadas de puente tipo Tablero	39
3.9.2 Secciones seleccionadas de puente tipo Viga-Tablero	42
3.10 Momentos y cortantes máximos obtenidos del modelo estructural	45
3.11 Diseño de Acero Longitudinal por Momentos Flectores	47
3.11.1 Acero longitudinal positivo.....	47
3.11.2 Acero negativo longitudinal.....	47

3.12 Secciones de los puentes con los Aceros longitudinales necesarios.....	48
3.12.1 Secciones de los Puentes Tablero	48
3.12.2 Secciones de los Puentes Viga-Tablero	50
3.13 Justificación del Modelo como Losa Unidireccional.....	54
3.14 Verificación del esfuerzo cortante en losas macizas unidireccionales	54
3.15 Diseño de viga-losa ante esfuerzo cortante.....	55
3.16 Diseño de viga-losa ante esfuerzo cortante.....	55
3.17 Secciones de los puentes con los Aceros a cortante necesarios.....	57
3.17.1 Secciones de los Puentes Tablero	57
3.18 Cálculo de cantidades de materiales	58
3.18.1 Acero de refuerzo.....	58
3.18.2 Hormigón	60
3.18.3 Encofrado.....	60
3.18.4 Carpeta asfáltica.....	61
3.19 Presupuesto referencial de cada puente	61
3.21 Aplicación de encuesta a profesionales y análisis mediante ingeniería de valor.....	63
3.21.1 Procesamiento de encuestas	63
3.22 Calificación de cada característica para la Ingeniería de Valor	64
3.22.1 Costo de construcción.....	64
3.22.2 Plazo de ejecución.....	65
3.22.3 Técnica o tecnología utilizada	65
3.22.4 Mano de obra calificada.....	65
3.22.5 Cálculo de la calificación final mediante ingeniería de valor.....	66
4. Resultados y conclusiones	68
4.1 Análisis de gráficas por material.....	68
4.1.1 Análisis de consumo y cuantía de aceros.....	68
4.1.2 Análisis de consumo de hormigón	69

4.1.3 Análisis de consumo de encofrado	70
4.2 Análisis de presupuestos estimados	71
4.3 Ingeniería de valor	72
4.4 Recomendaciones	74
4.4.1 Delimitación.....	74
4.4.2 Disponibilidad de materiales.....	74
4.4.3 Importancia del encofrado	75
4.4.4 Ampliación del estudio	75
4.4.5 Profundización en el diseño	75
BIBLIOGRAFÍA:	76
ANEXOS:	77

Índice de Figuras:

Figura 2.1: Carril de diseño AASHTO LRFD	11
Figura 2.2: Carril de diseño NEVI-12.....	11
Figura 2.3: Camión de diseño AASHTO LRFD.....	13
Figura 2.4: Camión de diseño NEVI-12	13
Figura 2.5: Tándem de diseño AASHTO LRFD	13
Figura 2.6: Tándem de diseño NEVI-12.....	14
Figura 2.7: Carga de carril de diseño AASHTO LRFD.....	14
Figura 3.1: Propiedades del material utilizado en SAP2000	22
Figura 3.2: Carga del vehículo de la NEVI-12 (HSMOP) en SAP2000.....	23
Figura 3.3: Carga del vehículo de la AASHTO (HL-93) en SAP2000	24
Figura 3.4: Combinaciones de carga mayoradas con el vehículo de la NEVI-12 (HSMOP)..	25
Figura 3.5: Combinaciones de carga de servicio con el vehículo de la NEVI-12 (HSMOP)..	26
Figura 3.6: Combinaciones de carga mayoradas con el vehículo de la AASHTO (HL-93)....	27
Figura 3.7: Combinaciones de carga de servicio con el vehículo de la AASHTO (HL-93)....	28
Figura 3.8: Carga uniforme asignada en SAP2000.....	30
Figura 3.9: Limite de deflexión establecido por la AASHTO LRFD (2020)	38
Figura 3.10: Sección de puente tipo Tablero para luz de 5m.....	40
Figura 3.11: Sección de puente tipo Tablero para luz de 10m.....	40
Figura 3.12: Sección de puente tipo Tablero para luz de 15m.....	40
Figura 3.13: Sección de puente tipo Tablero para luz de 20m.....	41
Figura 3.14: Sección de puente tipo Viga-Tablero para luz de 5m	42
Figura 3.15: Sección de puente tipo Viga-Tablero para luz de 10m	43
Figura 3.16: Sección de puente tipo Viga-Tablero para luz de 15m	43
Figura 3.17: Sección de puente tipo Viga-Tablero para luz de 20m	44
Figura 3.18: Sección de puente tipo Viga-Tablero para luz de 25m	44
Figura 3.19: Sección de puente tipo Viga-Tablero para luz de 30m	45
Figura 3.20: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Tablero para luz de 5m ..	48
Figura 3.22: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Tablero para luz de 15m	49
Figura 3.24: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Tablero para luz de 25m	50
Figura 3.25: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Tablero para luz de 30m	50

Figura 3.26: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Viga-Tablero para luz de 5m	51
Figura 3.27: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Viga-Tablero para luz de 10m	51
Figura 3.28: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Viga-Tablero para luz de 15m	52
Figura 3.29: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Viga-Tablero para luz de 20m	52
Figura 3.30: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Viga-Tablero para luz de 25m	53
Figura 3.31: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Viga-Tablero para luz de 30m	53
Figura 3.32: Sección con los aceros a cortante del puente tipo Viga-Tablero para luz de 5m	57
Figura 3.33: Sección con los aceros a cortante del puente tipo Viga-Tablero para luz de 10m	57
Figura 3.34: Sección con los aceros a cortante del puente tipo Viga-Tablero para luz de 15m	57
Figura 3.35: Sección con los aceros a cortante del puente tipo Viga-Tablero para luz de 20m	57
Figura 3.36: Sección con los aceros a cortante del puente tipo Viga-Tablero para luz de 25m	58
Figura 3.37: Sección con los aceros a cortante del puente tipo Viga-Tablero para luz de 30m	58
 Figura 4.1: Consumo de acero de los puentes Tablero y Viga-Tablero.....	68
Figura 4.2: Cuantía requerida por los puentes Tablero y Viga-Tablero	69
Figura 4.3: Hormigón requerido por los puentes Tablero y Viga-Tablero	70
Figura 4.4: Consumo de encofrado de los puentes Tablero y Viga-Tablero	71
Figura 4.5: Presupuestos estimados según la luz del puente.	72
Figura 4.6: Comparación entre puentes según la Ingeniería de Valor	73

Índice de Tablas:

Tabla 3.1: Calculo de carga uniforme	29
Tabla 3.2: Profundidades mínimas tradicionales para superestructuras de profundidad constante de AASHTO LRFD	31
Tabla 3.3: Espesor de la losa del puente Tablero.....	33
Tabla 3.4: Espesor de la losa del puente Viga-Tablero	34
Tabla 3.5: Prediseño de puentes tipo tablero (no todos cumplieron).....	35
Tabla 3.6: Geometría de los tableros cumpliendo con los límites de deformación	35
Tabla 3.7: Geometría y comportamiento de los puentes tipo viga-tablero	36
Tabla 3.8: Geometría y comportamiento de los puentes tipo Tablero	39
Tabla 3.9: Geometría y comportamiento de los puentes tipo Viga-Tablero.....	39
Tabla 3.10: Esfuerzos máximos (Momento y Cortante) obtenidos del SAP 2000 para el puente Tablero	46
Tabla 3.11: Esfuerzos máximos (Momento y Cortante) obtenidos del SAP 2000 para el puente Viga-Tablero	46
Tabla 3.12: Cortante a 1/4 de la luz del puente Viga-Tablero	56
Tabla 3.13: Diámetro y numero de varillas de acero necesarias para el puente Tablero.....	58
Tabla 3.14: Cantidad de acero en kg para el puente Tablero	59
Tabla 3.15: Diámetro y número de varillas de acero longitudinales y a cortante necesarias para el puente Viga-Tablero	59
Tabla 3.16: Cantidad de acero en kg para el puente Viga-Tablero.....	59
Tabla 3.17: Volúmenes de hormigón para las diferentes luces de los puentes Tableros.....	60
Tabla 3.18: Volúmenes de hormigón para las diferentes luces de los puentes Viga-Tableros	60
Tabla 3.19: Cantidad de encofrado en m ² para el puente Viga-Tablero	60
Tabla 3.20: Área de la carpeta asfáltica para cada luz del puente Tablero y Viga-Tablero	61
Tabla 3.21: Presupuestos de los puentes tipo Tablero y Viga Tablero	62
Tabla 3.22: Tiempos de ejecución de los puentes tipo Tablero y Viga-Tablero	63
Tabla 3.23: Tabulación de datos de las preguntas de las encuestas realizadas.....	64
Tabla 3.24: Porcentaje promedio obtenido de las encuestas.....	64
Tabla 3.25: Ecuación de la Ingeniería de Valor.....	67
Tabla 3.26: Resultados de la Ingeniería de Valor	67

Índice de ecuaciones:

Ecuación 1.....	14
Ecuación 2.....	31
Ecuación 3.....	33
Ecuación 4.....	33
Ecuación 5.....	33
Ecuación 6.....	55
Ecuación 7.....	55
Ecuación 8.....	56
Ecuación 9.....	56
Ecuación 10.....	56
Ecuación 11.....	65
Ecuación 12.....	65
Ecuación 13.....	65
Ecuación 14.....	66

Índice de Anexos:

Anexo 1: Cumplimiento de deformaciones según la AASHTO (2020) y NEVI-12 (2013)....	77
Anexo 2: Cálculo de la cuantía y aceros necesarios para los puentes Tablero y Viga-Tablero según su luz.....	78
Anexo 3: Diseño por cortante según Marcelo Romo Proaño (2008).....	87
Anexo 4: Secciones definidas de los puentes Tablero	101
Anexo 5: Secciones definidas de los puentes Viga-Tablero	101
Anexo 6: Volúmenes de materiales	102
Anexo 7: Presupuesto Total de los puentes Tablero y Viga-Tablero en las luces analizadas.	104
Anexo 8: Cronograma tentativo de la realización de los puentes Tablero y Viga-Tablero en las luces establecidas	106
Anexo 9: Datos Tabulados de los resultados obtenidos en las encuestas realizadas	112
Anexo 10: Encuestas realizadas a Ingenieros para la obtención de los datos para la Ingeniería de Valor.....	113
Anexo 11: Encuestas realizadas para la obtención de los parámetros que se aplican en la Ingeniería de Valor	113

INTRODUCCIÓN

Los puentes son infraestructuras esenciales para el desarrollo económico y social de cualquier región. Estas estructuras no solo facilitan la conexión entre comunidades, permitiendo el tránsito eficiente de personas y mercancías, sino que también potencian el comercio y el acceso a servicios esenciales. En el ámbito de la ingeniería civil, la selección de la tipología estructural más adecuada representa un desafío técnico y económico. Este trabajo de titulación aborda esta problemática, centrándose en la comparación entre dos tipologías, considerando factores como la funcionalidad, los costos y las condiciones específicas del entorno.

En Ecuador, la construcción de puentes se ha beneficiado de avances en tecnologías y materiales, logrando reducir tiempos y costos de ejecución. Sin embargo, persiste una incertidumbre sobre los límites óptimos para el uso de una u otra tipología. Mientras los puentes tablero suelen emplearse en luces cortas, los puentes viga-tablero se prefieren en luces más largas. Esta investigación busca aportar claridad sobre estas dos alternativas, analizando su viabilidad técnica y económica mediante la aplicación de herramientas como el diseño estructural, el análisis por elementos finitos y la metodología de ingeniería de valor, evaluando sus ventajas y limitaciones en diferentes contextos. Los resultados permitirán identificar la opción más eficiente en términos de sostenibilidad, rendimiento estructural y relación costo-beneficio, proporcionando una guía fundamentada para futuros proyectos de infraestructura en el país y en contextos similares.

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

Antecedentes

Justificación

La selección del tipo de puente más adecuado ya sea de tipología de tablero o viga-tablero, posee una incertidumbre significativa debido a la falta de estudios que analicen de manera exhaustiva la ingeniería de valor entre estas alternativas. A nivel internacional, existen investigaciones que identifican los materiales que ofrecen mayor calidad y rentabilidad (AlfaPeople, 2021), así como tecnologías de construcción más rápidas y eficientes. Sin embargo, estos estudios suelen omitir un análisis detallado de los puentes.

Los puentes son infraestructuras fundamentales para el desarrollo económico y social de una región. Facilitan la conexión entre comunidades, permitiendo el tránsito de personas y mercancías, lo que a su vez impulsa el comercio y el acceso a servicios esenciales (Brooks & Donovan, 2021). Además, estas obras de fábrica contribuyen a la integración territorial, mejorando la movilidad y la comunicación, lo que resulta crucial para el crecimiento y bienestar de una población.

En Ecuador, se han adoptado diversas tecnologías y materiales innovadores para optimizar la construcción, y estos parámetros realmente han beneficiado bajando costos y disminuyendo plazos, pero no se aborda las alternativas de diseño, su costo, tipologías, funcionalidad, demanda de mano de obra calificada, mantenimiento en el tiempo y otros aspectos a tener en cuenta en una ingeniería de valor de estas infraestructuras. Este estudio realizara la comparación técnico económico, sobre la incertidumbre en la elección entre los tipos de puentes, considerando específicamente las dimensiones de luz y las solicitaciones a las que estarán sometidos.

Factores como la geografía, la disponibilidad de materiales y las restricciones presupuestarias influyen en la decisión sobre el tipo de puente a implementar, en presente estudio se analizan dos variantes de súper estructuras puente tablero y puente viga tablero, Este estudio busca proporcionar claridad sobre estas opciones disponibles y sus beneficios, garantizando que se elija la alternativa que no solo cumpla su función, sino que también sea duradera y rentable (Duncan, 2018).

La problemática radica en determinar hasta qué longitud es viable construir un puente tablero y desde qué longitud un puente viga-tablero resulta más eficiente. Existen dudas sobre los

límites precisos de cada tipo en función de su rendimiento económico y constructivo. Según Hinostroza (2017), los puentes tablero se utilizan en luces cortas y los puentes viga tablero en luces largas, pero no define hasta qué luz es apropiado cada puente, por lo cual el presente estudio realizara un análisis para dar a conocer en qué punto es mejor cada uno de estos puentes.

Un desafío clave de los puentes tablero es su limitación en la longitud: al diseñarse para luces amplias, su sección puede aumentar significativamente, lo que afecta tanto los costos como el proceso constructivo. En contraste, los puentes viga-tablero, al incorporar vigas que sostienen el tablero, permiten una optimización en su sección siendo soportados por el acero, ya que es el que predomina en el diseño de esta clase de puente (Chen & Duan, 2014). Por ello, se propondrá una ingeniería de valor que justifique el uso de cada tipo de puente de manera eficiente, no solo económica, sino técnico.

El análisis comparativo entre puentes tablero y viga-tablero es esencial para la optimización de recursos en proyectos de infraestructura. Este estudio ofrecerá información crucial para que los ingenieros tomen decisiones fundamentadas, considerando las características estructurales que determinan la capacidad de carga y la adaptabilidad a diversas condiciones geográficas. Económicamente, es fundamental entender cómo factores como materiales, costos de construcción y mantenimiento impactan en el presupuesto total del proyecto, mejorando así la planificación en términos de costo-beneficio y sostenibilidad a largo plazo (Chen & Duan, 2014).

Objetivos

Objetivo general

Comparar los beneficios de la estructura de un puente tipo tablero tradicional y un puente viga tablero, enfocándose en aspectos económicos y técnicos.

Objetivos específicos

- Levantar los modelos en función de luces variables, de puentes tablero y viga tablero, y la determinación de sus cargas y usos.
- Diseñar los puentes planteados por medio de una hoja de cálculo (Excel)
- Comprobar los de valores y resultados obtenidos mediante el programa de elementos finitos, SAP2000.

- Obtener los valores económicos y técnicos de cada puente de diferente luz diseñado para así poder compararlos entre sí, mediante los precios unitarios de cada material y equipo utilizado.
- Comparar los puentes mediante los valores obtenidos por el método de la "Ingeniería de Valor".

Metodología

Para llevar a cabo este estudio comparativo, se analizarán puentes de tipo tablero y viga tablero, variando sus luces y determinando las cargas y los usos correspondientes según las normativas existentes. El estudio comenzará con la creación de modelos para ambos tipos de puentes, considerando luces de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 metros. Para cada modelo se definirá un conjunto de cargas aplicables, de acuerdo con el camión de diseño que establece el Ministerio de Transportes y Obras Públicas según la NEVI-12 (Ministerio de Transportes y Obras Públicas, 2013).

El diseño de los puentes se realizará utilizando una hoja de cálculo en Excel. Esta herramienta permitirá aplicar las fórmulas de diseño correspondientes para cada tipo de puente, ajustando las secciones estructurales hasta obtener las dimensiones óptimas y efectivas para cada luz. Los valores obtenidos de las secciones diseñadas se registrarán y se organizarán para su posterior análisis comparativo.

Una vez obtenidos los valores de diseño en Excel, se procederá a validar dichos resultados utilizando el programa de análisis por elementos finitos SAP2000. Para este proceso, se introducirán en el software las secciones optimizadas de una muestra representativa de los puentes diseñados, así como las cargas establecidas en el MOP. Este paso permitirá evaluar el comportamiento estructural de los puentes bajo las condiciones propuestas y comparar los resultados obtenidos con los calculados en Excel, asegurando la precisión y fiabilidad de los datos.

En la siguiente etapa, se realizará un análisis técnico-económico de cada puente diseñado, teniendo en cuenta tanto los aspectos estructurales como los costos asociados. Se calcularán los volúmenes de materiales requeridos para cada puente utilizando la hoja de cálculo, y se investigarán los precios unitarios de materiales y equipos comúnmente empleados en la construcción en Ecuador. Para verificar la precisión de estos valores, un ingeniero con experiencia en la construcción de puentes revisará y validará los costos estimados.

Posteriormente, se procederá a calcular los costos totales de cada puente, lo que permitirá su comparación económica.

Finalmente, se utilizará el método de Ingeniería de Valor para realizar una comparación detallada entre los puentes tablero y viga tablero. Este método evaluará aspectos clave del proyecto, tales como los costos finales, las tecnologías empleadas y los tiempos de construcción. A cada uno de estos factores se le asignará una calificación, permitiendo una comparación cuantitativa y cualitativa entre ambos tipos de puentes. Con los resultados obtenidos, se podrá identificar el tipo de puente más adecuado para cada situación en función de su relación costo-beneficio, su eficiencia constructiva y sus requerimientos técnicos.

1. Marco Teórico Referencial

1.1 Estado del arte

El desarrollo infraestructural de una sociedad es importante para su desarrollo económico y social. Esta relación es compleja; sin embargo, para que un país pueda expandir su mercado interno necesita tener infraestructuras bien desarrolladas, como es en los casos de los países de primer mundo (Rozas & Sanchez, 2004). Los puentes son elementos cruciales en el desarrollo de la infraestructura de una región, permitiendo la conexión de comunidades, facilitando el tránsito de bienes y personas, y contribuyendo significativamente al crecimiento económico. Según la American Society of Civil Engineers (ASCE), los puentes representan un componente vital para la infraestructura nacional, y su diseño debe balancear la funcionalidad y la durabilidad para garantizar el tránsito eficiente y seguro en diferentes condiciones geográficas (ASCE, 2021). Desde un punto de vista técnico, los puentes se clasifican en varias clases según su diseño estructural y las cargas que deben soportar. Entre los tipos más comunes se encuentran los puentes tablero y los puentes viga-tablero, ambos utilizados en diversas situaciones geográficas y con diferentes demandas de carga.

Los puentes tablero se caracterizan por una estructura en la que el tablero se apoya directamente sobre estribos. Son ideales para luces cortas y cargas moderadas. Según Chen y Duan (2014), su simplicidad estructural los hace adecuados para proyectos con menores restricciones presupuestarias y condiciones geográficas favorables. En cambio, el tipo de puente viga tablero incorpora vigas que soportan el tablero, permitiendo su uso en luces más largas y cargas más pesadas. La disposición de las vigas mejora la distribución de la carga, y su versatilidad en cuanto a materiales, como el acero y el hormigón, lo hace más adaptable a distintas condiciones (Chen & Duan, 2014).

El concepto de ingeniería de valor se refiere a la optimización de recursos en el diseño y construcción de infraestructuras, buscando el equilibrio entre costos, durabilidad y funcionalidad. En el contexto de los puentes tablero y viga-tablero, esta metodología permite identificar cuál de estas tipologías ofrece un mejor rendimiento económico y técnico bajo determinadas circunstancias. Duncan (2018), destaca la importancia de un análisis exhaustivo que incluya no solo los costos iniciales, sino también el mantenimiento y la vida útil de la infraestructura. La ingeniería de valor es definida como un sistema para aprovechar cada

recurso utilizado en un proyecto de diseño y construcción sin dejar atrás la calidad, eso sí recortando costos que históricamente han sido utilizados sin necesidad (Xiaojuan Li, 2021).

Existen tres factores importantes para escoger el tipo de puente. Por dimensión de luz los puentes tablero son más adecuados para luces cortas, mientras que los puentes viga-tablero se emplean en luces más largas (Hinostroza, 2017). Las solicitaciones de carga, como el tránsito vehicular y de usos, son determinantes para seleccionar la estructura más adecuada. La topografía y la disponibilidad de materiales locales también juegan un papel clave en la selección.

La comparación entre ambas clases de puentes no solo se basa en los costos de construcción iniciales, sino también en factores como el tiempo de construcción, el costo del mantenimiento a largo plazo y la necesidad de mano de obra calificada. Estudios internacionales como AlfaPeople (2021), han demostrado que los materiales, técnicas y tecnologías avanzadas pueden reducir significativamente el tiempo de construcción, pero es importante evaluar si estos avances son aplicables de manera eficiente en diferentes regiones geográficas, como en Ecuador.

Los puentes viga tablero, con su capacidad para abarcar mayores luces, tienden a requerir menos mantenimiento a largo plazo debido a la optimización de materiales estructurales como el acero (Chen & Duan, 2014). Por otro lado, los puentes tablero pueden presentar un costo inicial más bajo, pero su uso puede estar limitado por el incremento en el tamaño de las secciones para soportar luces largas, lo que incrementa los costos a medida que se aumenta su longitud.

La adopción de nuevas tecnologías y materiales ha permitido optimizar la construcción de puentes en Ecuador, disminuyendo tanto los costos como los plazos de ejecución. Sin embargo, la comparación entre las tipologías de tablero y viga-tablero requiere un análisis más detallado de las tecnologías necesarias para su implementación, especialmente en cuanto a maquinaria, equipos y mano de obra. Brooks & Donovan (2021), resaltan la importancia de estos factores en la planificación de proyectos a gran escala, donde el tiempo de construcción y la disponibilidad de recursos pueden tener un impacto significativo en el costo final.

1.2 Conceptos Fundamentales

Un puente es una estructura diseñada para permitir el cruce de un obstáculo natural o artificial, como un río, un abismo, un valle o incluso una carretera o vía férrea (Pérez Porto & Merino, 2023). Su función principal es conectar puntos separados por estas barreras, facilitando el tránsito de personas, vehículos o mercancías. El término tiene su origen en el vocablo latino

pons, que refleja la antigüedad de estas construcciones en la historia de la humanidad. Los puentes han evolucionado considerablemente desde las primeras estructuras de troncos y cuerdas hasta las complejas edificaciones modernas, que emplean materiales como acero, hormigón y compuestos avanzados, integrando principios de ingeniería estructural y diseño arquitectónico.

La superestructura de un puente son todos los elementos que reciben directamente las cargas de circulación de vehículos y peatones, y esta transmite las cargas a la subestructura del puente a través de los apoyos que tenga este (Erzilla, 2024). Estos son conformados generalmente por materiales como el hormigón y el acero, estos ayudaran a resistir las cargas que actúen sobre la superestructura. Los principales componentes de la superestructura será la losa, vigas en tal caso de que lo contenga, y posiblemente una cercha, estos mantendrán serán los encargados de que el puente tenga un correcto comportamiento e interacción entre la superestructura y la subestructura.

Un puente tablero o también llamado puente losa es un tipo de estructura que se caracteriza por la utilización de un tablero continuo de hormigón armado o pretensado, que actúa como elemento resistente principal (Nelson, 2013). Este diseño elimina la necesidad de vigas prefabricadas, ofreciendo varias ventajas técnicas y funcionales. Entre estas, destaca la ausencia de juntas, lo que mejora la comodidad del usuario al reducir vibraciones y minimiza el deterioro de la superestructura. Además, su mayor capacidad de carga de rotura asegura un mejor rendimiento mecánico del tablero.

Un puente viga-tablero es una estructura en la que el tablero está soportado por vigas principales que distribuyen las cargas hacia los apoyos. Esta configuración permite su uso en luces más largas y para soportar cargas más pesadas, gracias a la optimización de materiales como el acero y el hormigón. La disposición de las vigas mejora la eficiencia estructural al permitir una distribución más uniforme de las solicitaciones, adaptándose mejor a diversas condiciones geográficas y demandas de carga (Chen & Duan, 2014).

La ingeniería de valor es una metodología que busca optimizar los recursos en el diseño y construcción de infraestructuras, logrando un equilibrio entre costos, funcionalidad y durabilidad. Esta técnica no solo se enfoca en reducir los costos iniciales, sino también en considerar factores como el mantenimiento y la vida útil de las estructuras. En el contexto de puentes, permite evaluar cuál de las tipologías estructurales, como los puentes tablero o viga-

tablero, ofrece un mejor desempeño económico y técnico bajo condiciones específicas (Duncan, 2018).

2. Información Técnica Referente

2.1 Filosofía de diseño

El diseño de puentes es un proceso que involucra múltiples factores, incluyendo aspectos estructurales, funcionales, geotécnicos, constructivos y económicos. En este estudio, se empleará una metodología basada en normativas vigentes, principios de ingeniería estructural y herramientas de análisis computacional como SAP2000. La evaluación comparativa entre los puentes tipo tablero y viga tablero construidos in situ en Cuenca, Ecuador, se realizará conforme a los lineamientos establecidos en la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12) del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Esta normativa establece que los diseños deben cumplir con las disposiciones de las **AASHTO LRFD Bridge Design Specifications**, utilizando para este estudio la versión **2020**. Dicha normativa se fundamenta en el **Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD)**, metodología que se basa en la teoría de confiabilidad y la evaluación estadística de cargas y comportamiento estructural, asegurando criterios de seguridad y eficiencia estructural.

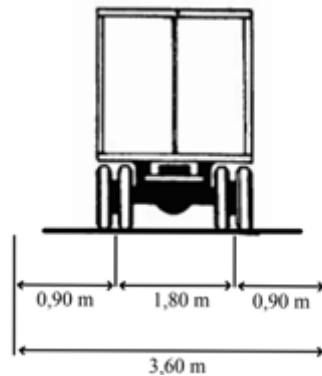
2.2 Carril de diseño

Según la normativa AASHTO LRFD (2020), el ancho de carril deberá ser de 3.60 m como se observa en la Figura 2-1. El número de carriles se tomará la parte entera de la relación $w/12.0$, donde w es el ancho libre de la calzada en pies entre bordillos, barreras o ambos. Mientras que, por su parte, la NEVI-12 (2013), define un carril de diseño de 3 m visible en la Figura 2-2.

Dentro de estos parámetros, el diseño del ancho de carril es fundamental, pues influye en la distribución de cargas y en la funcionalidad del puente.

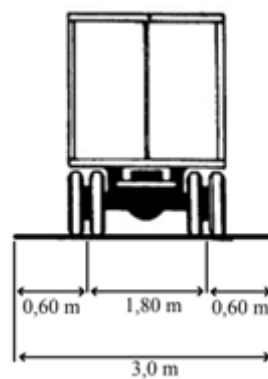
Para este estudio utilizaremos el ancho de carril de 3.00 m, se escogió el mismo ya que en la AASHTO también especifica un carril cargado de 3.00 m y si utilizáramos el carril de 3.60 m los resultados serán similares.

Figura 2.1: Carril de diseño AASHTO LRFD



Fuente: AASHTO (2020).

Figura 2.2: Carril de diseño NEVI-12



Fuente: AASHTO (2020).

2.3 Cargas

2.3.1 Cargas permanentes

Las cargas permanentes en el diseño de un puente son aquellas que actúan de manera continua sobre la estructura durante toda su vida útil. Según la AASHTO LRFD (2020) y otras normativas, las cargas permanentes se dividen en dos categorías principales:

1. **Carga muerta (DC):** Incluye el peso propio de todos los elementos estructurales del puente, como la losa, vigas, diafragmas, barandas y cualquier otro componente fijo.
2. **Carga superpuesta (DW):** Se refiere a elementos no estructurales que permanecen sobre el puente, como el pavimento, carpeta asfáltica, barreras de seguridad, ductos de servicios y otros recubrimientos.
3. **EV=** Presión vertical del peso propio del suelo de relleno.

Tabla 2.1: Peso específico de materiales

Materiales	KN/m ³	kgf/m ³
Hormigón simple	22	2200
Hormigón armado	25	2500
Hormigón de pavimento	24	2400
Acero redondo	78.5	7850
Acero estructural	78.5	7850
Acero estructural en vigas (incluida soldadura)	80	8000
Maderas rojas (roble, coihue)	10	1000
Maderas moldaje (pino, álamo)	8	800
Rocas	25	2500
Material de relleno (variable)	18-22	1800-2200
Capa asfáltica	24	2400

Fuente: MTOP (2013).

2.3.2 Cargas vivas

Las cargas vivas en el diseño de un puente representan aquellas cargas variables que se producen por el tráfico vehicular y peatonal dependiendo del tipo de puente. Estas cargas cambian en magnitud y ubicación con el tiempo, por lo que su análisis es fundamental para garantizar la seguridad y funcionalidad del puente.

Según la AASHTO LRFD (2020), las cargas vivas se clasifican en:

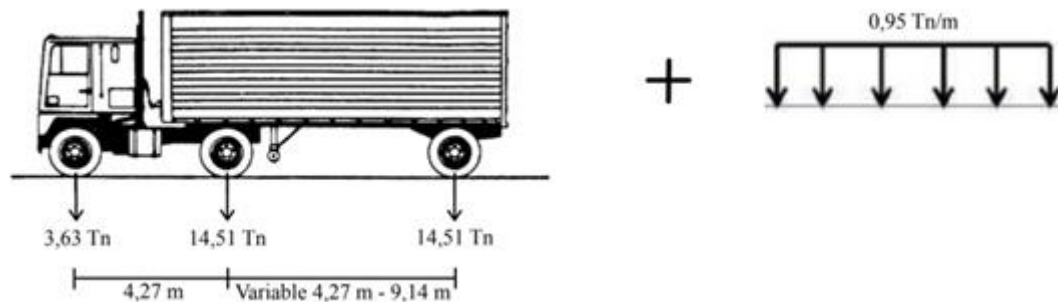
1. **Carga de tráfico (LL):** Incluye el peso de vehículos, camiones y buses que circulan sobre el puente. En AASHTO LRFD se utiliza el camión de diseño HL-93, que combina un camión estándar con un tren de carga uniforme.
2. **Impacto o carga dinámica (IM):** Considera los efectos adicionales debido a las vibraciones y movimientos bruscos de los vehículos al pasar sobre el puente. Se expresa como un porcentaje de la carga viva.
3. **Carga peatonal (PL):** Se aplica en puentes peatonales o en zonas destinadas al tránsito de personas en puentes vehiculares.

2.3.2.1 Camión de diseño

La AASHTO (2020) nos presenta un camión modelo denominado HL-93 el cual será una sobrecarga, a más de eso, tendrá una carga adicional de 0.95 Tn/m repartida en toda la longitud del puente a diseñar, como se puede observar la Figura 2-3. Así mismo la NEVI-12 nos define otra carga, en la cual a diferencia de la AASHTO no presenta una carga adicional, en esta

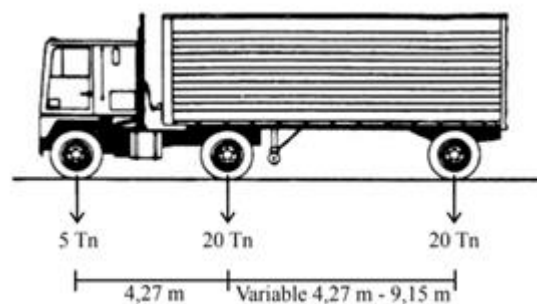
norma nos presenta un camión con mayores cargas puntuales en los ejes del camión como se observa en la Figura 2-4.

Figura 2.3: Camión de diseño AASHTO LRFD



Fuente: AASHTO (2020).

Figura 2.4: Camión de diseño NEVI-12

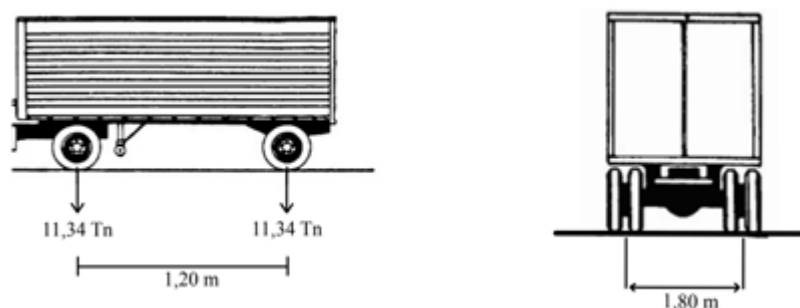


Fuente: AASHTO (2020).

2.3.2.2 Tándem de diseño

Para el tándem de diseño según la AASHTO (2020) consiste en 2 ejes de 11.34 Tn, el espaciado es de 1.20 m entre estos, finalmente el espacio entre las ruedas será de 1.80 m, en la siguiente Figura 2.5 se encuentra el grafico desarrollado.

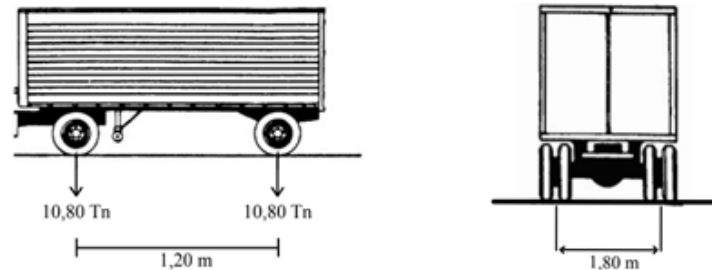
Figura 2.5: Tándem de diseño AASHTO LRFD



Fuente: AASHTO (2020).

En la NEVI (2013) en cambio se utiliza un tándem de dos ejes cada uno con un peso de 10.8 Tn y este sigue los mismos espaciamientos de la AASHTO (2020), en la siguiente Figura 2-6 se observa esto.

Figura 2.6: Tándem de diseño NEVI-12

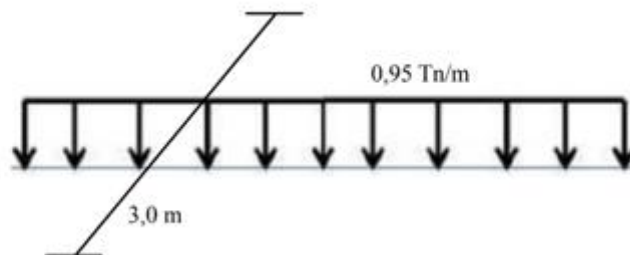


Fuente: AASHTO (2020).

2.3.2.3 Carga de carril de diseño

Para la carga utilizada en el diseño según AASHTO (2020), se representa con una carga distribuida longitudinalmente de 0.95 Tn/m, esta carga será considerada para un carril de 3m de ancho. En la siguiente figura se puede observar cómo se considera esta carga.

Figura 2.7: Carga de carril de diseño AASHTO LRFD



Fuente: Encalada (2024).

Para la NEVI (2013), no se toma una carga distribuida según su normativa, debido a que tiene cargas mayores en los ejes del camión de diseño.

2.4 Combinaciones de carga

La solicitación mayorada total en un puente se calculará utilizando la Ecuación 2-1, definida como:

Ecuación 1

$$Q = \Sigma * ni * yi * Qi * Q$$

ni s el modificador de las cargas, el cual se encuentra especificado en la Sección 2.5 de la norma AASHTO.

- Q_i representa la solicitación debida a cada tipo de carga aplicada.
- γ_i corresponde a los factores de carga, determinados en la Tabla 2-2 de AASHTO.

Para garantizar la seguridad estructural, todos los componentes y conexiones del puente deben cumplir con la Ecuación 2-1 en todas las combinaciones relevantes de solicitaciones extremas mayoradas, de acuerdo con los diferentes estados límite establecidos en la normativa AASHTO (2020). Estos estados límite incluyen, entre otros, el estado límite último, el estado límite de servicio, el estado límite de fatiga y fractura, y el estado límite de extrema carga.

2.5 Estados límites

El diseño estructural basado en estados límites busca equilibrar **seguridad y costo**, considerando que la seguridad absoluta es inalcanzable y económicamente inviable. (ZIGURAT, INSTITUTE OF TECHNOLOGY, 2018). Por lo tanto, la AASHTO nos da los requerimientos para cumplir con los estados límites, los cuales también se cumplirá en esta comparación y son los siguientes.

2.5.1 Resistencias estructurales:

Resistencia I: Uso vehicular normal sin viento

Esta combinación de carga representa las condiciones estándar de servicio del puente bajo el tráfico vehicular regular sin considerar efectos adicionales del viento. Se emplea para evaluar la capacidad estructural ante cargas permanentes y dinámicas provenientes de los vehículos que circulan a diario.

Resistencia II: Uso por vehículos especiales sin viento

Se considera en situaciones donde el puente debe soportar vehículos de diseño especial, definidos por el propietario o normativas específicas. Estos pueden incluir camiones sobredimensionados, vehículos de transporte pesado con circulación restringida o equipos de construcción que superan las condiciones normales de carga.

Resistencia III: Exposición a la velocidad del viento

Evalúa la resistencia del puente ante los efectos dinámicos producidos por la acción del viento sobre la estructura. Esta combinación es fundamental en regiones con vientos fuertes, ya que

la presión aerodinámica puede generar esfuerzos adicionales en la superestructura y subestructura.

Resistencia IV: Efectos de la carga muerta

Considera el peso propio del puente, incluyendo la superestructura y todos sus elementos permanentes. Es crucial para garantizar que la estructura tenga la capacidad suficiente para soportar su propio peso sin generar deformaciones excesivas o fallos estructurales.

Resistencia V: Uso vehicular con viento intenso

Se aplica cuando el puente debe resistir la combinación del tráfico normal con vientos fuertes. Según **AASHTO (2020)**, la velocidad de referencia para esta condición es de **80 mph (129 km/h)**, mientras que la **NEC (2015)** establece un mínimo de **75 km/h**. Esta evaluación es importante para puentes expuestos a condiciones climáticas adversas.

2.5.2 Eventos extremos

Evento Extremo I: Carga sísmica

Incluye los efectos de los sismos en la estructura, considerando la respuesta dinámica del puente ante aceleraciones horizontales y verticales. Se evalúan desplazamientos, fuerzas de inercia y posibles mecanismos de colapso.

Evento Extremo II: Impactos y fenómenos hidráulicos

Incluye cargas excepcionales como:

- **Carga de hielo**, que puede acumularse en la estructura y aumentar las cargas gravitacionales.
- **Impactos de embarcaciones y vehículos**, que pueden generar esfuerzos localizados en pilares y estribos.
- **Inundaciones y eventos hidráulicos**, que pueden afectar la cimentación y generar erosión en los apoyos.

2.5.3 Estado de servicio

Servicio I: Operación normal con viento moderado

Considera el funcionamiento del puente bajo tráfico regular con viento de hasta **70 mph (112 km/h)** según **AASHTO (2020)** o **75 km/h** según **NEC (2015)**. Se usa también para evaluar:

- Deflexiones en estructuras metálicas enterradas.
- Análisis de túneles y tuberías termoplásticas.
- Ancho de fisuración en estructuras de **hormigón armado**.

Servicio II: Control de fluencia y deslizamiento en acero

Esta combinación se utiliza para evaluar los efectos a largo plazo de la fluencia en estructuras de acero y el **deslizamiento en conexiones** debido a la carga viva vehicular. Es fundamental para garantizar la durabilidad de uniones estructurales.

Servicio III: Control de fisuras en hormigón pretensado

Evalúa las tensiones longitudinales en la superestructura de **hormigón pretensado**, asegurando que no se generen fisuras excesivas en elementos sometidos a tracción, como almas de vigas segmentadas.

Servicio IV: Control de tracción en hormigón pretensado

Se enfoca exclusivamente en **evitar el agrietamiento** en superestructuras de hormigón pretensado sometidas a esfuerzos de tracción elevados.

2.5.4 Fatiga y fractura

Fatiga I: Vida útil infinita ante cargas repetitivas

Esta combinación de carga evalúa la resistencia a la fatiga y fractura estructural causada por cargas cíclicas repetitivas. Se diseña para que la estructura pueda resistir esfuerzos inducidos sin fallas durante toda su vida útil.

Fatiga II: Vida útil finita ante cargas repetitivas

Esta combinación de carga evalúa los efectos de la **fatiga y fractura** en estructuras sometidas a **cargas cíclicas repetitivas**, pero con una **vida útil finita**. A diferencia de **Fatiga I**, donde la estructura se diseña para soportar cargas indefinidamente sin fallas, en **Fatiga II** se asume que la estructura tiene un **límite de resistencia** y que, eventualmente, podría requerir inspección, mantenimiento o refuerzo debido a la acumulación de daños.

2.6 Factores de carga

Las diferentes cargas que componen una combinación de cargas de diseño se deberán multiplicar por el factor de carga correspondiente, descritos en la Tabla 2.2 y el factor de presencia múltiple de la Tabla 2.3.

Tabla 2.2: Combinaciones y factores de carga

Combinación de cargas		Usar solo por una vez													
		DC	DD	DW	EH	EV	LL	ES	IM	EL	CR	PS	BR	CR	PL
		SH	LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	EQ	BL	IC	CT	CV
Resistencia I (a menos que se especifique lo contrario)	γ_p	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-	-
Resistencia II	γ_p	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-	-
Resistencia III	γ_p	-	1.00	1.00	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-	-
Resistencia IV	γ_p	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	γ_p	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-	-
Evento extremo I	1.00	γ_{EQ}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Evento extremo II	1.00	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-	-
Servicio II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1.00	γ_{LL}	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-	-
Servicio IV	1.00	-	1.00	1.00	-	1.00	1.00/1.20	-	1.00	-	-	-	-	-	-
Fatiga I-Solo LL, IM y CE	-	1.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga II-Solo LL, IM y CE	-	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Encalada (2024).

La carga máxima causada por la sobrecarga debe ser calculada tomando en cuenta todas las combinaciones posibles de carriles cargados y multiplicándolas por un factor de presencia múltiple apropiado. Esto permite considerar la probabilidad de que los carriles estén ocupados simultáneamente por la sobrecarga móvil de diseño (AASHTO, 2020).

2.7 Factor de presencia múltiple

La carga máxima causada por la sobrecarga debe ser calculada tomando en cuenta todas las combinaciones posibles de carriles cargados y multiplicándolas por un factor de presencia múltiple apropiado. Esto permite considerar la probabilidad de que los carriles estén ocupados simultáneamente por la sobrecarga móvil de diseño (AASHTO, 2020).

Tabla 2.3: Factores de presencia múltiple

Número de carriles cargados	Factor de presencia múltiple, m
1	1.20
2	1.00
3	0.85
> 3	0.65

Fuente: Encalada (2024).

2.8 Acero estructural

El acero es un material metálico resultante de la aleación de hierro y carbono. Esta composición le otorga una combinación de resistencia, ductilidad y tenacidad, lo que lo hace ideal para aplicaciones estructurales, mecánicas e industriales. Según E. Moreno Fernández (2007) la ductilidad es una propiedad esencial del acero estructural que le permite deformarse plásticamente bajo cargas sin fracturarse, lo cual es crucial para la seguridad y estabilidad de las estructuras.

De acuerdo con el MTOP (2013), los aceros estructurales empleados en la construcción de puentes deben ajustarse a lo establecido en la norma AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN, la cual determina los requisitos mínimos de propiedades mecánicas necesarias para su diseño.

Tabla 2.4: Propiedades mecánicas mínimas del acero estructural por forma, resistencia y espesor

Designación AASHTO	Designación ASTM equivalente	Espesor de placas, in	Forma	Resistencia mínima a la tracción, F_u , ksi	Límite elástico mínimo especificado, F_y , ksi
M 270M/ M 270 Grado 36	A709/ A709M Grado 36	Hasta 4.0 incl.	Todos los grupos	58	36
M 270M/ M 270 Grado 50	A709/ A709M Grado 50	Hasta 4.0 incl.	Todos los grupos	65	50
M 270M/ M 270 Grado 50S	A709/ A709M Grado 50S	No aplica	Todos los grupos	65	50
M 270M/ M 270 Grado 50W	A709/ A709M Grado 50W	Hasta 4.0 incl.	Todos los grupos	70	50
M 270M/ M 270 Grado HPS 50W	A709/ A709M Grado HPS 50W	Hasta 4.0 incl.	N/A	70	50
M 270M/ M 270 Grado HPS 70W	A709/ A709M Grado HPS 70W	Hasta 4.0 incl.	N/A	85	70
M 270M/ M 270 Grado HPS 100W	A709/ A709M Grado HPS 100W	Hasta 2.5 incl.	N/A	110	100
		Más de 2.5 a 4.0 incl.	N/A	100	90

Fuente: Encalada (2024).

Asimismo, en todos los tipos de acero estructural se considerará un módulo de elasticidad de 29000000 psi (20000 MPa) y un coeficiente de expansión térmica de 0.0000011 por °C, según lo establecido por el MTOP (2013).

En nuestro país, los aceros que más se utilizan y más accesibles son: el A36, A572 y A588, de los cuales se recomienda el uso de aceros de grado 50 para la construcción de puentes.

Tabla 2.5: Propiedades a Tensión Especificadas por la Norma ASTM

Especificación ASTM	Esfuerzo de fluencia (F_y) (ksi)	Resistencia a la tensión (F_u) (ksi)
ASTM A36	36	58 – 80
ASTM A572 Gr 50	50	65
ASTM A588 Gr 50	50	70

Fuente: NEC (2015).

2.9 Deflexiones

La deflexión en un puente es el desplazamiento vertical o lateral de sus elementos estructurales como vigas y losas bajo la acción de cargas. El control de las deflexiones es un aspecto crucial en el diseño de puentes, ya que una deflexión excesiva puede comprometer la seguridad, el confort y la durabilidad de la estructura. Según las AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, las deflexiones deben ser cuidadosamente calculadas y controladas durante el diseño para evitar que afecten la integridad estructural y la funcionalidad del puente.

Aspectos clave de las deflexiones en puentes según AASHTO:

Deflexión máxima permitida: La AASHTO LRFD establece límites para las deflexiones máximas permitidas en diferentes tipos de puentes y condiciones de carga. Para vigas, la deflexión total bajo carga máxima no debe exceder un valor específico, generalmente determinado como una proporción de la luz del puente, como:

Deflexión total de la viga: No debe ser mayor a $L/800$, donde L es la luz del tramo del puente.

Deflexión en la losa: La deflexión no debe exceder de $L/1000$ en el caso de los puentes de losa.

Factores que afectan las deflexiones: Las deflexiones dependen de varios factores, como:

Tipo de material: El acero y el concreto tienen diferentes comportamientos frente a las cargas, por lo que las deflexiones pueden variar.

Distribución de cargas: Las cargas vehiculares, viales y de tráfico influyen en la magnitud de las deflexiones.

Rigidez de los elementos: La rigidez de las vigas y la losa determina la cantidad de deformación que se produce bajo una carga.

Control de deflexiones: AASHTO recomienda un enfoque de diseño para reducir las deflexiones excesivas, que incluye la selección adecuada de materiales, el diseño de secciones estructurales con suficiente rigidez y la distribución eficiente de las cargas. Además, el control de deflexiones también involucra el monitoreo de las deformaciones durante la fase de construcción y el mantenimiento de las estructuras.

3. Modelamiento de puentes tablero y puentes viga tablero

Para modelar los dos diferentes tipos de puentes se utilizará el programa SAP2000, y se definió los materiales netamente de concreto armado. Otra definición importante es que los puentes serán isostáticos, es decir tendrá 2 apoyos, el inicial estará simplemente apoyado y el final será articulado. Siguiendo estas consideraciones y todas las especificaciones de la AASHTO (2020) ya anteriormente mencionadas en el capítulo #3.

3.1 Propiedades de los materiales

En el modelamiento estructural realizado en SAP2000, se definió un material de concreto armado con una resistencia a la compresión especificada (f'_c) de 280 kg/cm². A continuación, se detallan las propiedades mecánicas y físicas asignadas:

Figura 3.1: Propiedades del material utilizado en SAP2000

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: fc 280

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2.4028

Mass per Unit Volume: 0.245

Units: Tonf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2534563.5

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 1056068.1

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'_c : 2812.2785

☐ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Fuente: SAP 2000.

3.2 Cargas Vehiculares

Como se ya se describió con anterioridad, los vehículos ocupados serán el vehículo de la AASHTO (2020) llamado HL-93 y el vehículo de la NEVI-12 llamado HSMOP. A continuación, se detalla su distribución de cargas:

Figura 3.2: Carga del vehículo de la NEVI-12 (HSMOP) en SAP2000

Vehicle Data

Vehicle name: HSMOP Units: Tonf, m, C

Load Elevation:

Loads:

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		0.	5.
Leading Load	Infinite		0.	5.
Fixed Length	4.2	9.2	0.	20.
Variable Length	4.2		0.	20.

Buttons: Add, Insert, Modify, Delete

☐ Vehicle Remains Fully In Path

OK Cancel

Fuente: SAP 2000.

Figura 3.3: Carga del vehículo de la AASHTO (HL-93) en SAP2000

Vehicle Data

Vehicle name: Units:

Load Elevation



Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		0.95	3.5
Leading Load	Infinite		0.95	3.5
Fixed Length	4.3	9.	0.95	14.5
Variable Length	4.3		0.95	14.5
Trailing Load	Infinite		0.95	

☐ Vehicle Remains Fully In Path

Fuente: SAP 2000.

3.3 Combinaciones de Carga

3.3.1 Combinaciones de Carga con vehículo HSMOP

Figura 3.4: Combinaciones de carga mayoradas con el vehículo de la NEVI-12 (HSMOP)

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.25
DEAD	Linear Static	1.25
HSMOP	Linear Multi-step Static	1.75

Fuente: SAP 2000.

Esta combinación de cargas ($1.25D + 1.75L$) representa un estado límite de resistencia según los factores de carga estipulados en la normativa NEVI-12. Su objetivo es evaluar la capacidad estructural del puente bajo solicitaciones mayoradas, considerando cargas permanentes y vehiculares.

Figura 3.5: Combinaciones de carga de servicio con el vehículo de la NEVI-12 (HSMOP)

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): 1D+1L

Notes:

Load Combination Type: Linear Add

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.
DEAD	Linear Static	1.
HSMOP	Linear Multi-step Static	1.

Fuente: SAP 2000

Esta combinación de cargas representa un estado límite de servicio que evalúa el comportamiento estructural del puente bajo condiciones normales de operación, considerando las cargas permanentes (D) y la carga vehicular móvil (HSMOP) con sus valores característicos (sin mayorar).

3.3.2 Combinaciones de Carga con vehículo HL-93

Figura 3.6: Combinaciones de carga mayoradas con el vehículo de la AASHTO (HL-93)

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.25
DEAD	Linear Static	1.25
HL-93	Moving Load	1.75

Fuente: SAP 2000.

Esta combinación de cargas ($1.25D + 1.75L$) representa un estado límite de resistencia según los factores de carga estipulados en la normativa AASHTO LRFD. Su objetivo es evaluar la capacidad estructural del puente bajo solicitaciones mayoradas, considerando cargas permanentes y vehiculares.

Figura 3.7: Combinaciones de carga de servicio con el vehículo de la AASHTO (HL-93)

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): 1D+1L

Notes:

Load Combination Type: Linear Add

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.
DEAD	Linear Static	1.
HL-93	Moving Load	1.

Fuente: SAP 2000.

Esta combinación de cargas representa un estado límite de servicio que evalúa el comportamiento estructural del puente bajo condiciones normales de operación, considerando las cargas permanentes (D) y la carga vehicular móvil (HL-93) con sus valores característicos (sin mayorar).

3.4 Cargas uniformes

Carga uniforme asignada en SAP2000

La siguiente tabla muestra la determinación de la carga muerta uniforme distribuida aplicada en los elementos del puente (losas o vigas, según el caso) dentro del modelo estructural en SAP2000. Esta carga representa el peso propio de los elementos no estructurales permanentes que actúan sobre la superestructura.

Tabla 3.1: Cálculo de carga uniforme

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO		OPERACIÓN	ESPESOR		PESO	
CARPETA ASFÁLTICA	2240	kg/m ³	X	0.08	m	179.2	kg/m ²
INSTALACIONES	200	kg/m ²	-	-	-	200	kg/m ²
						379.2	kg/m ²
						1137.6	kg/m
TOTAL						1.14	Tn/m

Fuente: Elaboración propia (2025)

Se consideraron dos componentes principales:

- **Carpeta asfáltica:** Se asumió un peso específico de 2240 kg/m³ y un espesor de 0.08 m, lo que da como resultado una carga de 179.2 kg/m².
- **Instalaciones:** Se estimó un peso distribuido de 200 kg/m², considerando ductos, luminarias, drenaje superficial y demás elementos que permanecen sobre la superficie del tablero.

La suma de estas cargas da un total de **379.2 kg/m²**. Para convertir esta carga superficial a carga lineal (ya que SAP2000 la requiere por metro lineal en vigas), se multiplicó por el ancho de influencia tributaria de 3.0 m (ancho de carril), obteniendo:

- **Carga lineal total:** $379.2 \text{ kg/m}^2 \times 3.0 \text{ m} = 1137.6 \text{ kg/m} \approx 1.14 \text{ t/m}$

Esta carga fue ingresada en SAP2000 en la sección de “UNIFORMLOADS” actuando en la dirección global vertical sobre los elementos del modelo.

Figura 3.8: Carga uniforme asignada en SAP2000

Trapezoidal Loads				
	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.25	0.75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.5 Determinación de luces, prediseño de vigas y prediseño de losas

Se definieron las luces de los puentes considerando el objetivo principal del estudio: determinar en qué casos es más beneficioso emplear un puente tablero o un puente viga-tablero. Para ello, se analizarán y diseñarán ambas tipologías estructurales con luces de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 metros, permitiendo una comparación técnica y económica en función de su comportamiento estructural y costos asociados.

3.5.1 Prediseño canto de puentes tipo tablero

Para el prediseño de losas macizas de hormigón armado en puentes tipo tablero isostáticos, se utilizó la relación recomendada en la tabla AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (2020), específicamente para losas con refuerzo principal paralelo al tráfico en vanos simples.

Tabla 3.2: Profundidades mínimas tradicionales para superestructuras de profundidad constante de AASHTO LRFD

2-14

AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, NINTH EDITION, 2020

Table 2.5.2.6.3-1—Traditional Minimum Depths for Constant Depth Superstructures

Superstructure		Minimum Depth (Including Deck)	
Material	Type	Simple Spans	Continuous Spans
Reinforced Concrete	Slabs with Main Reinforcement Parallel to Traffic	$\frac{1.2(S+10)}{30}$	$\frac{S+10}{30} \geq 0.54 \text{ ft}$
	T-Beams	$0.070L$	$0.065L$
	Box Beams	$0.060L$	$0.055L$
	Pedestrian Structure Beams	$0.035L$	$0.033L$
Prestressed Concrete	Slabs	$0.030L \geq 6.5 \text{ in.}$	$0.027L \geq 6.5 \text{ in.}$
	CIP Box Beams	$0.045L$	$0.040L$
	Precast I-Beams	$0.045L$	$0.040L$
	Pedestrian Structure Beams	$0.033L$	$0.030L$
	Adjacent Box Beams	$0.030L$	$0.025L$
Steel	Overall Depth of Composite I-Beam	$0.040L$	$0.032L$
	Depth of I-Beam Portion of Composite I-Beam	$0.033L$	$0.027L$
	Trusses	$0.100L$	$0.100L$

Fuente: AASHTO (2020)

La ecuación empleada para estimar la profundidad mínima de la losa es:

Ecuación 2

$$h = \frac{1.2(S + 10)}{30}$$

Con la ecuación dada, se usó para las diferentes longitudes convertidas al sistema imperial (pies) y así obtener las profundidades mínimas recomendadas para losas macizas de hormigón armado en puentes isostáticos, asegurando un comportamiento estructural adecuado según las especificaciones AASHTO (2020).

- Vano de 5 m ≈ 16.4 pies:

$$h = \frac{1.2 * (16.4 + 10)}{30} = 1.06 \text{ pies} \approx 0.32 \text{ m}$$

- Vano de 10 m ≈ 32.8 pies:

$$h = \frac{1.2 * (32.8 + 10)}{30} = 1.17 \text{ pies} \approx 0.52 \text{ m}$$

- Vano de 15 m ≈ 49.2 pies:

$$h = \frac{1.2 * (49.2 + 10)}{30} = 2.37 \text{ pies} \approx 0.72 \text{ m}$$

- Vano de 20 m ≈ 65.6 pies:

$$h = \frac{1.2 * (65.6 + 10)}{30} = 3.02 \text{ pies} \approx 0.92 \text{ m}$$

- Vano de 25 m ≈ 82 pies:

$$h = \frac{1.2 * (82 + 10)}{30} = 3.68 \text{ pies} \approx 1.12 \text{ m}$$

- Vano de 30 m ≈ 98.4 pies:

$$h = \frac{1.2 * (98.4 + 10)}{30} = 4.34 \text{ pies} \approx 1.32 \text{ m}$$

En la etapa de diseño detallado, se deberán verificar las condiciones específicas de carga, refuerzo y criterios de servicio para confirmar o ajustar estos valores.

3.5.2 Prediseño canto de puentes tipo viga tablero

3.5.2.1 Prediseño de la Superestructura del Puente Viga-Tablero

El prediseño de la superestructura del puente se realizó con el objetivo de establecer dimensiones preliminares para la losa y las vigas de concreto armado, garantizando una configuración estructural eficiente. Para este análisis, se consideró un puente de **un solo carril de 3 m de ancho**, con **dos vigas principales** que soportarán la carga de la losa y del tránsito vehicular.

3.5.2.2 Espesor de la Losa

Para determinar el espesor inicial de la losa de concreto armado, se emplearon criterios de prediseño basados en relaciones empíricas y en la **AASHTO LRFD 2020**. En general, el espesor de losas macizas de puentes viga-tablero se estima en función de la luz del puente (L), mediante la siguiente expresión:

$$hl = \frac{L}{20} \text{ a } \frac{L}{15}$$

donde:

- hl = espesor de la losa (m)
- L = luz del vano isostático (m)

Aplicando esta relación, los espesores aproximados de la losa para diferentes luces son:

Tabla 3.3: Espesor de la losa del puente Tablero

Luz del puente L (m)	Espesor de la losa hl (m)
5	0.25 – 0.33
10	0.50 – 0.67
15	0.75 – 1.00
20	1.00 – 1.33
25	1.25 – 1.67
30	1.50 – 2.00

Fuente: Elaboración propia (2025)

Estos valores proporcionan una referencia inicial, sujeta a verificación estructural detallada.

3.5.2.3 Dimensiones de las Vigas de Concreto Armado

El prediseño de las vigas se realizó en función de la luz del puente, aplicando las recomendaciones de la **AASHTO LRFD 2020** y otros criterios de diseño para puentes de concreto armado. La altura de las vigas se estimó con la relación:

$$hv = \frac{L}{12} \text{ a } \frac{L}{10}$$

Mientras que el ancho de las vigas (bv) se estableció como:

$$bv = \frac{hv}{3} a \frac{hv}{2}$$

Aplicando estas relaciones, se obtienen las dimensiones preliminares de las vigas rectangulares para diferentes luces:

Tabla 3.4: Espesor de la losa del puente Viga-Tablero

Luz L (m)	Altura de viga hv (m)	Ancho de viga bv (m)
5	0.42 – 0.50	0.14 – 0.25
10	0.83 – 1.00	0.28 – 0.50
15	1.25 – 1.50	0.42 – 0.75
20	1.67 – 2.00	0.56 – 1.00
25	2.08 – 2.50	0.69 – 1.25
30	2.50 – 3.00	0.83 – 1.50

Fuente: Elaboración propia (2025)

Cada viga soportará aproximadamente **1.5 m de ancho de losa**, dado que el puente se diseña para un solo carril de **3 m** con **dos vigas principales**.

El prediseño presentado constituye una base preliminar para el dimensionamiento estructural del puente viga-tablero. Los valores calculados serán validados mediante análisis estructurales detallados en SAP2000, considerando combinaciones de carga, efectos dinámicos del tránsito y criterios de servicio.

3.6 Modelado estructural de puentes tipo tablero y viga-tablero

Con el objetivo de comparar técnica y económicamente dos tipos de soluciones estructurales para puentes de un solo carril, se desarrolló el modelado de puentes tipo **tablero macizo** y **viga-tablero**, en luces de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 metros. Para cada modelo, se evaluaron las deformaciones producidas por las cargas vehiculares normativas, utilizando los camiones tipo **HSM-MOP** del Reglamento Ecuatoriano de la Construcción y la carga combinada **HL-93** conforme a AASHTO LRFD 2020.

3.6.1 Puentes tipo tablero

El proceso de modelado para los puentes tipo tablero comenzó con un prediseño inicial de los cantos estructurales, definidos como una proporción directa de la luz ($L/16$ en promedio). Estas dimensiones iniciales se utilizaron para verificar el comportamiento estructural frente a los criterios de deformación establecidos, particularmente el límite de $L/800$.

A partir del análisis, se evidenció que los modelos prediseñados **no cumplían con el límite de deformación en varias luces**, especialmente para el modelo HS-MOP. En consecuencia, fue necesario ajustar las alturas de canto de forma progresiva hasta alcanzar el cumplimiento normativo en todos los casos. Cabe recalcar que para este análisis de cumplimiento de deflexiones se tomó la combinación de cargas de 1D+1L esto quiere decir la combinación de servicio. En la siguiente tabla se presentan los valores utilizados en el prediseño inicial:

Tabla 3.5: Prediseño de puentes tipo tablero (no todos cumplieron)

Luz (m)	Altura de canto	Deformación admisible (m)	Deformación HSMOP (m)	Deformación HL-93 (m)	Observación HSMOP	Observación HL-93
5	0.32	0.00625	0.0038	0.0035	Cumple	Cumple
10	0.52	0.0125	0.0136	0.0134	No cumple	No cumple
15	0.72	0.01875	0.0258	0.0177	No cumple	Cumple
20	0.92	0.025	0.0529	0.0468	No cumple	No cumple
25	1.12	0.03125	0.0567	0.0694	No cumple	No cumple
30	1.32	0.0375	0.0823	0.0963	No cumple	No cumple

Fuente: Elaboración propia (2025)

Posteriormente, se realizó la modificación de los cantos hasta encontrar una sección adecuada que cumpla con los límites de deformación para ambos modelos de carga. En la tabla siguiente se resumen las dimensiones finales utilizadas para cada luz:

Tabla 3.6: Geometría de los tableros cumpliendo con los límites de deformación

Luz (m)	Altura de canto	Deformación admisible (m)	Deformación HSMOP (m)	Observación HSMOP
5	0.45	0.00625	0.0006	Cumple
10	0.65	0.0125	0.0118	Cumple
15	0.83	0.01875	0.0183	Cumple

20	1.15	0.025	0.0244	Cumple
25	1.6	0.03125	0.0297	Cumple
30	2.12	0.0375	0.0308	Cumple

Fuente: Elaboración propia (2025)

Luz (m)	Altura de canto	Deformación admisible (m)	Deformación HL-93 (m)	Observación HL-93
5	0.45	0.00625	0.0035	Cumple
10	0.54	0.0125	0.01249	Cumple
15	0.72	0.01875	0.0177	Cumple
20	1.21	0.025	0.0245	Cumple
25	1.6	0.03125	0.0307	Cumple
30	2.05	0.0375	0.0361	Cumple

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.6.2 Puentes tipo viga-tablero

A diferencia de los puentes tipo tablero, el diseño de los puentes tipo **viga-tablero** se abordó de forma más directa mediante la aplicación de criterios de prediseño estructural típicos. Para cada luz, se establecieron secciones rectangulares de vigas sólidas de concreto armado, y una losa superior cuyo espesor se incrementó gradualmente con la longitud del vano. Se consideraron dos vigas por carril (ancho de 3.00 m) en todos los casos.

El análisis de deformaciones bajo los modelos de carga HS-MOP y HL-93 evidenció que todas las configuraciones propuestas **cumplieron con los límites de deformación establecidos (L/800)**. Esto indica que el prediseño adoptado fue eficiente, evitando la necesidad de ajustes adicionales como ocurrió con los puentes tipo tablero.

Tabla 3.7: Geometría y comportamiento de los puentes tipo viga-tablero

Luz (m)	Altura de viga	Ancho de viga	Espesor de losa	Deformación admisible (m)	Deformación HSMOP (m)	Observación HSMOP
5	0.5	0.15	0.2	0.00625	0.003	Cumple
10	0.7	0.23	0.2	0.0125	0.0125	Cumple
15	1.05	0.35	0.2	0.01875	0.0157	Cumple

20	1.4	0.4	0.25	0.025	0.0184	Cumple
25	1.75	0.45	0.25	0.03125	0.0238	Cumple
30	2	0.55	0.35	0.0375	0.0283	Cumple

Fuente: Elaboración propia (2025)

Luz (m)	Altura de viga	Ancho de viga	Espesor de losa	Deformación admisible (m)	Deformación HL-93 (m)	Observación HL-93
5	0.5	0.15	0.2	0.00625	0.0027	Cumple
10	0.7	0.23	0.2	0.0125	0.0123	Cumple
15	1.05	0.35	0.2	0.01875	0.0175	Cumple
20	1.4	0.4	0.25	0.025	0.0227	Cumple
25	1.75	0.45	0.25	0.03125	0.0305	Cumple
30	2	0.55	0.35	0.0375	0.0358	Cumple

Fuente: Elaboración propia (2025)

Este enfoque permitió simplificar el proceso de modelado para los puentes viga-tablero, y facilitó la validación estructural de manera más eficiente.

3.7 Selección de secciones definitivas para el diseño estructural

Luego de realizar un prediseño preliminar para los puentes tipo tablero y tipo viga-tablero, se procedió a modelar estructuralmente cada uno de ellos bajo las combinaciones de carga correspondientes a los vehículos HS-MOP y HL-93, conforme a los requerimientos establecidos por la normativa ecuatoriana de puentes. En cada modelo, se evaluaron las deformaciones verticales máximas bajo cargas vivas y se compararon con los límites admisibles para garantizar el desempeño estructural aceptable.

Para cada tipo de puente, se realizaron ajustes sucesivos a la altura de canto (en puentes tipo tablero) y a la altura de viga y espesor de losa (en puentes viga-tablero), con el fin de cumplir simultáneamente con los límites de deformación tanto para la carga HS-MOP como para la HL-93. Como resultado, se seleccionaron las secciones definitivas que garantizan el cumplimiento normativo frente a ambas solicitaciones, y que servirán como base para el diseño del refuerzo de acero.

Las **Tablas 3.4 y 3.5** presentan las secciones seleccionadas para ambos tipos de puente, mostrando únicamente aquellas configuraciones que cumplieron los criterios de deformación para **ambas cargas vehiculares**. En el caso de los puentes tipo tablero, para luces mayores a 15m se aumentaron progresivamente las alturas de canto para obtener una deformación dentro del límite permitido para la carga HS-MOP recurriendo a secciones extremadamente robustas. Por esta razón, **podemos decir que los puentes Tablero para luces mayores a 15m no son recomendables**, ya que las dimensiones necesarias resultan **no factibles desde el punto de vista constructivo**, poco eficientes económicamente y no representaban soluciones estructurales realistas para proyectos convencionales.

En contraste, los puentes tipo viga-tablero sí lograron cumplir con los límites de deformación en todas las luces evaluadas, hasta 30 metros, mediante incrementos controlados en la altura de las vigas y ajustes en los espesores de losa. Esto demuestra una mayor eficiencia estructural del sistema viga-tablero en luces medias y largas, lo cual será considerado en la comparación final entre ambos tipos.

3.8 Control de deflexiones

Para el control de las deformaciones verticales en los puentes diseñados, se adoptó el criterio de límite de deflexión establecido por la especificación AASHTO LRFD (2020), que establece un valor máximo de $L/800$ para puentes de concreto armado sometidos a carga vehicular general según los siguientes criterios.

Figura 3.9: Limite de deflexión establecido por la AASHTO LRFD (2020)

In the absence of other criteria, the following deflection limits may be considered for steel, aluminum, and/or concrete vehicular bridges:

- Vehicular load, general $\text{Span}/800$,
- Vehicular and pedestrian loads $\text{Span}/1,000$,
- Vehicular load on cantilever arms..... $\text{Span}/300$, and
- Vehicular and pedestrian loads on cantilever arms..... $\text{Span}/375$.

Fuente: AASHTO LRFD (2020)

Tabla 3.8: Geometría y comportamiento de los puentes tipo Tablero

Luz (m)	Altura de canto (m)	Deformación admisible (m)	Deformación HSMOP (m)	Deformación HL-93 (m)	Observación HSMOP	Observación HL-93
5	0.45	0.00625	0.0006	0.0005	Cumple	Cumple
10	0.65	0.0125	0.0118	0.01249	Cumple	Cumple
15	0.83	0.01875	0.0183	0.0177	Cumple	Cumple
20	1.21	0.025	0.0244	0.0245	Cumple	Cumple
25	1.6	0.03125	0.0297	0.0307	Cumple	Cumple
30	2.12	0.0375	0.0308	0.0361	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia (2025)

Tabla 3.9: Geometría y comportamiento de los puentes tipo Viga-Tablero

Luz (m)	Altura de viga (m)	Ancho de viga (m)	Espesor de losa (m)	Deformación admisible (m)	Deformación HSMOP (m)	Deformación HL-93 (m)	Observación HSMOP Y HL-93
5	0.5	0.20	0.2	0.00625	0.003	0.0027	Cumple
10	0.7	0.25	0.2	0.0125	0.0125	0.0123	Cumple
15	1.05	0.35	0.2	0.01875	0.0157	0.0175	Cumple
20	1.4	0.40	0.25	0.025	0.0184	0.0227	Cumple
25	1.75	0.45	0.25	0.03125	0.0238	0.0305	Cumple
30	2	0.55	0.35	0.0375	0.0283	0.0358	Cumple

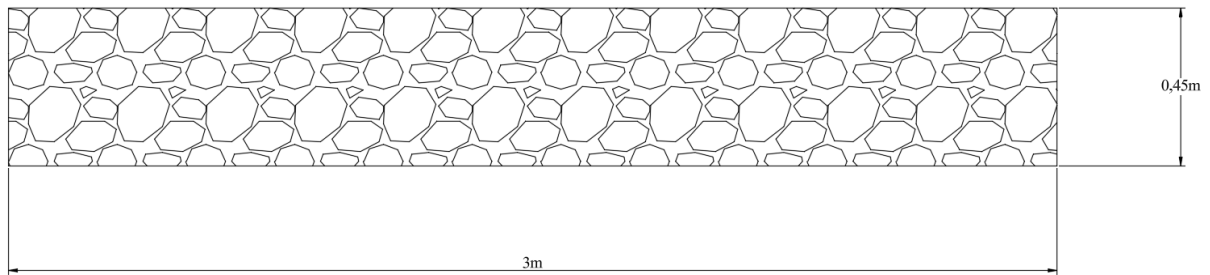
Fuente: Elaboración propia (2025)

3.9 Secciones seleccionas de los puentes

3.9.1 Secciones seleccionadas de puente tipo Tablero

- Para Luz = 5m

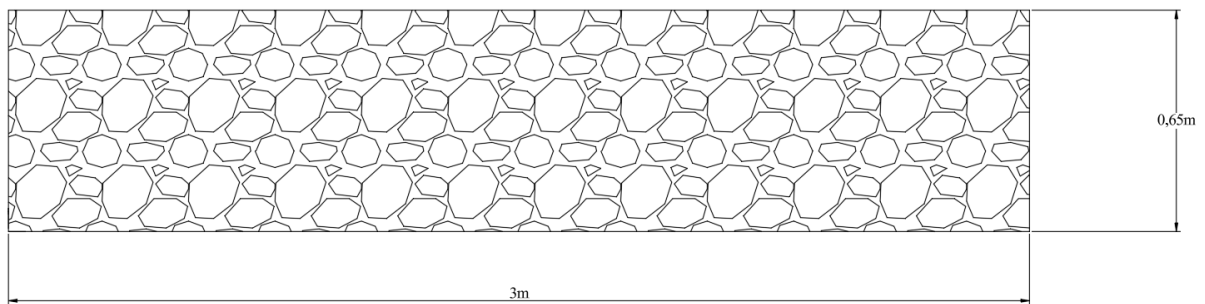
Figura 3.10: Sección de puente tipo Tablero para luz de 5m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 10m

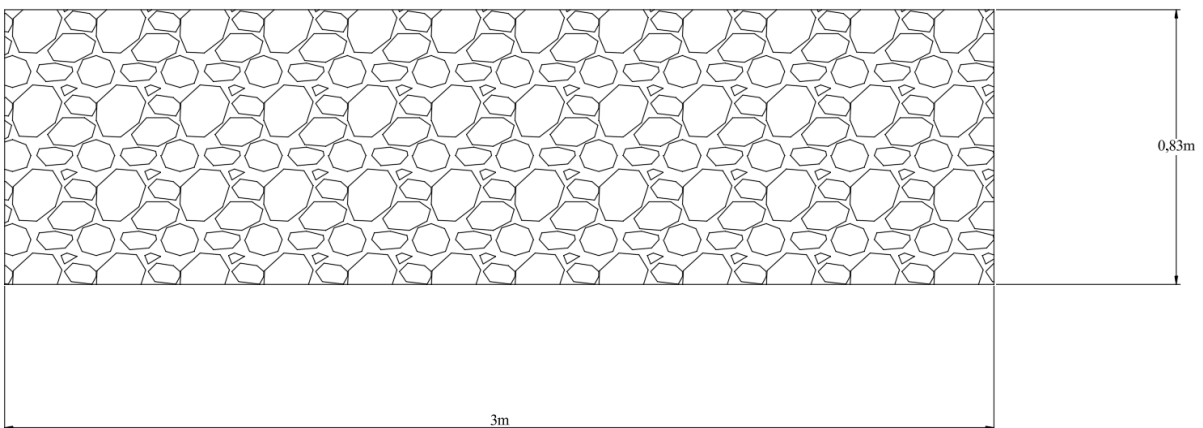
Figura 3.11: Sección de puente tipo Tablero para luz de 10m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 15m

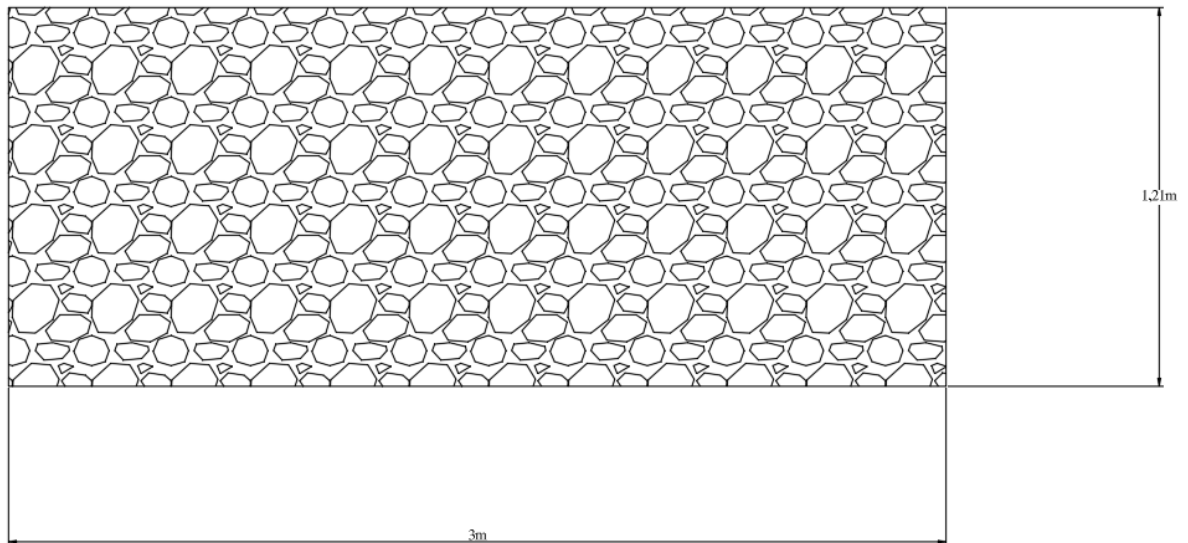
Figura 3.12: Sección de puente tipo Tablero para luz de 15m



Fuente: Elaboración propia (2025)

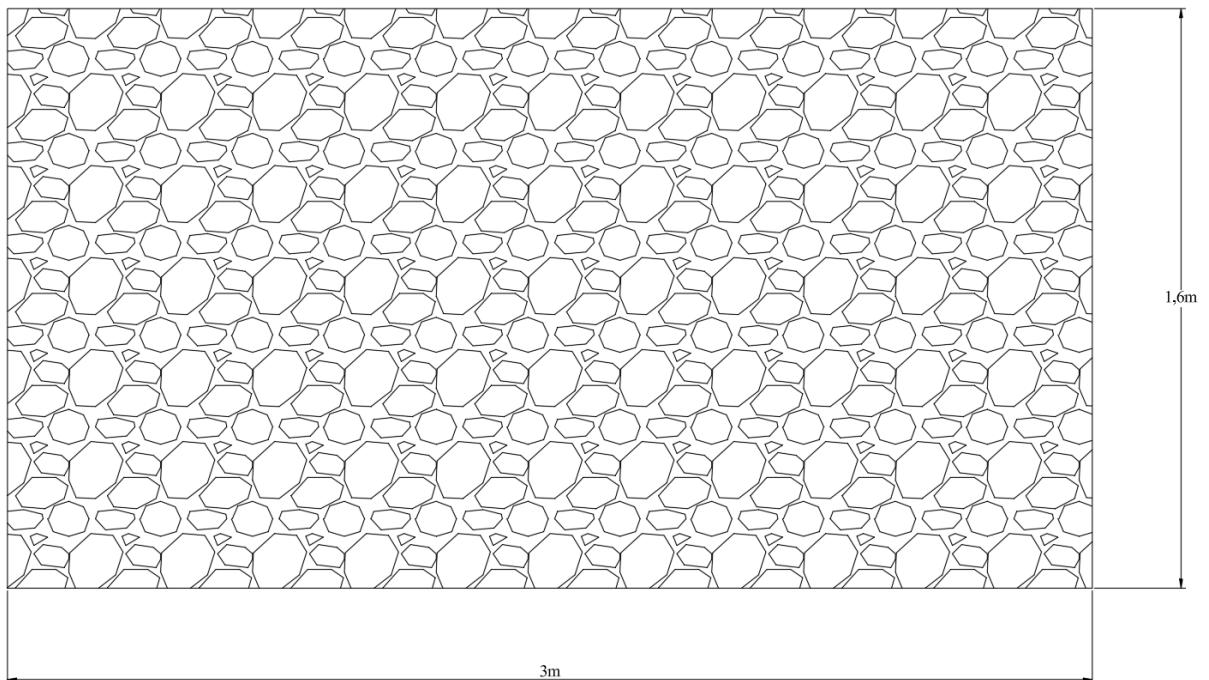
- Para Luz = 20m

Figura 3.13: Sección de puente tipo Tablero para luz de 20m



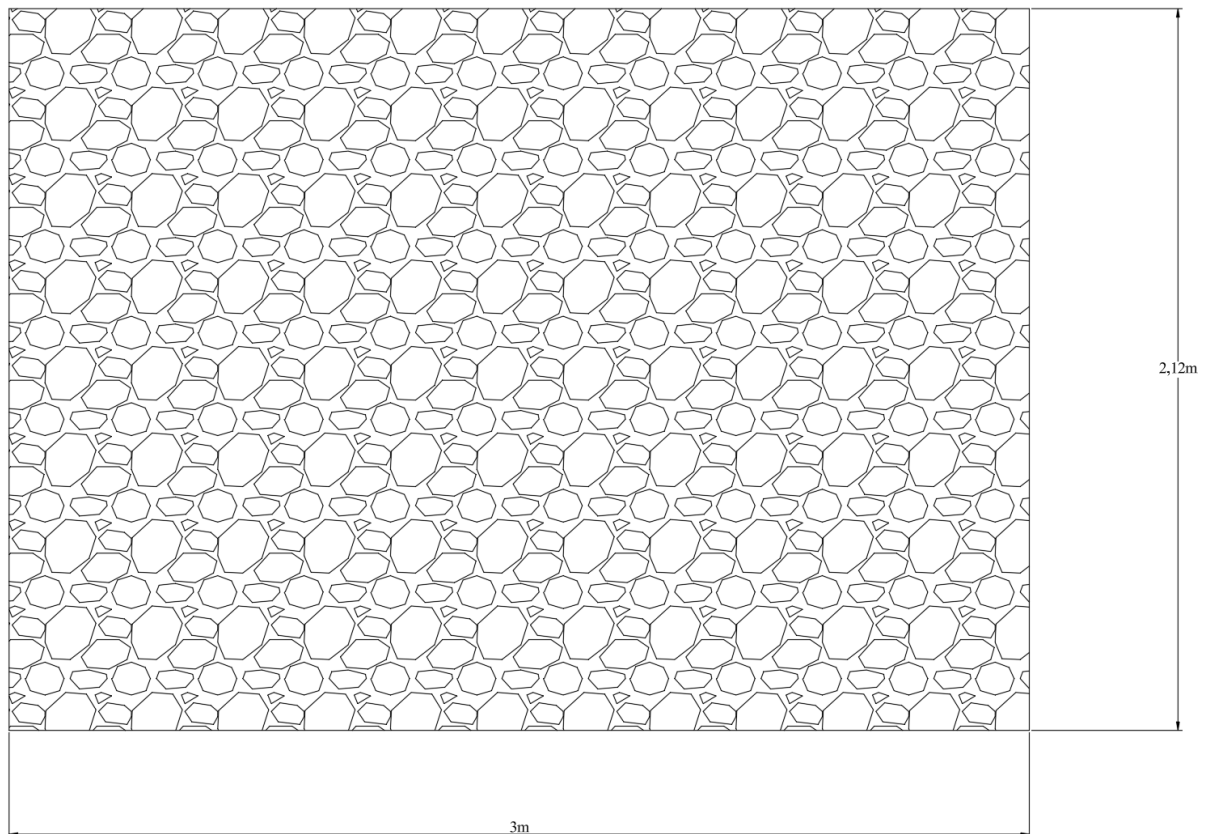
Fuente: Elaboración propia (2025)

Figura 3.14: Sección de puente tipo Tablero para luz de 25m



Fuente: Elaboración propia (2025)

Figura 3.15: Sección de puente tipo Tablero para luz de 30m

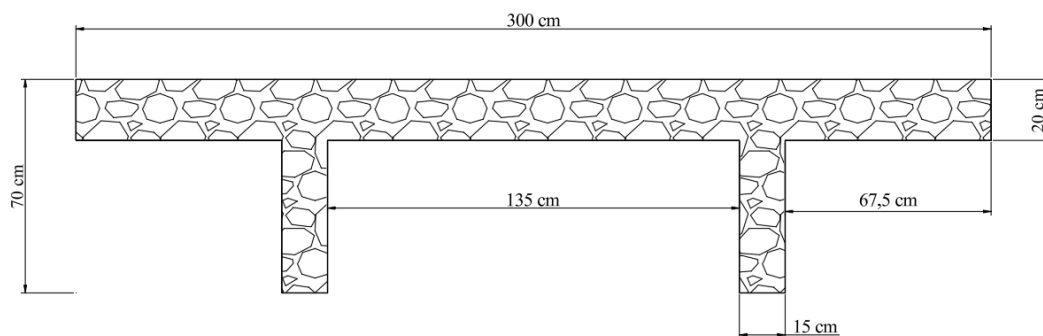


Fuente: Elaboración propia (2025)

3.9.2 Secciones seleccionadas de puente tipo Viga-Tablero

- Para Luz = 5m

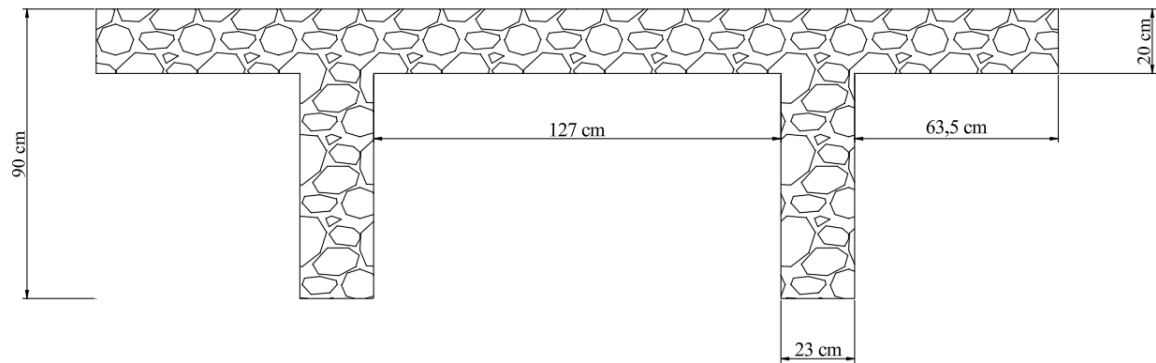
Figura 3.14: Sección de puente tipo Viga-Tablero para luz de 5m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 10m

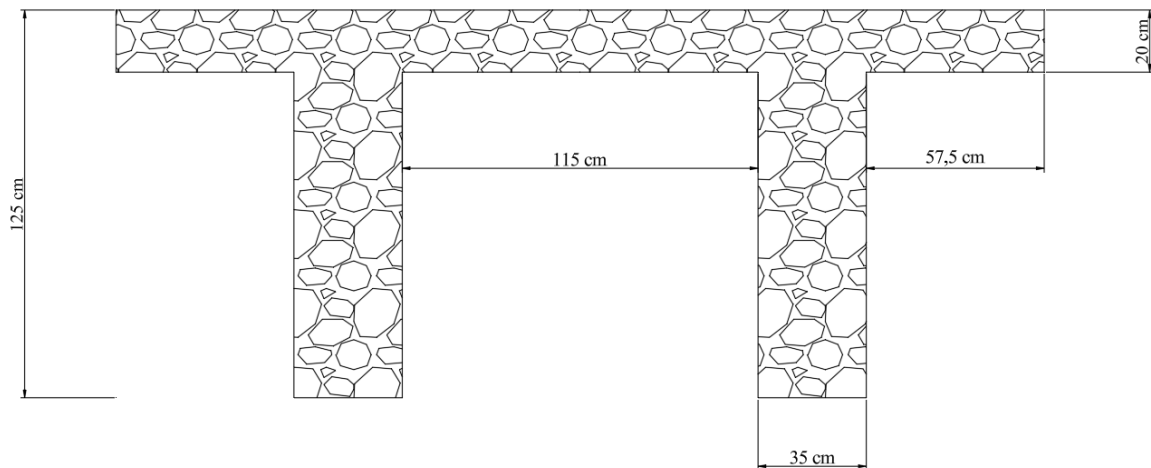
Figura 3.15: Sección de puente tipo Viga-Tablero para luz de 10m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 15m

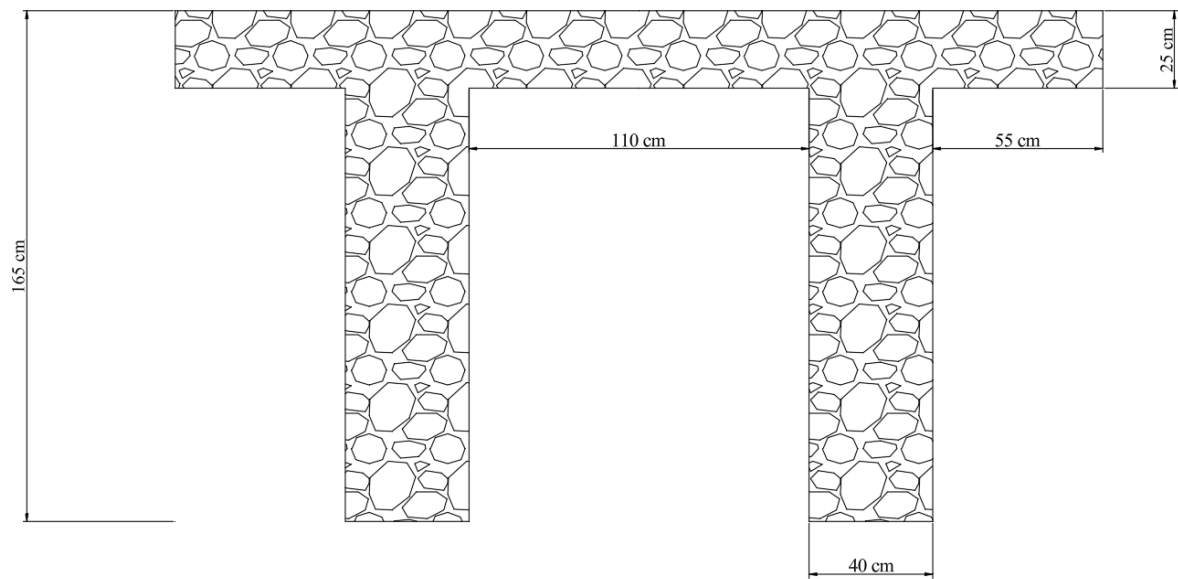
Figura 3.16: Sección de puente tipo Viga-Tablero para luz de 15m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 20m

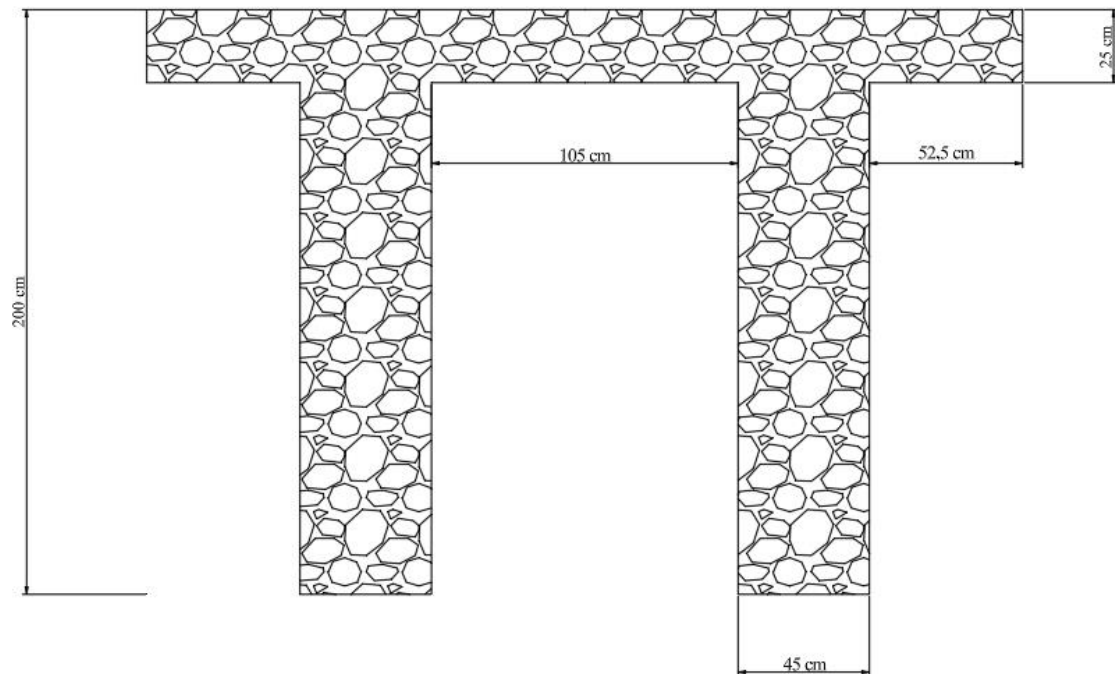
Figura 3.17: Sección de puente tipo Viga-Tablero para luz de 20m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 25m

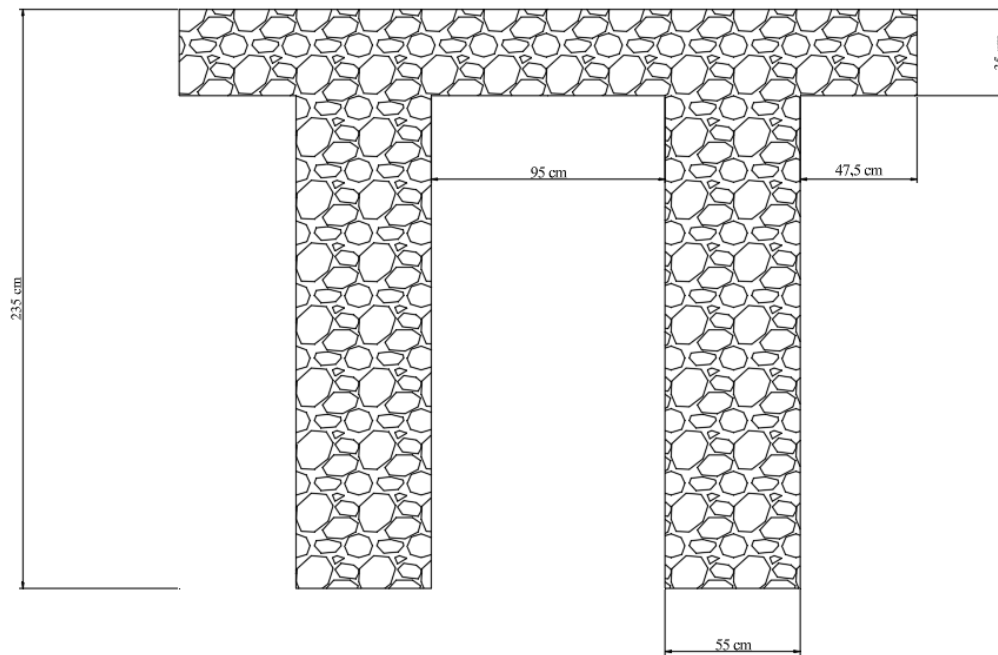
Figura 3.18: Sección de puente tipo Viga-Tablero para luz de 25m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 30m

Figura 3.19: Sección de puente tipo Viga-Tablero para luz de 30m



Fuente: Elaboración propia (2025)

3.10 Momentos y cortantes máximos obtenidos del modelo estructural

Una vez definidos los modelos estructurales para los puentes tipo tablero y viga-tablero, se procedió a realizar el análisis en el software SAP2000, aplicando las cargas combinadas conforme a la normativa ecuatoriana de puentes, específicamente con el uso del camión de diseño HSMOP y la carga HL-93. A partir de este análisis, se obtuvieron los valores máximos de momento flector último (MU) y cortante máximo (VMAX) para cada uno de los modelos en función de su luz estructural.

Para poder obtener estos momentos y cortantes últimos en el software SAP2000, se utilizó un combo creado para mayorar las cargas y así poder obtener las cargas de diseño. Esto se aplicó en cada puente diseñado, como se observa en la figura 3.4.

En la **Tabla 3.10** se presentan los valores máximos de momento y cortante para los puentes tipo **tablero** con luces de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 metros. Se observa que, como era de esperarse, el incremento de la luz conlleva un aumento significativo tanto en el momento como en el cortante. Por ejemplo, para una luz de 5 m, el momento máximo fue de 57.2 Ton·m y el cortante de 49.8 Ton; mientras que, para 20 m de luz, el momento máximo aumentó a 916.16 Ton·m y el cortante a 188.68 Ton.

Por otra parte, en la **Tabla 3.11** se muestran los resultados obtenidos para los modelos de puentes **viga-tablero**, en los que se evaluaron luces de 5 hasta 30 metros. En este caso, también se verifica un crecimiento progresivo en las solicitaciones a medida que incrementa la luz. Para una luz de 5 m se obtuvo un MU de 44.89 Ton·m y un VMAX de 39.45 Ton, mientras que, para una luz de 30 m, el momento máximo ascendió a 1264.25 Ton·m y el cortante máximo a 172.2 Ton.

Estos valores serán fundamentales para el diseño del refuerzo de acero que se desarrollará en los siguientes apartados, ya que servirán como base para calcular las cuantías necesarias que garanticen la resistencia última de las secciones en cada uno de los casos analizados.

Tabla 3.10: Esfuerzos máximos (Momento y Cortante) obtenidos del SAP 2000 para el puente Tablero

Luz L (m)	MU (Ton*m)	VMAX (Ton)
5	59.93	52.16
10	158.71	76.17
15	413	130.2
20	916.16	188.68
25	1381.94	199.71
30	2483.86	379.04

Fuente: Elaboración propia (2025)

Tabla 3.11: Esfuerzos máximos (Momento y Cortante) obtenidos del SAP 2000 para el puente Viga-Tablero

Luz L (m)	MU (Ton*m)	VMAX (Ton)
5	44.89	39.45
10	147.75	71.74
15	289.35	84.27
20	511.5	107.75
25	801.74	132.64
30	1264.25	172.2

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.11 Diseño de Acero Longitudinal por Momentos Flectores

3.11.1 Acero longitudinal positivo

El acero longitudinal positivo constituye el refuerzo principal en losas y vigas de concreto armado, ya que se ubica en la zona inferior del elemento estructural, donde se presentan los esfuerzos de tracción ante la acción de cargas gravitacionales. Su diseño es fundamental para resistir los momentos flectores positivos generados en los tramos centrales de los elementos.

Para el dimensionamiento del acero longitudinal positivo en este trabajo, se siguieron los procedimientos establecidos en el libro de Marcelo Romo Proaño, considerando el equilibrio de fuerzas internas en la sección y aplicando las ecuaciones derivadas del análisis por flexión de secciones rectangulares de concreto armado. La cuantía se determinó a partir del momento flector máximo obtenido del análisis estructural de cada puente, empleando los valores de resistencia a la compresión del concreto y fluencia del acero especificados para el diseño.

Además, se respetaron los criterios de separación mínima entre varillas y recubrimientos definidos por las normas, disponiendo las barras de manera simétrica a lo largo del ancho útil de la losa o viga, y garantizando una distribución adecuada que permita una correcta transferencia de cargas y un comportamiento estructural eficiente.

La disposición del acero positivo se adaptó a cada caso, de acuerdo con la longitud del puente, los esfuerzos actuantes y el tipo de sección utilizada (losa maciza o viga-tablero), asegurando siempre que la sección reforzada tenga la capacidad resistente suficiente para soportar los esfuerzos de flexión con un buen margen de seguridad.

3.11.2 Acero negativo longitudinal

En los elementos estructurales como losas y vigas de concreto armado, además del acero positivo ubicado en la zona de tracción inferior, se requiere en muchos casos disponer acero longitudinal en la cara superior, conocido como **acero negativo**, especialmente en los apoyos o zonas donde se presentan momentos flectores negativos.

Para efectos del presente estudio, y siguiendo un criterio de diseño práctico comúnmente aceptado, se adoptó que el acero negativo represente el **50 % del área de acero positiva** correspondiente. Esta decisión se justifica en la necesidad de mantener un equilibrio razonable entre la capacidad resistente y la economía constructiva, asegurando además una correcta distribución de esfuerzos en zonas de apoyo y continuidad, sin incurrir en excesos de refuerzo innecesarios.

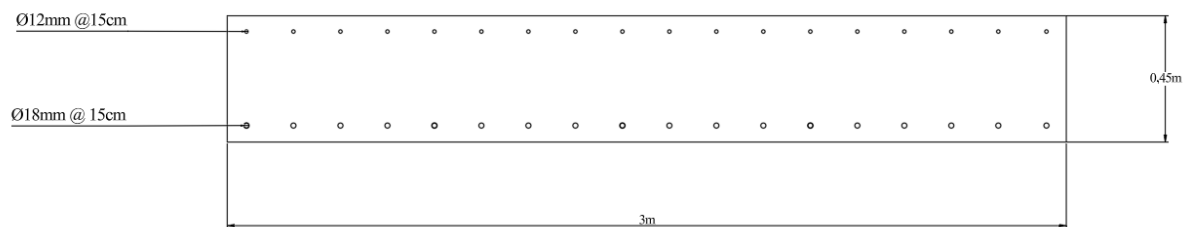
Asimismo, se mantuvo el mismo número de varillas en el acero negativo que en el acero positivo, pero utilizando diámetros menores de tal forma que el área total equivalente cumpla con el 50 % de la cuantía requerida en la zona de tracción inferior. Esta estrategia facilita la ejecución y el amarre del refuerzo durante la construcción, garantizando uniformidad y eficiencia en obra.

3.12 Secciones de los puentes con los Aceros longitudinales necesarios

3.12.1 Secciones de los Puentes Tablero

- Para Luz = 5m

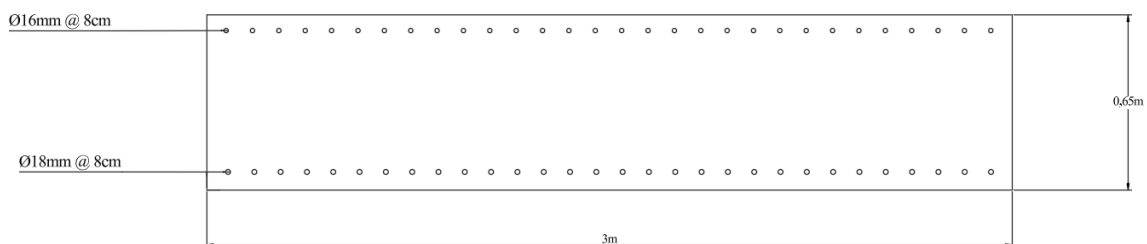
Figura 3.200: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Tablero para luz de 5m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 10m

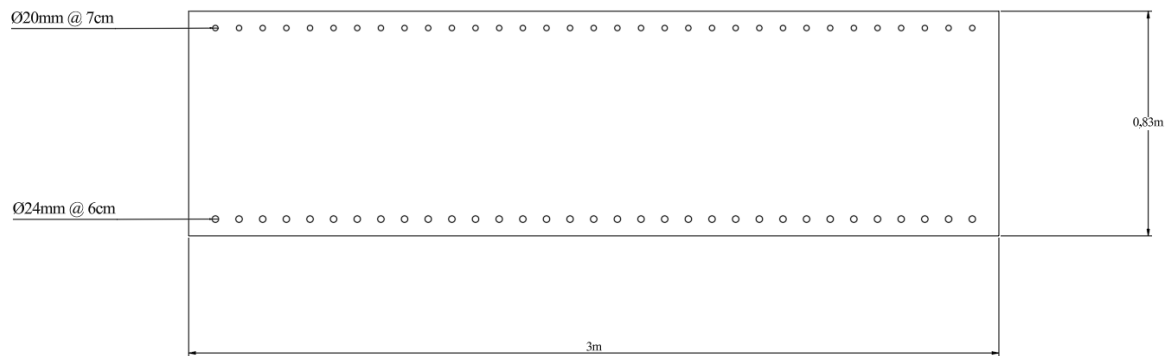
Figura 3.21: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Tablero para luz de 10m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 15m

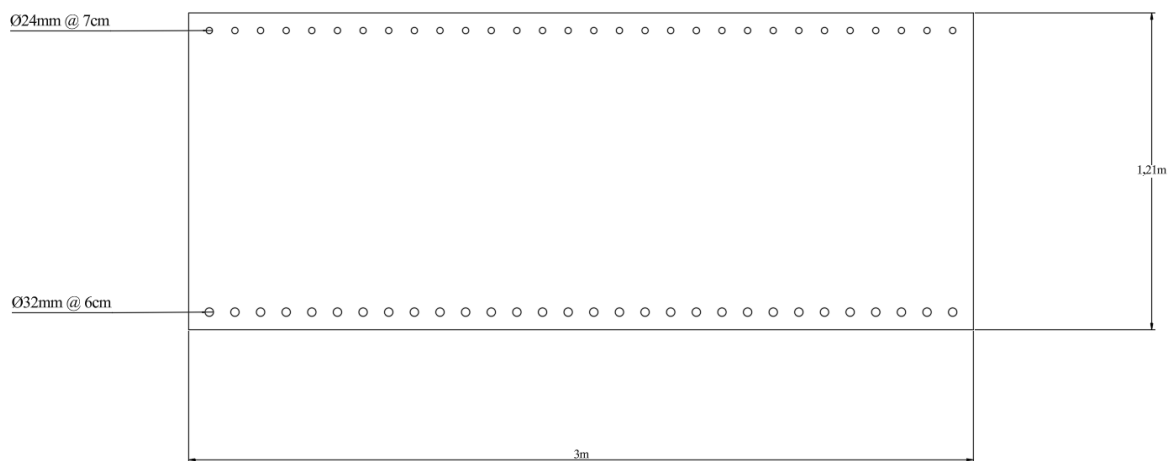
Figura 3.2221: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Tablero para luz de 15m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 20m

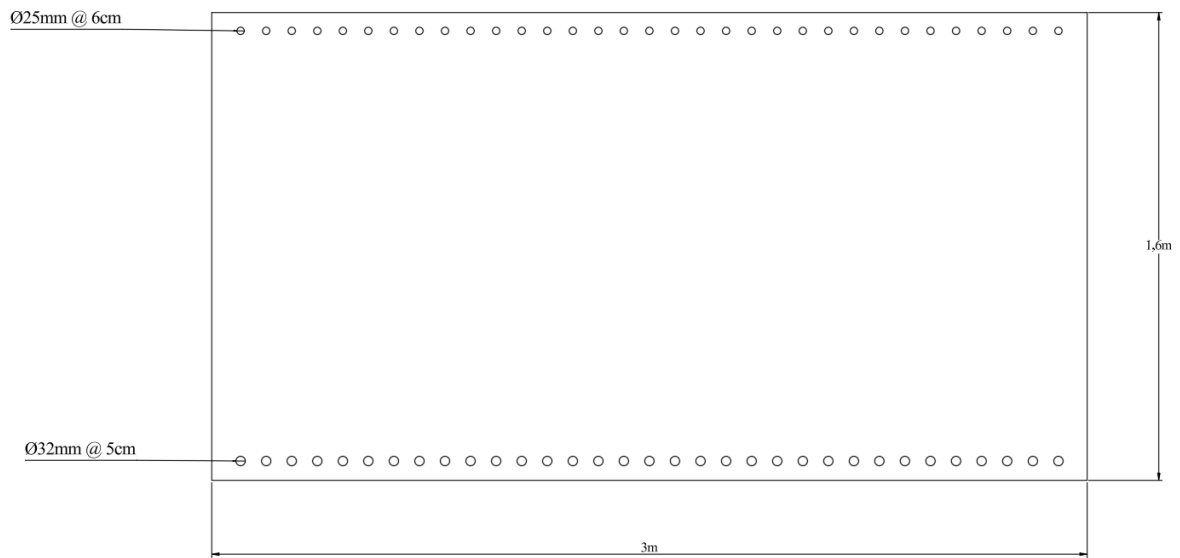
Figura 3.23: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Tablero para luz de 20m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 25m

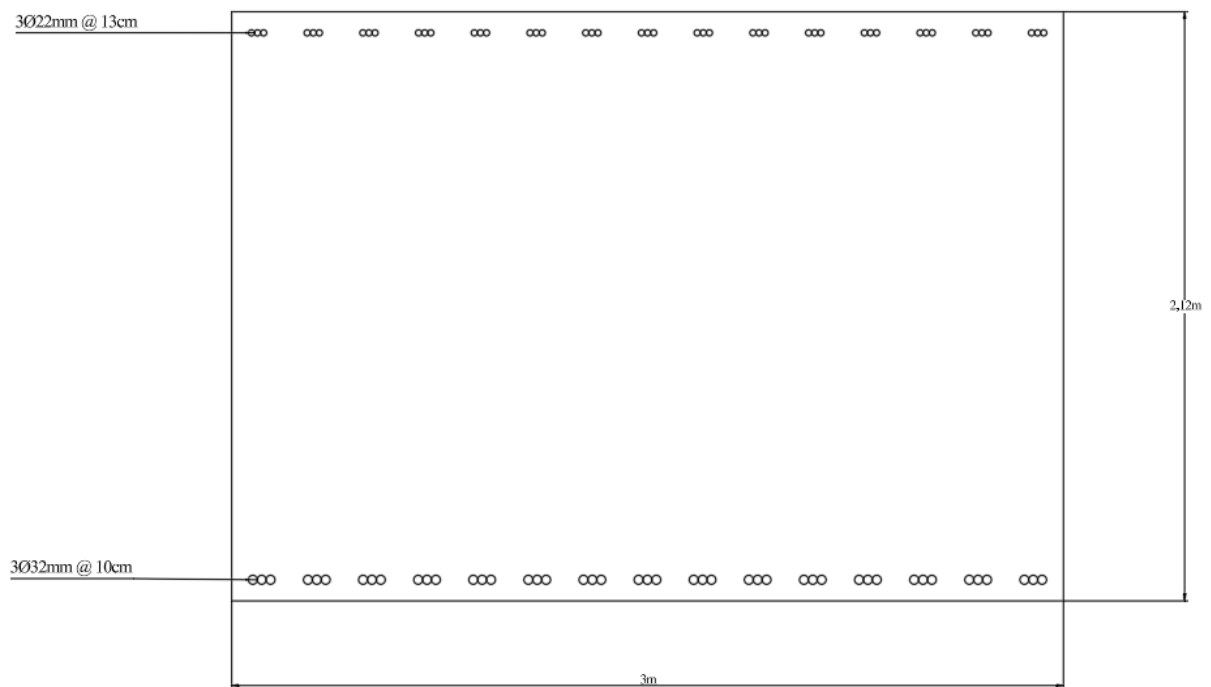
Figura 3.224: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Tablero para luz de 25m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 30m

Figura 3.23: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Tablero para luz de 30m

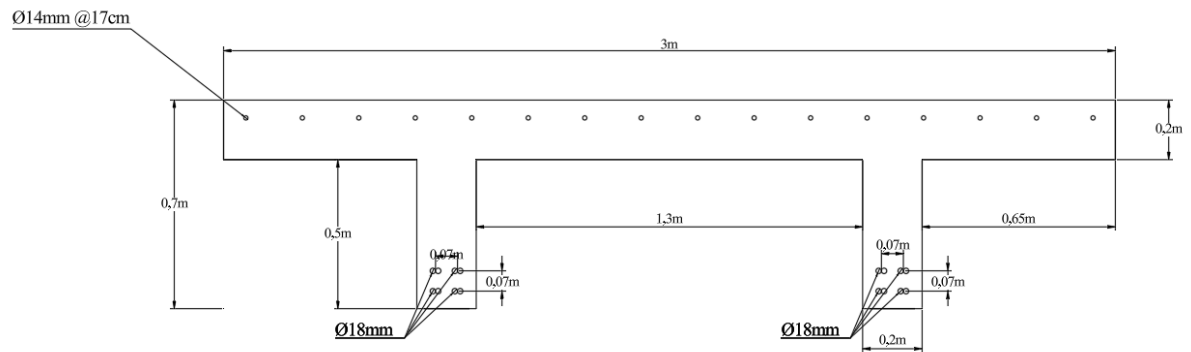


Fuente: Elaboración propia (2025)

3.12.2 Secciones de los Puentes Viga-Tablero

- Para Luz = 5m

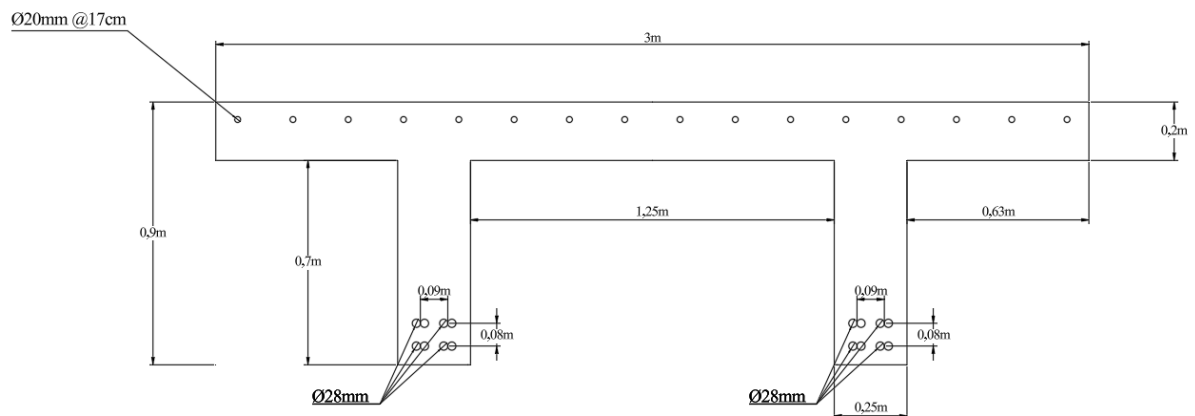
Figura 3.24: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Viga-Tablero para luz de 5m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 10m

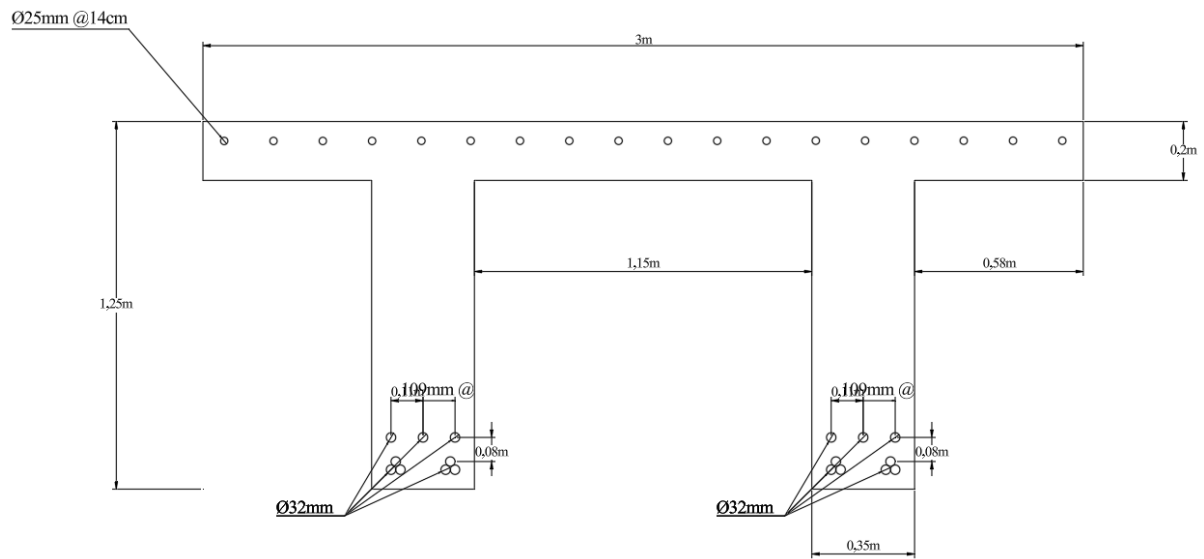
Figura 3.25: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Viga-Tablero para luz de 10m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 15m

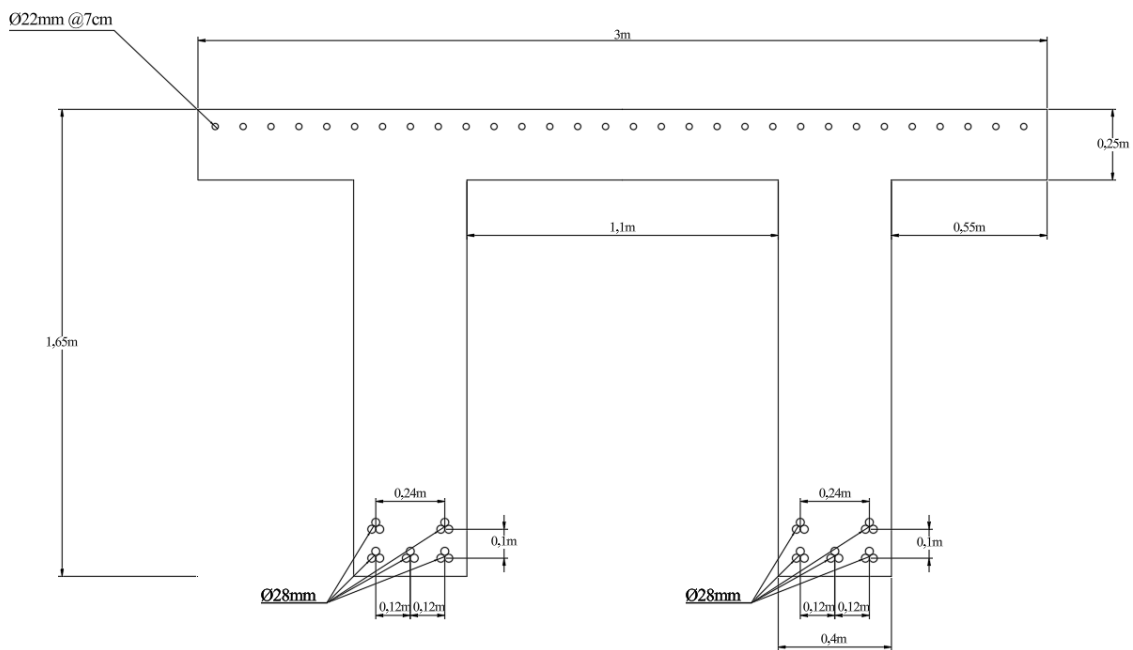
Figura 3.26: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Viga-Tablero para luz de 15m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 20m

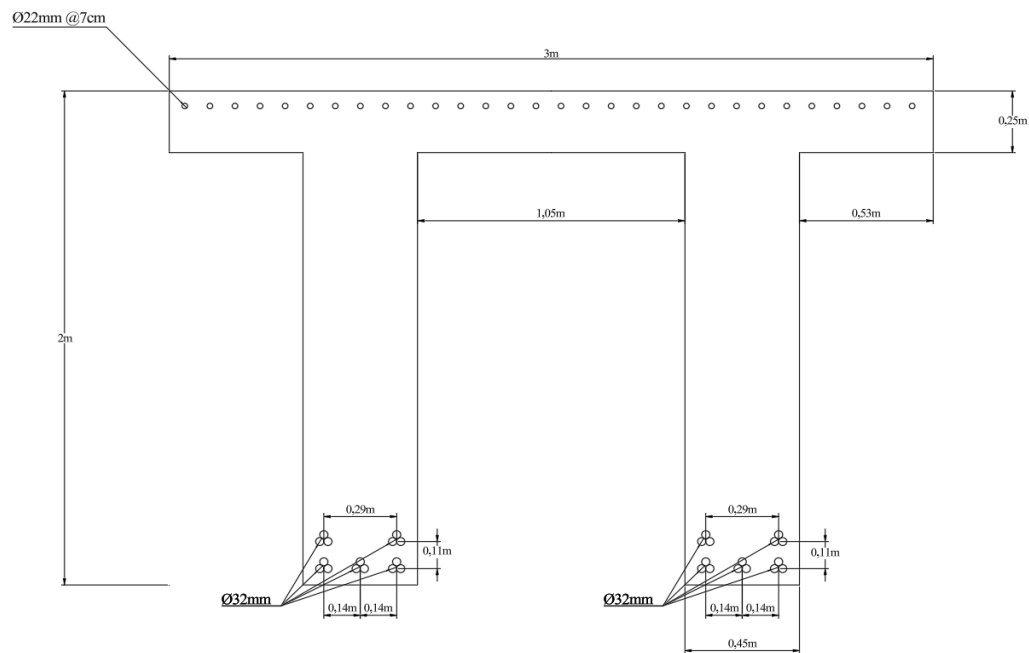
Figura 3.27: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Viga-Tablero para luz de 20m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 25m

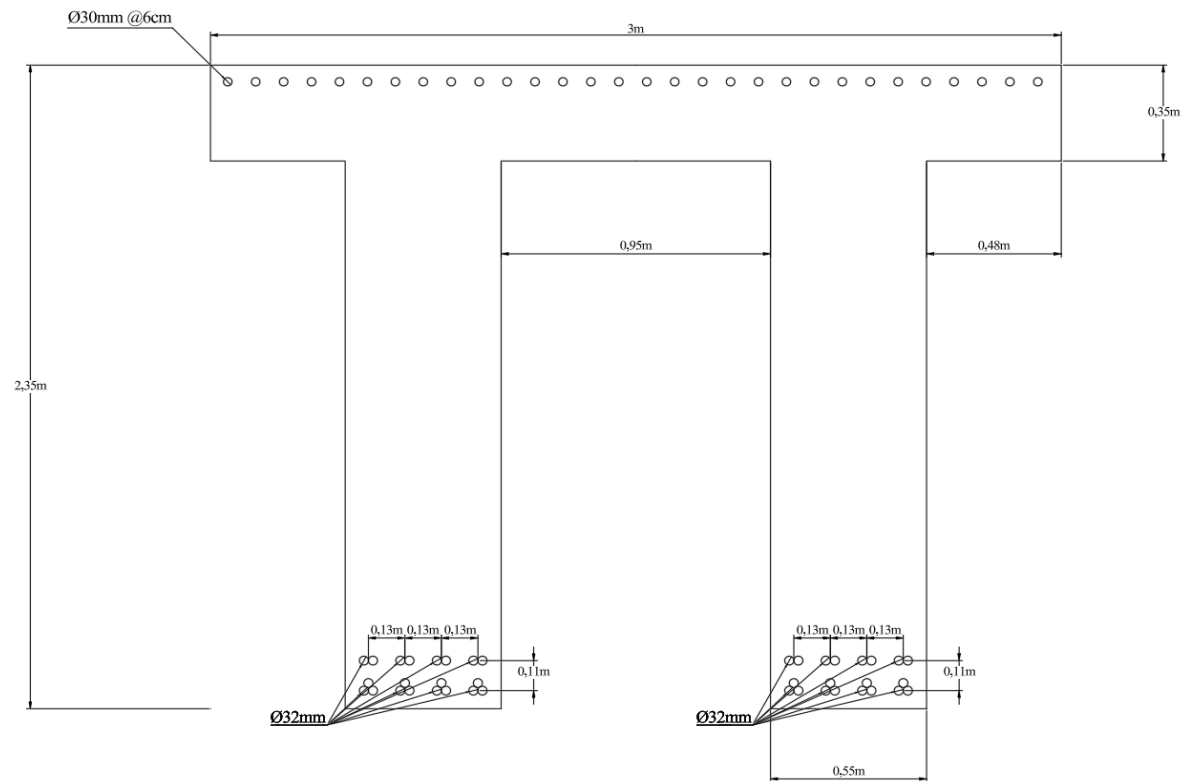
Figura 3.28: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Viga-Tablero para luz de 25m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 30m

Figura 3.29: Sección con los aceros longitudinales del puente tipo Viga-Tablero para luz de 30m



Fuente: Elaboración propia (2025)

3.13 Justificación del Modelo como Losa Unidireccional

En el presente trabajo, se han considerado los puentes tipo losa como elementos estructurales isostáticos, con apoyo en los extremos longitudinales. Para el análisis y diseño, especialmente en el caso de los vanos de menor longitud (como el de 5 m), se ha optado por idealizar la losa como **unidireccional**, debido a su geometría.

Una losa se comporta como un elemento unidireccional cuando la relación entre la longitud y el ancho de la losa es **mayor a 2**. En este estudio, para facilitar el análisis, se consideró un ancho unitario de **1 m** (por metro de losa), siendo esta una práctica común al trabajar con cargas distribuidas y esfuerzos por metro lineal. De este modo, para una losa de 5 m de luz y 1 m de ancho, la relación **larga/ancho es de 5**, lo cual cumple claramente el criterio para comportarse como una losa unidireccional.

Esta idealización es válida según recomendaciones de diseño como las indicadas en el ACI 318 y en textos de referencia como *Temas de Hormigón Armado* de Marcelo Romo Proaño, donde se establece que cuando la geometría favorece la transmisión de cargas en una sola dirección, el análisis puede simplificarse al tratar el elemento como una viga de sección equivalente.

En consecuencia, para este tipo de losas, el diseño estructural se enfoca en una sola dirección (longitudinal), evaluando esfuerzos de flexión y cortante con base en el comportamiento de vigas apoyadas en los extremos, lo cual es coherente tanto con los criterios normativos como con la lógica estructural del sistema planteado.

3.14 Verificación del esfuerzo cortante en losas macizas unidireccionales

Dado que las losas consideradas en este estudio están simplemente apoyadas en sus extremos longitudinales y poseen una relación de aspecto que favorece el comportamiento estructural unidireccional, se procedió a verificar la resistencia a cortante por metro lineal de ancho de losa, tal como se establece en el diseño tradicional de losas macizas unidireccionales.

La verificación se realizó evaluando si el esfuerzo cortante actuante V_u , obtenido del modelo estructural, es menor que la resistencia nominal del concreto al cortante V_c , sin necesidad de utilizar refuerzo transversal. Esta comprobación permite confirmar que el ancho de la losa es suficiente para resistir el esfuerzo cortante sin necesidad de estribos, siempre que se cumpla la siguiente condición:

$$V_u \leq V_c = \phi * 0.17 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

- ϕ : factor de reducción de resistencia (0.75 para cortante),
- λ : factor por tipo de agregado (1.0 para agregados normales),
- f'_c : resistencia del concreto (en MPa),
- b : ancho considerado de la losa (en mm, usualmente 1000 mm),
- d : altura útil de la losa (en mm).

Esta comprobación se realizó para cada uno de los casos de puente tipo losa analizados, y en los vanos más cortos (como el de 5 m) se verificó que la resistencia del concreto era suficiente para resistir el cortante sin necesidad de armadura transversal, lo cual se ajusta a las recomendaciones del ACI 318 y de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM. (ACI 318, 2015)

3.15 Diseño de viga-losa ante esfuerzo cortante

Después de verificar que las losas analizadas funcionan como elementos unidireccionales, se procedió con el diseño a cortante de las vigas principales de los puentes tipo viga-losa. Este diseño se realizó con base en el procedimiento establecido por Marcelo Romo Proaño, el cual se fundamenta en el equilibrio de esfuerzos entre el cortante actuante y la resistencia que pueden ofrecer el concreto y el acero transversal.

3.16 Diseño de viga-losa ante esfuerzo cortante

Una vez comprobado que las losas funcionaban como elementos unidireccionales, se procedió al diseño por esfuerzo cortante de las vigas principales de los puentes tipo viga-losa, siguiendo el procedimiento planteado por Marcelo Romo Proaño. Se consideraron las combinaciones de carga más desfavorables para obtener el cortante último V_u , y se comparó con la resistencia proporcionada por el concreto y el refuerzo transversal.

La resistencia total al cortante se calculó mediante la expresión:

$$\phi V_n = \phi * (V_c + V_s)$$

El cortante resistido por el concreto se determinó como:

Ecuación 8

$$V_c = 0.53 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Para el diseño del acero transversal, cuando fue necesario, se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 9

$$V_s = \frac{A_v * f_y * d}{s}$$

Y el espaciamiento entre estribos se calculó como:

Ecuación 10

$$s = \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

Como criterio de diseño, se consideró como zona crítica de cortante el primer cuarto de la longitud de la viga desde el apoyo. En esa zona se utilizó el valor de cortante máximo para definir el espaciamiento inicial de los estribos. Posteriormente, se tomó el valor del cortante a 1/4 del claro del puente para realizar un nuevo cálculo y definir una segunda zona de refuerzo transversal, con espaciamiento distinto y más aliviado. Este procedimiento permitió una distribución más eficiente del acero de refuerzo.

A continuación, se muestra un esquema representativo del procedimiento de diseño por cortante y las zonas consideradas:

Tabla 3.12: Cortante a 1/4 de la luz del puente Viga-Tablero

LUZ (m)	V
5	24.63
10	35.21
15	51.74
20	65.35
25	78.61
30	99.19

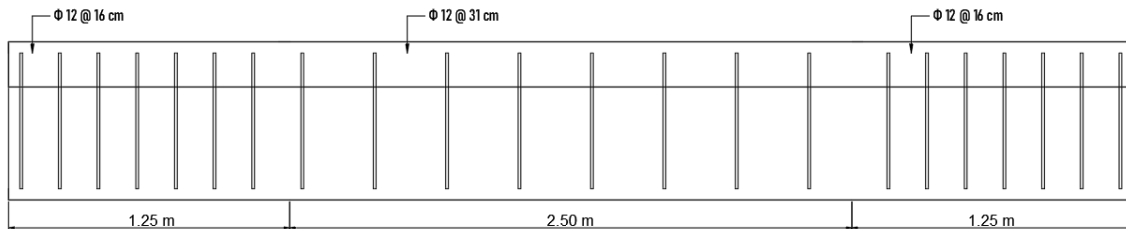
Fuente: Elaboración propia (2025)

3.17 Secciones de los puentes con los Aceros a cortante necesarios

3.17.1 Secciones de los Puentes Tablero

- Para Luz = 5m

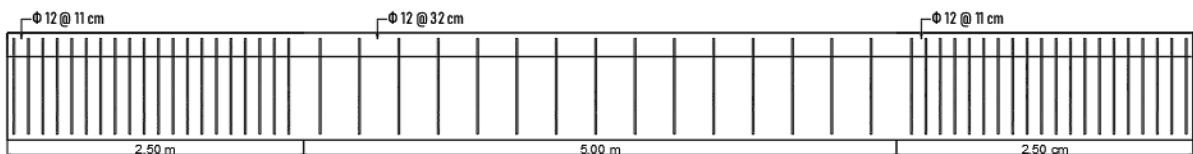
Figura 3.30: Sección con los aceros a cortante del puente tipo Viga-Tablero para luz de 5m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 10m

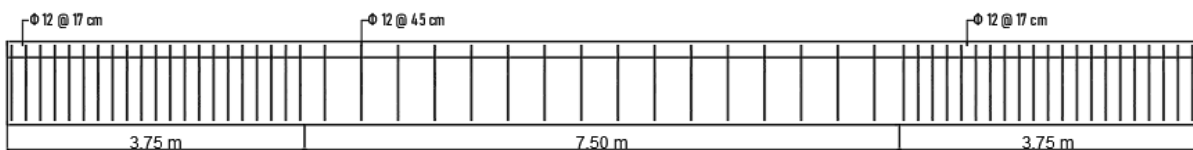
Figura 3.31: Sección con los aceros a cortante del puente tipo Viga-Tablero para luz de 10m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 15m

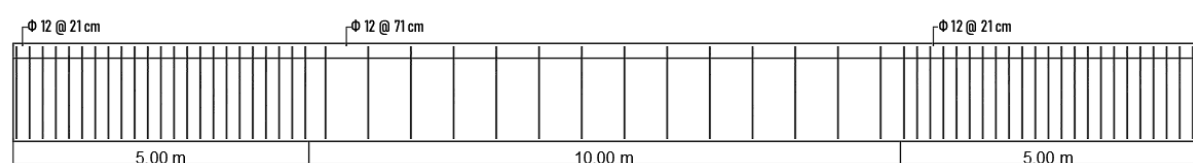
Figura 3.32: Sección con los aceros a cortante del puente tipo Viga-Tablero para luz de 15m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 20m

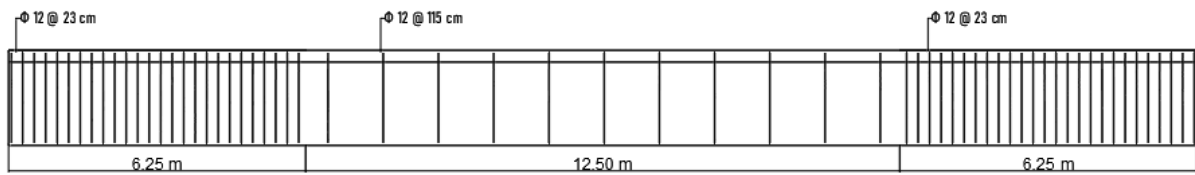
Figura 3.33: Sección con los aceros a cortante del puente tipo Viga-Tablero para luz de 20m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 25m

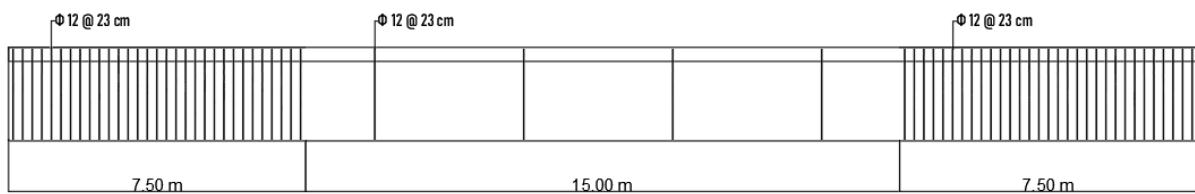
Figura 3.34: Sección con los aceros a cortante del puente tipo Viga-Tablero para luz de 25m



Fuente: Elaboración propia (2025)

- Para Luz = 30m

Figura 3.35: Sección con los aceros a cortante del puente tipo Viga-Tablero para luz de 30m



Fuente: Elaboración propia (2025)

3.18 Cálculo de cantidades de materiales

En esta sección se presenta el cálculo de las cantidades de materiales utilizados para cada puente diseñado, tanto para los del tipo tablero como los viga-tablero. Los materiales considerados fueron acero de refuerzo, hormigón estructural, encofrado y carpeta asfáltica.

A continuación, se detallan los cálculos por tipo de material:

3.18.1 Acero de refuerzo

Las cantidades de acero fueron obtenidas en función del número y diámetro de varillas utilizadas en el diseño longitudinal y transversal de los tableros y vigas. Se consideraron también los traslapos necesarios y se convirtió todo a kilogramos por puente.

Tabla 3.13: Diámetro y numero de varillas de acero necesarias para el puente Tablero

LUZ (m)	ACERO LONGITUDINAL POSITIVO	ACERO LONGITUDINAL NEGATIVO
5	18φ18	18φ12
10	30φ18	30φ16
15	33φ24	33φ20

20	30φ32	30φ24
25	33φ32	33φ25
30	45φ32	45φ22

Fuente: Elaboración propia (2025)

Tabla 3.14: Cantidad de acero en kg para el puente Tablero

LUZ (m)	ACERO LONGITUDINAL POSITIVO	ACERO LONGITUDINAL NEGATIVO
5	179.78	79.90
10	599.28	473.50
15	1757.88	1220.75
20	3788.02	2130.76
25	5208.52	3179.03
30	8523.04	4028.47

Fuente: Elaboración propia (2025)

Tabla 3.15: Diámetro y número de varillas de acero longitudinales y a cortante necesarias para el puente Viga-Tablero

LUZ	ACERO LONGITUDINAL POSITIVO	ACERO LONGITUDINAL NEGATIVO	ACERO CORTANTE 1/4	ACERO CORTANTE PASADO 1/4
5	16φ18	16φ14	φ12 CADA 16	φ12 CADA 33
10	16φ28	16φ20	φ12 CADA 11	φ12 CADA 32
15	18φ32	18φ25	φ12 CADA 17	φ12 CADA 45
20	30φ28	30φ22	φ12 CADA 21	φ12 CADA 71
25	30φ32	30φ22	φ12 CADA 23	φ12 CADA 115
30	40φ32	30φ30	φ12 CADA 23	φ12 CADA 375

Fuente: Elaboración propia (2025)

Tabla 3.16: Cantidad de acero en kg para el puente Viga-Tablero

Luz (m)	ACERO LONGITUDINAL POSITIVO	ACERO LONGITUDINAL NEGATIVO	ACERO CORTANTE
5	159.81	96.67	19.53
10	773.39	394.58	99.69
15	1704.61	1040.41	219.70
20	2900.20	1790.43	383.54
25	4735.02	2834.85	621.47
30	7576.03	4993.97	925.65

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.18.2 Hormigón

El volumen de hormigón fue calculado considerando las dimensiones estructurales de los elementos (tablero, vigas, diafragmas si aplica). Se expresó en metros cúbicos para cada uno de los puentes evaluados.

Tabla 3.17: Volúmenes de hormigón para las diferentes luces de los puentes Tableros

Luz L (m) [L]	Altura de canto [H]	Ancho carril [A]	VOL (m3)
5	0.45	3	6.75
10	0.65	3	19.5
15	0.83	3	37.35
20	1.21	3	72.6

Fuente: Elaboración propia (2025)

Tabla 3.18: Volúmenes de hormigón para las diferentes luces de los puentes Viga-Tableros

Luz L (m)	Altura de viga	Ancho de viga	Espesor de losa	Area de sección	VOL (m3)
5	0.5	0.20	0.2	0.8	4
10	0.7	0.25	0.2	0.95	9.5
15	1.05	0.35	0.2	1.335	20.025
20	1.4	0.40	0.25	1.87	37.4
25	1.75	0.45	0.25	2.325	58.125
30	2	0.55	0.35	3.25	97.5

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.18.3 Encofrado

Las superficies de encofrado se calcularon tomando en cuenta las áreas en contacto directo con el hormigón fresco en vigas, laterales de tablero, fondo y diafragmas. Se reportaron en metros cuadrados.

Tabla 3.19: Cantidad de encofrado en m² para el puente Viga-Tablero

LUZ (m)	TABLERO	VIGA-TABLERO
5	19.5	27
10	43	62
15	69.9	114
20	108.4	182
25	155	262.5
30	217.2	351

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.18.4 Carpeta asfáltica

Para todos los puentes se consideró una capa de rodadura de 3 pulgadas de espesor (7.62 cm) sobre toda la superficie del tablero. El área se calculó para un ancho constante de 3.00 m (un carril) y la longitud correspondiente a cada puente.

Las áreas resultantes fueron los siguientes:

Tabla 3.20: Área de la carpeta asfáltica para cada luz del puente Tablero y Viga-Tablero

LUZ (m)	Área de asfalto (m ²)
5	15
10	30
15	45
20	60
25	75
30	90

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.19 Presupuesto referencial de cada puente

En esta sección se presenta el análisis del presupuesto estimado para cada uno de los puentes diseñados, tanto del tipo **tablero** como **viga-tablero**, considerando los costos unitarios de materiales principales y mano de obra. El presupuesto fue elaborado con base en precios referenciales del mercado local y considerando únicamente los elementos estructurales directamente involucrados en la comparación técnica y económica.

Se mantuvieron constantes los precios unitarios del hormigón, el acero de refuerzo y la carpeta asfáltica, con el fin de que la comparación refleje de forma más clara las diferencias asociadas al sistema estructural y su complejidad constructiva. **La única variable de precio considerada fue el encofrado**, ya que este componente se ve directamente afectado por la geometría y dificultad constructiva, especialmente a medida que aumenta la longitud del vano del puente.

El costo del encofrado por metro cuadrado se definió según la siguiente clasificación:

- **Puentes de 5 metros (tablero y viga-tablero):**

Costo de encofrado = 22 USD/m²

- **Puentes de 10 y 15 metros (tablero y viga-tablero):**

Costo de encofrado = 28 USD/m²

- **Puente de 20 metros (tablero y viga-tablero):**

Costo de encofrado = 35 USD/m²

Esta variación refleja el incremento de dificultad técnica y estructural que implica encofrar elementos de mayor altura o longitud.

Cabe señalar que **no se realizó el análisis presupuestario para los puentes de 25 m y 30 m**, ya que, en el caso de los **puentes tipo tablero**, el espesor requerido para cumplir con los criterios estructurales se volvió excesivo, generando un costo desproporcionado en el uso de materiales y encofrado. Por esta razón, no fue posible realizar una comparación válida para estos casos dentro de la metodología de ingeniería de valor aplicada.

Tabla 3.21: Presupuestos de los puentes tipo Tablero y Viga Tablero

PUENTE	TABLERO	VIGA-TABLERO
5	\$ 2,831.47	\$ 2,539.11
10	\$ 8,940.67	\$ 8,122.90
15	\$ 19,359.62	\$ 17,172.23
20	\$ 37,440.82	\$ 30,551.42
25	\$ 61,658.67	\$ 48,639.67
30	\$ 90,154.62	\$ 76,509.09

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.20 Estimación de tiempos de ejecución

Además del análisis económico, fue fundamental estimar los **tiempos de ejecución** aproximados para cada tipo y longitud de puente. Para este fin, se contó con el criterio de un **ingeniero civil con experiencia directa en ejecución de puentes**, quien brindó estimaciones basadas en su historial profesional de obras de características similares a las estudiadas.

La estimación se realizó considerando procesos típicos de obra como la habilitación de accesos, movimiento de tierras, armado de acero, instalación de encofrado, vaciado de hormigón, curado, desencofrado y colocación de carpeta asfáltica. Estas estimaciones no se basaron en un cronograma detallado, sino en **valores promedio observados en la práctica profesional**, por lo que sirven como referencia confiable para su comparación dentro de la metodología de ingeniería de valor.

Tabla 3.22: Tiempos de ejecución de los puentes tipo Tablero y Viga-Tablero

PUENTE	TABLERO	VIGA-TABLERO
5	10 DIAS	12 DIAS
10	4 SEMANAS	5 SEMANAS
15	6 SEMANAS	9 SEMANAS
20	8 SEMANAS	10 SEMANAS
25	10 SEMANAS	11 SEMANAS
30	11 SEMANAS	12 SEMANAS

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.21 Aplicación de encuesta a profesionales y análisis mediante ingeniería de valor

Con el fin de complementar el análisis técnico y económico de los puentes tipo tablero y viga-tablero, se diseñó y aplicó una encuesta dirigida a ingenieros civiles con experiencia comprobada en el diseño, supervisión y construcción de puentes. Esta herramienta permitió recolectar valoraciones cualitativas y cuantitativas sobre cuatro aspectos fundamentales que inciden en la viabilidad y eficiencia de este tipo de estructuras.

3.21.1 Procesamiento de encuestas

La encuesta fue respondida por 26 profesionales, todos con experiencia directa en obras de infraestructura vial. Se solicitó a cada uno distribuir un porcentaje de importancia entre las siguientes variables:

- Precio de construcción
- Mano de obra calificada requerida
- Técnica constructiva utilizada (según complejidad)
- Plazo de ejecución de obra

Cada profesional asignó un valor porcentual a dichas variables, de forma que la suma total de cada fila alcanzara el 100%. A partir de ello, se calculó el promedio de importancia asignado a cada criterio, el cual permitió determinar el peso relativo de cada uno dentro del análisis de valor. Los resultados fueron los siguientes:

Precio de construcción: 37.58%

Mano de obra calificada: 22%

Técnica utilizada: 22.52%

Plazo de ejecución: 17.90%

Además de esta asignación de pesos, la encuesta incluyó preguntas adicionales de tipo cualitativo, mediante las cuales los ingenieros indicaban su preferencia por un tipo de puente (tablero o viga-tablero) según cada una de las características evaluadas. Estas preguntas ayudaron a establecer con mayor claridad cuál tipología estructural se percibe como más favorable en términos de mano de obra calificada y técnica o tecnología utilizada, lo cual fue clave para definir la puntuación en cada criterio dentro de la metodología de ingeniería de valor.

Tabla 3.23: Tabulación de datos de las preguntas de las encuestas realizadas

	Precio de construcción	Mano de obra calificada	Técnica utilizada	Plazo de ejecución
Viga Tablero	11	7	13	15
Tablero	15	19	13	11

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.22 Calificación de cada característica para la Ingeniería de Valor

Para poder comparar objetivamente los diferentes tipos de puente analizados, se estableció un sistema de calificación sobre 1.0 para cada una de las características clave definidas: **costo**, **plazo de ejecución**, **tecnología o técnica utilizada** y **mano de obra calificada**. A continuación, se describe cómo se obtuvo cada calificación:

Tabla 3.24: Porcentaje promedio obtenido de las encuestas

	Precio de construcción	Mano de obra calificada	Técnica utilizada	Plazo de ejecución
Viga Tablero y Tablero	37.58%	22.00%	22.52%	17.90%

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.22.1 Costo de construcción

La calificación en este criterio se otorgó en función del menor presupuesto total obtenido. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$Nota\ puente = \frac{C_{min}}{C_{puente}}$$

Donde C_{min} representa el menor costo total entre todos los puentes, y C_{puente} el costo correspondiente al puente evaluado. Este método permite asignar una nota mayor al puente más económico, favoreciendo propuestas más eficientes en términos financieros.

3.22.2 Plazo de ejecución

El método utilizado fue análogo al del costo. Se asignó una mayor calificación al puente que requería el menor número de días de ejecución, usando la fórmula:

$$Nota\ puente = \frac{T_{min}}{T_{puente}}$$

Donde T_{min} es el menor tiempo de ejecución estimado y T_{puente} el tiempo del puente analizado.

3.22.3 Técnica o tecnología utilizada

La técnica constructiva fue considerada como un factor que afecta directamente el tiempo de ejecución. Por ello, se asumió que puentes cuya construcción requiere técnicas más complejas demandan más tiempo, y por tanto se calificó este aspecto siguiendo el mismo procedimiento que en el plazo de ejecución.

3.22.4 Mano de obra calificada

Este criterio fue evaluado a partir de los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a los 26 ingenieros. Se utilizó la misma metodología de puntuación relativa, considerando que la mayor nota la recibiría el tipo de puente que requiriera menor proporción de mano de obra calificada, de acuerdo con la opinión técnica recogida. Se aplicó la fórmula:

$$Nota\ Puente = \frac{Mmin}{Mpuente}$$

Donde Mmin es el valor mínimo porcentual de necesidad de mano de obra calificada según las encuestas.

3.22.5 Cálculo de la calificación final mediante ingeniería de valor

Una vez obtenidas las calificaciones individuales de cada puente para las cuatro características principales (costo, plazo de ejecución, técnica utilizada y mano de obra calificada), se procedió a aplicar la metodología de **ingeniería de valor** mediante una fórmula ponderada. Los pesos relativos de cada característica fueron determinados a partir de las encuestas aplicadas a los 26 ingenieros con experiencia en diseño y construcción de puentes, donde se solicitó asignar una importancia porcentual a cada uno de los cuatro factores.

La fórmula utilizada para calcular la **calificación final** de cada puente fue la siguiente:

Ecuación 14

$$Nota\ final\ Puente = (Pc * Nc) + (Pt * Nt) + (Ptec * Ntec) + (Pm * Nm)$$

Donde:

- Nc: Nota obtenida por el puente en **costo**
- Nt: Nota obtenida por el puente en **tiempo de ejecución**
- Ntec: Nota obtenida por el puente en **técnica o tecnología utilizada**
- Nm: Nota obtenida por el puente en **mano de obra calificada**

Y:

- Pc: Peso asignado al costo (en decimal, según encuesta)
- Pt: Peso asignado al tiempo de ejecución
- Ptec: Peso asignado a la técnica utilizada
- Pm: Peso asignado a la mano de obra calificada

Estos pesos suman 1.0, y cada uno refleja el grado de importancia que los ingenieros asignaron a cada criterio.

Este método permite obtener una **calificación total objetiva y comparativa** entre todos los tipos de puentes evaluados, tomando en cuenta tanto sus desempeños individuales como la percepción profesional del sector en cuanto a lo que se considera más relevante para una solución eficiente.

Tabla 3.25: Ecuación de la Ingeniería de Valor

COSTO	TIEMPO	TECNOLOGÍA	MANO DE OBRA	TOTAL
0.38	0.18	0.22	0.22	1

Fuente: Elaboración propia (2025)

Tabla 3.26: Resultados de la Ingeniería de Valor

LONGITUD PUENTE(m)	TIPO DE PUENTE	CALIFICACIONES				
		COSTO	TIEMPO	TECNOLOGÍA	MANO DE OBRA	INGENIERIA DE VALOR
5	TABLERO	0.90	1.00	1.00	1.00	0.962
	VIGA-TABLERO	1.00	0.84	0.80	0.84	0.892
10	TABLERO	0.91	1.00	1.00	1.00	0.966
	VIGA-TABLERO	1.00	0.80	0.82	0.80	0.88
15	TABLERO	0.89	0.95	1.00	0.95	0.938
	VIGA-TABLERO	0.98	0.95	0.87	0.95	0.944
20	TABLERO	0.82	0.91	0.90	0.91	0.873
	VIGA-TABLERO	0.96	1.00	0.92	1.00	0.967
25	TABLERO	0.79	0.85	0.70	0.85	0.792
	VIGA-TABLERO	0.95	1.00	0.97	1.00	0.974
30	TABLERO	0.85	0.75	0.60	0.75	0.754
	VIGA-TABLERO	0.94	1.00	1.00	1.00	0.977

Fuente: Elaboración propia (2025)

4. Resultados y conclusiones

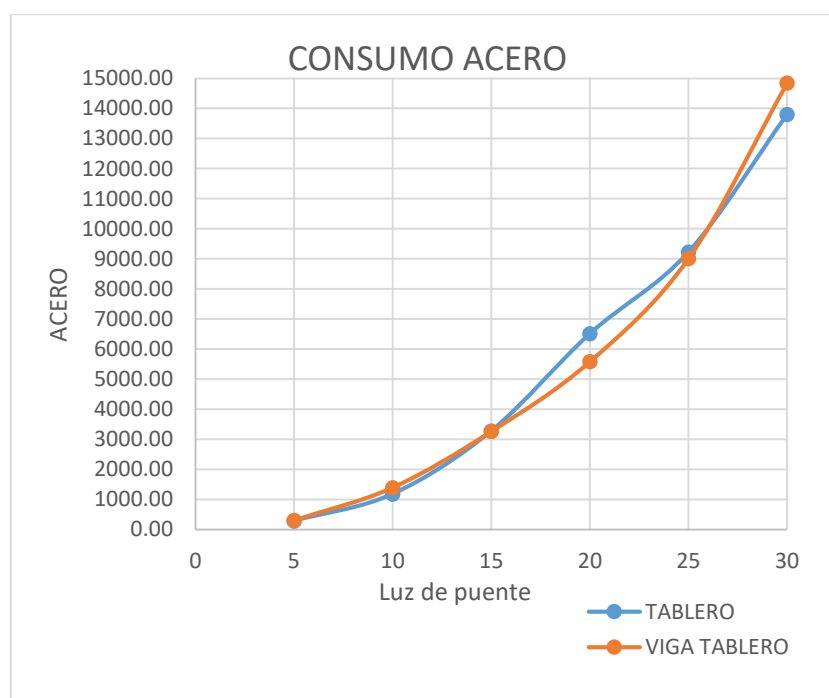
4.1 Análisis de gráficas por material

El análisis según las gráficas ha permitido establecer una limitación técnica clara para los puentes tipo Tablero, cuya viabilidad se restringe eficientemente a luces no mayores de 15 metros. Superar esta longitud conlleva un incremento sustancial en el espesor del tablero, lo que repercute negativamente en su desempeño estructural y practicidad constructiva, desaconsejándose su implementación desde una perspectiva técnica y económica.

4.1.1 Análisis de consumo y cuantía de aceros

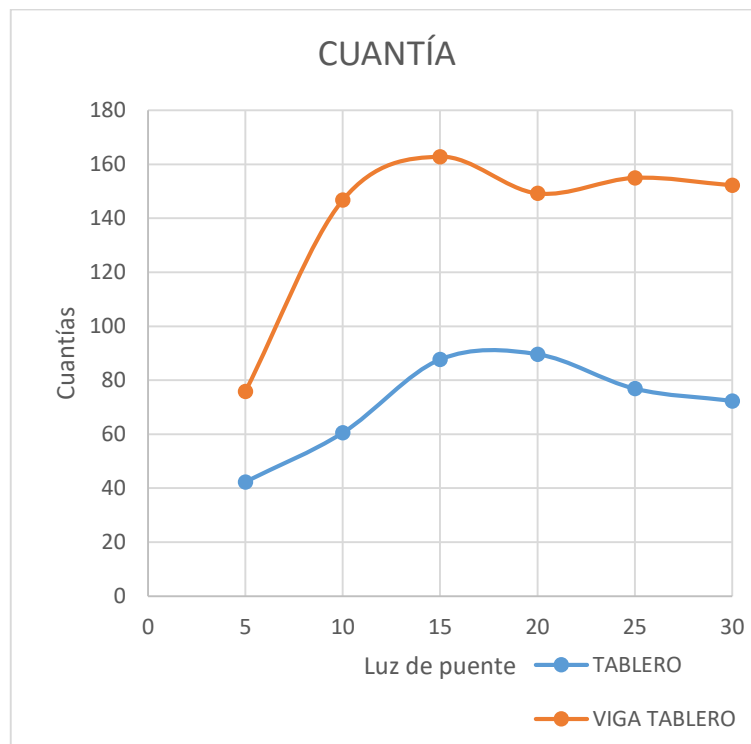
Según la Figura 4.2, la cuantía tiene una demanda significativamente superior en los puentes Viga-Tablero en comparación con los puentes Tablero. Esta diferencia se atribuye a la necesidad de reforzar las vigas principales, elementos esenciales en la configuración Viga-Tablero. Es crucial señalar que esta comparación se fundamenta en un prediseño preliminar, por lo que las tendencias observadas son orientativas y válidas exclusivamente dentro del rango de luces de hasta 15 metros. Para luces que excedan este límite, los puentes Viga-Tablero sobresalen como la solución estructural más apropiada.

Figura 4.1: Consumo de acero de los puentes Tablero y Viga-Tablero



Fuente: Elaboración propia (2025)

Figura 4.2: Cuantía requerida por los puentes Tablero y Viga-Tablero



Fuente: Elaboración propia (2025)

4.1.2 Análisis de consumo de hormigón

Según la Figura 4.3, el volumen de hormigón tiene una mayor demanda en los puentes Tablero. Esta característica se explica por la naturaleza constructiva de esta tipología, donde la sección estructural se constituye principalmente por hormigón armado, con refuerzos distribuidos para resistir los esfuerzos de tracción. Esta mayor necesidad de hormigón tiene implicaciones directas en los costos y la logística de obra, especialmente en entornos con limitaciones o costos elevados en el suministro de este material.

Figura 4.3: Hormigón requerido por los puentes Tablero y Viga-Tablero

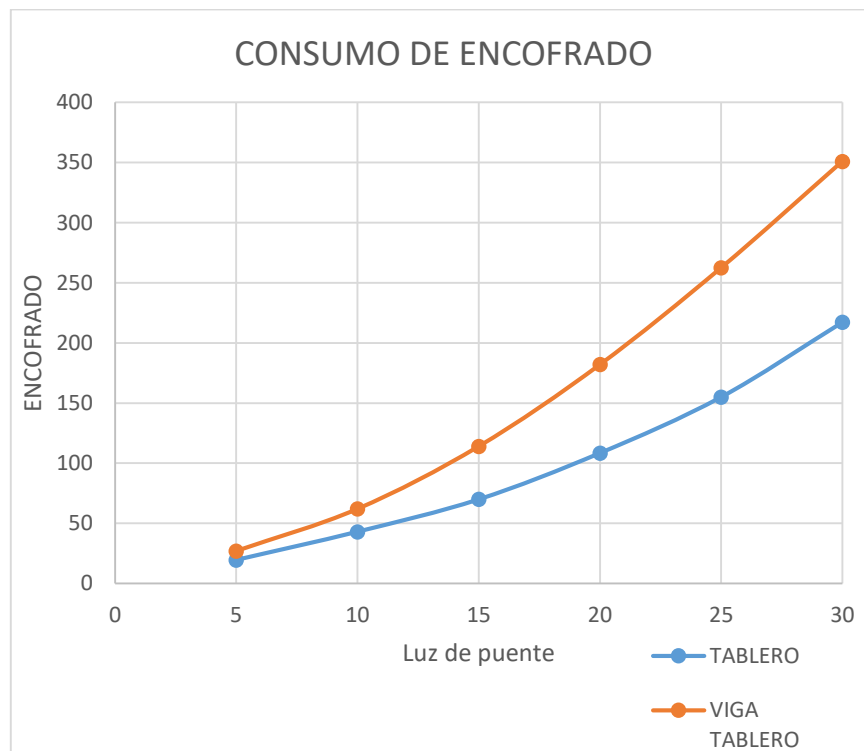


Fuente: Elaboración propia (2025)

4.1.3 Análisis de consumo de encofrado

Adicionalmente, el análisis ha revelado que los puentes Viga-Tablero requieren una mayor cantidad de encofrado como lo indica la Figura 4.4, lo cual se asocia a la geometría más compleja de su sección transversal, caracterizada por la presencia de elementos verticales (vigas) y planos horizontales. Esta condición no solo incrementa el volumen de encofrado necesario, sino que también complejiza la ejecución, prolonga los tiempos de construcción y demanda una mano de obra con mayor especialización.

Figura 4.4: Consumo de encofrado de los puentes Tablero y Viga-Tablero



Fuente: Elaboración propia (2025)

4.2 Análisis de presupuestos estimados

Este estudio preliminar sugiere que, si bien los puentes Tablero representan una alternativa constructiva más sencilla y con una eficiencia volumétrica de concreto favorable para luces cortas, los puentes Viga-Tablero demuestran ser más adecuados para luces intermedias y largas. Esto se debe a su mejor comportamiento estructural y mayor adaptabilidad, a pesar de requerir una mayor cuantía de acero y presentar una complejidad constructiva superior. Estos hallazgos preliminares resaltan la importancia de considerar las características específicas de cada tipología en función de la luz a cubrir y las condiciones particulares del proyecto.

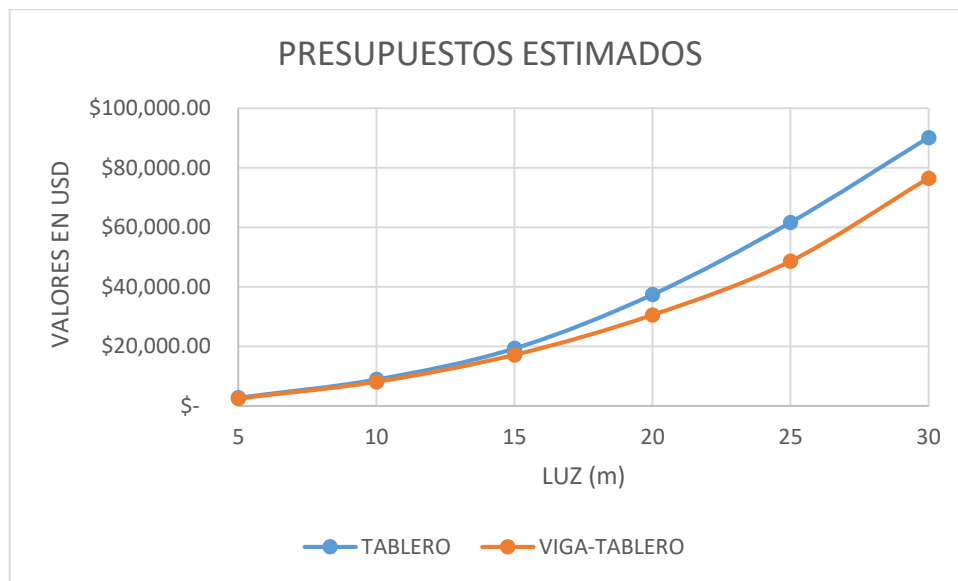
Del análisis de la Figura 4.5 de los presupuestos estimados según la luz del puente, se observa que los costos aumentan progresivamente para ambas tipologías conforme se incrementa la longitud. No obstante, los puentes tipo Tablero presentan un costo ligeramente superior al de los puentes Viga-Tablero a medida que la luz aumenta.

Esta diferencia se hace más significativa en longitudes mayores a 15 metros, donde el incremento en volumen de hormigón y espesor del tablero impactan directamente en el presupuesto final. En cambio, los puentes Viga-Tablero, aunque requieren mayor cuantía de

acero y encofrado, resultan ser más económicos en el rango medio y largo de luces analizadas (especialmente de 20 a 30 metros).

Este comportamiento reafirma la viabilidad económica de los puentes Tablero para luces cortas (5 a 15 metros), mientras que los Viga-Tablero se presentan como una solución más rentable en luces intermedias y largas, equilibrando mejor el costo con el comportamiento estructural.

Figura 4.5: Presupuestos estimados según la luz del puente.



Fuente: Elaboración propia (2025)

4.3 Ingeniería de valor

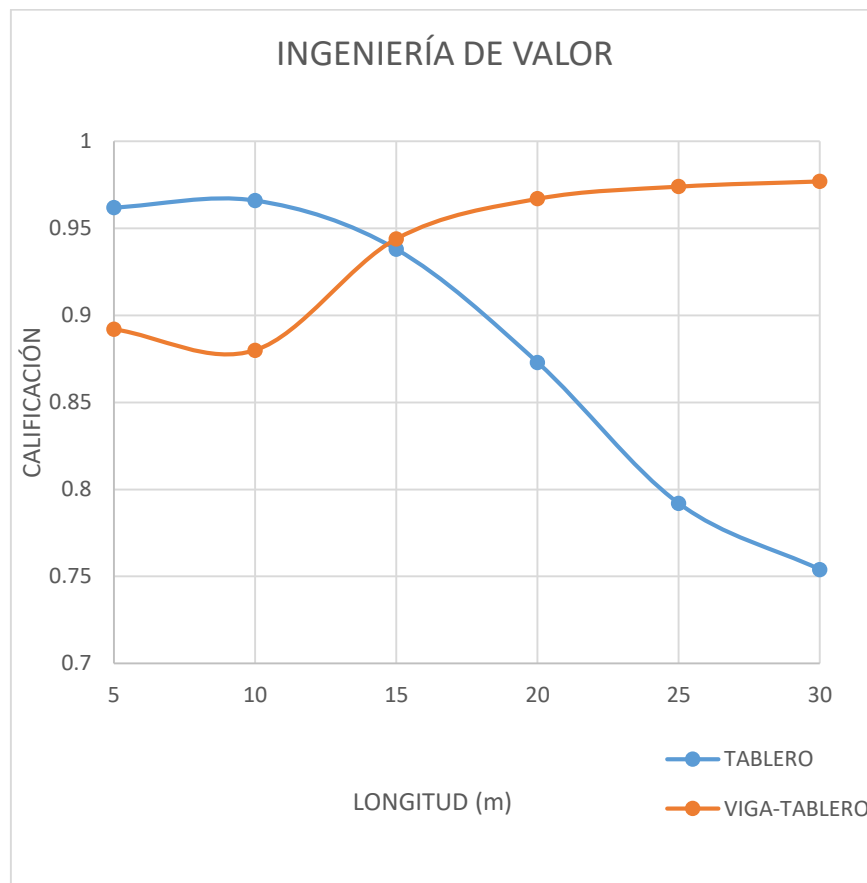
A partir de la figura 4.6 se obtuvo los resultados que muestran claramente las tendencias de comportamiento de ambos sistemas estructurales:

1. **En luces pequeñas (5 a 15 metros), ambos tipos presentan rendimientos similares,** con una ligera ventaja para los puentes tipo **tablero**, gracias a su simplicidad constructiva, ejecución rápida y menor dependencia tecnológica.
2. **A partir de los 20 metros, los puentes viga-tablero superan consistentemente al tipo tablero,** alcanzando valores de ingeniería de valor cercanos o iguales a 1.00. Esta tendencia evidencia que el sistema viga-tablero se adapta mejor técnica y económicamente a luces mayores, presentando un mejor equilibrio entre costo, tiempo y especialización requerida.
3. **La tipología tablero pierde competitividad con el aumento de la luz,** observándose una caída progresiva en su calificación de valor desde 0.96 (a 10 m) hasta 0.75 (a 30

m). Esto responde al incremento del volumen de hormigón, encofrados complejos y necesidad de mayor personal para el vaciado en sitio.

4. **El sistema viga-tablero, en cambio, mantiene una tendencia ascendente,** estabilizándose en valores cercanos a 0.97–0.98 a partir de los 20 m, gracias a su eficiencia estructural y constructiva en luces mayores, lo cual compensa su requerimiento inicial de mayor tecnología.
5. En resumen, **la ingeniería de valor permitió evidenciar que la elección óptima depende de la longitud del puente.** Los puentes **tipo tablero** resultan más convenientes para luces cortas, mientras que los **viga-tablero** representan una solución más eficiente para tramos intermedios y largos.

Figura 4.6: Comparación entre puentes según la Ingeniería de Valor



Fuente: Elaboración propia (2025)

Se destaca que los puentes tablero alcanzan calificaciones cercanas al valor máximo (1.0), especialmente en longitudes cortas y medias, lo que evidencia su eficiencia integral en cuanto a costo, tiempo de ejecución, técnica y requerimiento de mano de obra calificada. Aunque se

observa una leve disminución en su calificación a medida que aumenta la longitud, esta sigue siendo significativamente mayor que la de los puentes viga-tablero.

Por su parte, los puentes viga-tablero mantienen calificaciones considerablemente más bajas, destacando una caída más pronunciada en longitudes intermedias como los 15 m, posiblemente debido al aumento en complejidad estructural, técnica o de ejecución en ese rango. Sin embargo, se nota una leve recuperación en la calificación a los 20 m, aunque sin alcanzar el desempeño de los puentes tablero.

Estos resultados permiten concluir que, desde el punto de vista de la ingeniería de valor, los **puentes tipo tablero son más competitivos y eficientes** en las condiciones analizadas, especialmente en tramos menores a 20 metros. Esta conclusión refuerza su viabilidad técnica y económica frente a su alternativa estructural.

4.4 Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, y considerando tanto los aspectos técnicos como económicos evaluados mediante el enfoque de ingeniería de valor, se plantean las siguientes recomendaciones:

4.4.1 Delimitación

Se recomienda la utilización de puentes tipo **Tablero** únicamente para luces de hasta **15 metros**, dado que a partir de este umbral se evidencian incrementos sustanciales en el espesor de la losa, lo que repercute en mayores volúmenes de hormigón, incremento del peso propio y una disminución de su competitividad técnica y económica. Para luces superiores, los **puentes tipo Viga-Tablero** deben ser priorizados, dado su mejor desempeño estructural en tramos largos.

4.4.2 Disponibilidad de materiales

En proyectos donde el hormigón armado esté fácilmente disponible y con costos accesibles, y se requiera una solución estructural simple, los puentes tipo Tablero son una opción eficiente. No obstante, en zonas donde el suministro de hormigón o su transporte represente una dificultad, debe considerarse el mayor volumen que requiere esta tipología. Asimismo, la elección de puentes Viga-Tablero deberá considerar la necesidad de mano de obra más calificada y mayor tiempo de ejecución.

4.4.3 Importancia del encofrado

Dado que el encofrado representa un componente altamente variable en función de la tipología y longitud del puente, se sugiere que futuros estudios profundicen en **sistemas de encofrado reutilizable**, modulares o metálicos, que puedan mitigar el impacto económico y logístico de este rubro, especialmente en puentes Viga-Tablero.

4.4.4 Ampliación del estudio

Se recomienda ampliar este estudio a **luces superiores a 30 metros**, particularmente en el análisis detallado de puentes Viga-Tablero, donde esta tipología empieza a mostrar mayor eficiencia. Sería deseable considerar tipologías intermedias o híbridas (como vigas postesadas o prefabricadas) que puedan competir estructuralmente con las soluciones convencionales.

En futuras investigaciones, se sugiere integrar nuevos factores a la metodología de evaluación, tales como impacto ambiental, sostenibilidad, facilidad de mantenimiento, vida útil o respuesta sísmica. Esto permitiría desarrollar una valoración más integral y adaptada a contextos técnicos más exigentes.

4.4.5 Profundización en el diseño

Debido a que los resultados se fundamentan en un prediseño ajustado para cumplir condiciones de servicio (deformaciones), se recomienda realizar diseños estructurales completos, incluyendo verificaciones a estado límite último, diseño detallado del acero, revisión de anclajes y disposición constructiva, lo cual permitiría validar y ajustar los costos con mayor precisión.

BIBLIOGRAFÍA:

- AASHTO. (2020). *American Association of State Highway and Transportation LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS*. Washington: AASHTO.
- AISC. (2022). *Specification for structural steel buildings ANSI/AISC 360-22*. Chicago: AISC.
- Chen, W.-F., & Duan, L. (2014). *Bridge Engineering Handbook*. Washington D.C.: CRC Press.
- Crisafulli, F. (2018). *Diseño sismorresistente de construcciones de acero*. Santiago de Chile: Asociación Latinoamericana del Acero-Alacero.
- Encalada, L., & Morales, K. (2024). *Comparación técnica-económica de diafragmas en acero y hormigón para puentes con vigas de acero*. Cuenca: Universidad del Azuay. Obtenido de: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/14584/1/20102.pdf>
- Erzilla, A. (2024, enero 17). *Partes de un puente: Cimentación, subestructura y superestructura*. Ulmaconstruction.es; Ulma Construction. <https://www.ulmaconstruction.es/es-es/ulma/blog/partes-puente>
- McCormac, J., & Cernak, S. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero (Quinta ed.)*. México: Alfaomega.
- MTOP. (2013). *NEVI-12*. Quito: MTOP.
- Nelson, S. I. T. (2013, febrero 22). *Puentes de Hormigón y Puentes Losa- Blog Ingeniería & Arquitectura*. Eadic. <https://eadic.com/blog/entrada/puentes-hormigon-losa/>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Cargas (No sísmicas) (NEC-SE-CG)*. Norma, Quito.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Estructuras de Acero (NEC-SE-AC)*. Norma, Quito.
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (2023). *Puente - Qué es, usos, definición y concepto*. Actualizado el 26 de octubre de 2023. Disponible en <https://definicion.de/puente/>.
- Romo Proaño, M. (2008). *Temas de Concreto Armado* (Cap. VII, Diseño a flexión de vigas de hormigón armado). Escuela Politécnica del Ejército – Ecuador.

ANEXOS:

Anexo 1: Cumplimiento de deformaciones según la AASHTO (2020) y NEVI-12 (2013)

TABLERO PREDISEÑO

Luz L (m)	Altura de canto	Deformación admisible (m)	Deformación HSMOP (m)	Deformación HL-93 (m)	Observación HSMOP	Observación HL-93
5	0.32	0.00625	0.0038	0.0035	Cumple	Cumple
10	0.52	0.0125	0.0136	0.0134	No cumple	No cumple
15	0.72	0.01875	0.0258	0.0177	No cumple	Cumple
20	0.92	0.025	0.0529	0.0468	No cumple	No cumple
25	1.12	0.03125	0.0567		No cumple	Cumple
30	1.32	0.0375	0.0823		No cumple	Cumple

TABLERO (CUMPLIENDO)

CON CAMIÓN HS-MOP				
Luz L (m)	Altura de canto	Deformación admisible (m)	Deformación HSMOP (m)	Observación HSMOP
5	0.45	0.00625	0.0006	Cumple
10	0.65	0.0125	0.0118	Cumple
15	0.83	0.01875	0.0183	Cumple
20	1.15	0.025	0.0244	Cumple
25	1.12	0.03125	DEMASIADO	No cumple
30	1.32	0.0375	DEMASIADO	No cumple

CON HL-93 Y CARRIL CARGADO				
Luz L (m)	Altura de canto	Deformación admisible (m)	Deformación HL-93 (m)	Observación HL-93
5	0.32	0.00625	0.0035	Cumple
10	0.54	0.0125	0.01249	Cumple
15	0.72	0.01875	0.0177	Cumple
20	1.21	0.025	0.0245	Cumple
25	1.12	0.03125	DEMASIADO	No cumple
30	1.32	0.0375	DEMASIADO	No cumple

VIGA TABLERO PREDISEÑO CUMPLIENDO CON RANGOS

Luz L (m)	Altura de viga	Ancho de viga	Espesor de losa	Deformación admisible (m)	Deformación HSMOP (m)	Deformación HL-93 (m)	Observación HSMOP	Observación HL-93
5	0.5	0.15	0.2	0.00625	0.003	0.0027	Cumple	Cumple
10	0.7	0.23	0.2	0.0125	0.0125	0.0123	Cumple	Cumple
15	1.05	0.35	0.2	0.01875	0.0157	0.0175	Cumple	Cumple
20	1.4	0.4	0.25	0.025	0.0184	0.0227	Cumple	Cumple
25	1.75	0.45	0.25	0.03125	0.0238	0.0305	Cumple	Cumple
30	2	0.55	0.35	0.0375	0.0283	0.0358	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 2: Cálculo de la cuantía y aceros necesarios para los puentes Tablero y Viga-Tablero según su luz

VIGA TABLERO LUZ=5 M

DATOS:

Mu=	44.89	Tn/m2
Mu=	4489000	kg/cm2
fc=	280	kg/cm2
fy=	4200	kg/cm2
b=	150	cm
h=	70	cm

Obtener un d aproximado 5 cm de recubrimiento más 2.5 cm de la varilla:

d=	62.5	cm
k=	2231250	
φ=	0.9	
β1=	0.85	

CÁLCULO CUANTÍA:

$$A_s = \frac{k}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{\phi \cdot k \cdot d}} \right]$$

As=	19.35	cm2
-----	-------	-----

VERIFICACIÓN DE LA POSICIÓN DEL EJE NEUTRO:

$$T = A_s \cdot F_y$$

T=	81270	kg
----	-------	----

$$C_c = T$$

Cc=	81270	kg
-----	-------	----

$$a = \frac{C_c}{0.85 f'_c \cdot b}$$

a=	2.28	cm
----	------	----

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

c=	2.68	cm
----	------	----

ALTURA ALA=	20	cm
-------------	----	----

EJE NEUTRO=	CUMPLE
-------------	--------

8φ18	∴	Asreal=	20.4	cm2
------	---	---------	------	-----

VIGA TABLERO LUZ=10 M

DATOS:

Mu=	147.75	Tn/m2
Mu=	14775000	kg/cm2
fc=	280	kg/cm2
fy=	4200	kg/cm2
b=	150	cm
h=	90	cm

Obtener un d aproximado 5 cm de recubrimiento más 2.5 cm de la varilla:

d=	82.5	cm
k=	2945250	
φ=	0.9	
β1=	0.85	

CÁLCULO CUANTÍA:

$$A_s = \frac{k}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{\phi \cdot k \cdot d}} \right]$$

As=	49.1	cm2
-----	------	-----

VERIFICACIÓN DE LA POSICIÓN DEL EJE NEUTRO:

$$T = A_s \cdot F_y$$

T=	206220	kg
----	--------	----

$$C_c = T$$

Cc=	206220	kg
-----	--------	----

$$a = \frac{C_c}{0.85 f'_c \cdot b}$$

a=	5.78	cm
----	------	----

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

c=	6.8	cm
----	-----	----

ALTURA ALA=	20	cm
-------------	----	----

EJE NEUTRO=	CUMPLE
-------------	--------

8φ28	∴	Asreal=	49.264	cm2
------	---	---------	--------	-----

VIGA TABLERO LUZ=15 M

DATOS:

Mu=	289.35	Tn/m2
Mu=	28935000	kg/cm2
fc=	280	kg/cm2
fy=	4200	kg/cm2
b=	150	cm
h=	125	cm

Obtener un d aproximado 5 cm de recubrimiento más 2.5 cm de la varilla:

d=	117.5	cm
k=	4194750	
φ=	0.9	
β1=	0.85	

CÁLCULO CUANTÍA:

$$A_s = \frac{k}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{\phi \cdot k \cdot d}} \right]$$

As=	67.42	cm2
-----	-------	-----

VERIFICACIÓN DE LA POSICIÓN DEL EJE NEUTRO:

$$T = A_s \cdot F_y$$

T=	283164	kg
----	--------	----

$$C_c = T$$

Cc=	283164	kg
-----	--------	----

$$a = \frac{C_c}{0.85 f'_c \cdot b}$$

a=	7.93	cm
----	------	----

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

c=	9.33	cm
----	------	----

ALTURA ALA=	20	cm
-------------	----	----

EJE NEUTRO=	CUMPLE
-------------	--------

9φ32	∴	Asreal=	72.387	cm ² /m
------	---	---------	--------	--------------------

VIGA TABLERO LUZ=20 M

DATOS:

Mu=	511.5	Tn/m ²
Mu=	51150000	kg/cm ²
fc=	280	kg/cm ²
fy=	4200	kg/cm ²
b=	150	cm
h=	165	cm

Obtener un d aproximado 5 cm de recubrimiento más 2.5 cm de la varilla:

d=	157.5	cm
k=	5622750	
φ=	0.9	
β1=	0.85	

CÁLCULO CUANTÍA:

$$A_s = \frac{k}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{\phi \cdot k \cdot d}} \right]$$

As=	88.87	cm ²
-----	-------	-----------------

VERIFICACIÓN DE LA POSICIÓN DEL EJE NEUTRO:

$$T = A_s \cdot F_y$$

T=	373254	kg
----	--------	----

$$C_c = T$$

Cc=	373254	kg
-----	--------	----

$$a = \frac{C_c}{0.85 f'_c \cdot b}$$

a=	10.46	cm
----	-------	----

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

c=	12.31	cm
----	-------	----

ALTURA ALA=	25	cm
-------------	----	----

EJE NEUTRO=	CUMPLE
-------------	--------

15φ28	∴	Asreal=	92.37	cm ² /m
-------	---	---------	-------	--------------------

VIGA TABLERO LUZ=25 M

DATOS:

Mu=	801.74	Tn/m ²
Mu=	80174000	kg/cm ²
fc=	280	kg/cm ²
fy=	4200	kg/cm ²
b=	150	cm
h=	200	cm

Obtener un d aproximado 5 cm de recubrimiento mas 2.5 cm de la varilla:

d=	192.5	cm
k=	6872250	
φ=	0.9	
β1=	0.85	

CÁLCULO CUANTÍA:

$$As = \frac{k}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mu}{\phi \cdot k \cdot d}} \right]$$

As=	114.16	cm ²
-----	--------	-----------------

VERIFICACIÓN DE LA POSICIÓN DEL EJE NEUTRO:

$$T = As \cdot F_y$$

T=	479472	kg
----	--------	----

$$C_c = T$$

Cc=	479472	kg
-----	--------	----

$$a = \frac{C_c}{0.85 f'_c \cdot b}$$

a=	13.43	cm
----	-------	----

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

c=	15.8	cm
----	------	----

ALTURA ALA=	25	cm
-------------	----	----

EJE NEUTRO=	CUMPLE
-------------	--------

19φ28	∴	Asreal=	117.002	cm ²
-------	---	---------	---------	-----------------

VIGA TABLERO LUZ=30 M				
-----------------------	--	--	--	--

DATOS:

Mu=	1264.25	Tn/m ²
Mu=	126425000	kg/cm ²
fc=	280	kg/cm ²
fy=	4200	kg/cm ²
b=	150	cm
h=	235	cm

Obtener un d aproximado 5 cm de recubrimiento mas 2.5 cm de la varilla:

d=	227.5	cm
k=	8121750	
φ=	0.9	
β1=	0.85	

CÁLCULO CUANTÍA:

$$A_s = \frac{k}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{\phi \cdot k \cdot d}} \right]$$

As=	153.07	cm ²
-----	--------	-----------------

VERIFICACIÓN DE LA POSICIÓN DEL EJE NEUTRO:

T=	642894	kg
----	--------	----

$$T = A_s \cdot F_y \quad C_c = T$$

Cc=	642894	kg
-----	--------	----

$$a = \frac{C_c}{0.85f'_c \cdot b}$$

a=	18.01	cm
----	-------	----

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

c=	21.19	cm
----	-------	----

ALTURA ALA=	35	cm
-------------	----	----

EJE NEUTRO=	CUMPLE
-------------	--------

20φ32	∴	Asreal=	160.86	cm ²
-------	---	---------	--------	-----------------

TABLERO LUZ=5 M

DATOS:

Mu=	19.0666667	Tn/m ²
Mu=	1906666.67	kg/cm ²
fc=	280	kg/cm ²
fy=	4200	kg/cm ²
b=	100	cm
h=	32	cm

Obtener un d aproximado 5 cm de recubrimiento mas 2.5 cm de la varilla:

d=	24.5	cm
k=	583100	
φ=	0.9	

CÁLCULO CUANTÍA:

$$A_s = \frac{k}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{\phi \cdot k \cdot d}} \right]$$

As=	22.39	cm ² /m
-----	-------	--------------------

9φ18	∴	Asreal=	22.95	cm ² /m
------	---	---------	-------	--------------------

TABLERO LUZ=10 M

DATOS:

Mu=	52.9033333	Tn/m ²
Mu=	5290333.33	kg/cm ²
fc=	280	kg/cm ²
fy=	4200	kg/cm ²

b=	100	cm
h=	65	cm

Obtener un d aproximado 5 cm de recubrimiento más 2.5 cm de la varilla:

d=	57.5	cm
k=	1368500	
ϕ =	0.9	

CÁLCULO CUANTÍA:

$$As = \frac{k}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mu}{\phi \cdot k \cdot d}} \right]$$

As=	25.32	cm ² /m
-----	-------	--------------------

10 ϕ 18	$\therefore$	Asreal=	25.5	cm ² /m
--------------	--------------	---------	------	--------------------

TABLERO LUZ=15 M				
------------------	--	--	--	--

DATOS:

Mu=	137.666667	Tn/m ²
Mu=	13766666.7	kg/cm ²
fc=	280	kg/cm ²
fy=	4200	kg/cm ²
b=	100	cm
h=	83	cm

Obtener un d aproximado 5 cm de recubrimiento más 2.5 cm de la varilla:

d=	75.5	cm
k=	1796900	
ϕ =	0.9	

CÁLCULO CUANTÍA:

$$As = \frac{k}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mu}{\phi \cdot k \cdot d}} \right]$$

As=	51.32	cm ² /m
-----	-------	--------------------

11 ϕ 24	$\therefore$	Asreal=	51.81	cm ² /m
--------------	--------------	---------	-------	--------------------

TABLERO LUZ=20 M				
------------------	--	--	--	--

DATOS:

Mu=	305.386667	Tn/m ²
Mu=	30538666.7	kg/cm ²

fc=	280	kg/cm2
fy=	4200	kg/cm2
b=	100	cm
h=	121	cm

Obtener un d aproximado 5 cm de recubrimiento más 2.5 cm de la varilla:

d=	113.5	cm
k=	2701300	
φ=	0.9	

CÁLCULO CUANTÍA:

$$As = \frac{k}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2.Mu}{\phi.k.d}} \right]$$

As=	75.63	cm2/m
-----	-------	-------

9φ18	∴	Asreal= 80.07	cm2/m
TABLERO LUZ=25 M			

DATOS:

Mu=	460.646667	Tn/m2
Mu=	46064666.7	kg/cm2
fc=	280	kg/cm2
fy=	4200	kg/cm2
b=	100	cm
h=	160	cm

Obtener un d aproximado 5 cm de recubrimiento más 2.5 cm de la varilla:

d=	152.5	cm
k=	3629500	
φ=	0.9	

CÁLCULO CUANTÍA:

$$As = \frac{k}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2.Mu}{\phi.k.d}} \right]$$

As=	83.99	cm2/m
-----	-------	-------

11φ32	∴	Asreal= 87.12 cm2/m
-------	---	---------------------

TABLERO LUZ=30 M

DATOS:

Mu=	827.953333	Tn/m2
Mu=	82795333.3	kg/cm2
fc=	280	kg/cm2
fy=	4200	kg/cm2
b=	100	cm
h=	212	cm

Obtener un d aproximado 5 cm de recubrimiento más 2.5 cm de la varilla:

d=	204.5	cm
k=	4867100	
φ=	0.9	

CÁLCULO CUANTÍA:

$$A_s = \frac{k}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_u}{\phi \cdot k \cdot d}} \right]$$

As=	112.58	cm2/m
-----	--------	-------

15φ32	∴	Asreal= 118.8 cm2/m
-------	---	---------------------

Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 3: Diseño por cortante según Marcelo Romo Proaño (2008)

TABLERO LUZ=5 M

Vu=	17.3866667	Ton
Vu=	17386.6667	kg
fc=	280	kg/m2
b=	1000	mm
h=	450	mm
d=	442.5	mm
φ	0.75	
lambda	1	

173.866667 Kn
27.468 Mpa

$$V_c = \phi \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Vc= 295690.233 N
295.690233 Kn CUMPLE

TABLERO LUZ=10 M

Vu=	25.39	Ton	
Vu=	25390	kg	253.9 Kn
fc=	280	kg/m2	27.468 Mpa
b=	1000	mm	
h=	650	mm	
d=	642.5	mm	
fi	0.75		
lambda	1		

$$V_c = \phi \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Vc= 429335.536 N
429.335536 Kn CUMPLE

TABLERO LUZ=15 M

Vu=	43.4	Ton	
Vu=	43400	kg	434 Kn
fc=	280	kg/m2	27.468 Mpa
b=	1000	mm	
h=	830	mm	
d=	822.5	mm	
fi	0.75		
lambda	1		

$$V_c = \phi \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Vc= 549616.308 N
549.616308 Kn CUMPLE

TABLERO LUZ=20 M

Vu=	62.8933333	Ton		
Vu=	62893.3333	kg	628.933333	Kn
fc=	280	kg/m2	27.468	Mpa
b=	1000	mm		
h=	1210	mm		
d=	1202.5	mm		
fi	0.75			
lambda	1			

$$V_c = \phi \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Vc= 803542.384 N
803.542384 Kn CUMPLE

TABLERO LUZ=25 M

Vu=	66.57	Ton		
Vu=	66570	kg	665.7	Kn
fc=	280	kg/m2	27.468	Mpa
b=	1000	mm		
h=	1600	mm		
d=	1592.5	mm		
fi	0.75			
lambda	1			

$$V_c = \phi \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Vc= 1064150.72 N
1064.15072 Kn CUMPLE

TABLERO LUZ=30 M

Vu=	126.346667	Ton		
Vu=	126346.667	kg	1263.46667	Kn
fc=	280	kg/m2	27.468	Mpa
b=	1000	mm		
h=	1210	mm		
d=	2120	mm		
fi	0.75			

lambda

1

$$V_c = \phi \cdot 0.17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

Vc= 1416640.21 N
1416.64021 Kn CUMPLE

VIGA TABLERO LUZ=5 M

$$V_u = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = n \cdot A_v \cdot F_y \quad n = \frac{d}{s}$$

Vu=	39.45	Ton
Vu=	39450	kg
bw=	20	cm
h=	70	cm
d=	62.5	cm
fc=	280	kg/cm2
Fy=	4200	kg/cm2
Av=	2.26	cm2
fi=	0.85	

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$$

vu= 37.13 kg/cm2

$$v_c = 0.53 \sqrt{f'_c}$$

vc= 8.87 kg/cm2

$$s = \frac{A_v \cdot F_y}{(v_u - v_c) \cdot b_w}$$

s= 16.79 cm

Capacidad maxima del acero a cortante:

$$V_s = V_u - V_c$$

$V_s =$ 28.26
 $V_s <$ 35.4743851 cumple
 $s_{min} <$ 31.25

VIGA TABLERO LUZ=5 M DESPUES DE 1/4L

$$V_u = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = n \cdot A_v \cdot F_y \quad n = \frac{d}{s}$$

$V_u =$	24.63	Ton
$V_u =$	24630	kg
$b_w =$	20	cm
$h =$	70	cm
$d =$	62.5	cm
$f_c =$	280	kg/cm ²
$F_y =$	4200	kg/cm ²
$A_v =$	2.26	cm ²
$f_i =$	0.85	

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$$

$v_u =$	23.18	kg/cm ²
---------	-------	--------------------

$$v_c = 0.53 \sqrt{f'_c}$$

$v_c =$	8.87	kg/cm ²
---------	------	--------------------

$$s = \frac{A_v \cdot F_y}{(v_u - v_c) \cdot b_w}$$

$s =$	33.17	cm
-------	-------	----

VIGA TABLERO LUZ=10 M

$$V_u = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = n \cdot A_v \cdot F_y \quad n = \frac{d}{s}$$

Vu=	71.45	Ton
Vu=	71450	kg
bw=	25	cm
h=	90	cm
d=	82.5	cm
fc=	280	kg/cm2
Fy=	4200	kg/cm2
Av=	2.26	cm2
fi=	0.85	

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$$

vu=	40.76	kg/cm2
-----	-------	--------

$$v_c = 0.53 \sqrt{f'c}$$

vc=	8.87	kg/cm2
-----	------	--------

$$s = \frac{A_v \cdot F_y}{(v_u - v_c) \cdot b_w}$$

s=	11.91	cm
----	-------	----

Capacidad maxima del acero a cortante:

$$V_s = V_u - V_c$$

vs=	31.89	
vs=<	35.4743851	cumple
smin<	41.25	

VIGA TABLERO LUZ=10 M DESPUES DE 1/4L

$$V_u = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = n \cdot A_v \cdot F_y \quad n = \frac{d}{s}$$

Vu=	35.21	Ton
Vu=	35210	kg
bw=	25	cm
h=	90	cm
d=	82.5	cm
fc=	280	kg/cm2
Fy=	4200	kg/cm2
Av=	2.26	cm2
fi=	0.85	

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$$

vu=	20.08	kg/cm2
-----	-------	--------

$$v_c = 0.53 \sqrt{f'_c}$$

vc=	8.87	kg/cm2
-----	------	--------

$$s = \frac{A_v \cdot F_y}{(v_u - v_c) \cdot b_w}$$

s=	33.87	cm
----	-------	----

VIGA TABLERO LUZ=15 M

$$V_u = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = n \cdot A_v \cdot F_y \quad n = \frac{d}{s}$$

Vu=	84.27	Ton
Vu=	84270	kg
bw=	35	cm
h=	125	cm
d=	117.5	cm
fc=	280	kg/cm2
Fy=	4200	kg/cm2
Av=	2.26	cm2
fi=	0.85	

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$$

vu=	24.11	kg/cm2
-----	-------	--------

$$v_c = 0.53 \sqrt{f'c}$$

vc=	8.87	kg/cm2
-----	------	--------

$$s = \frac{A_v \cdot F_y}{(v_u - v_c) \cdot b_w}$$

s=	17.8	cm
----	------	----

Capacidad maxima del acero a cortante:

$$V_s = V_u - V_c$$

vs= 15.24
vs=< 35.4743851 cumple
smin< 58.75

VIGA TABLERO LUZ=15 M DESPUES DE 1/4L

$$V_u = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = n \cdot A_v \cdot F_y \quad n = \frac{d}{s}$$

Vu=	51.74	Ton
Vu=	51740	kg
bw=	35	cm
h=	125	cm
d=	117.5	cm
fc=	280	kg/cm2
Fy=	4200	kg/cm2
Av=	2.26	cm2
fi=	0.85	

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$$

vu=	14.8	kg/cm2
-----	------	--------

$$v_c = 0.53\sqrt{f'c}$$

vc=	8.87	kg/cm2
-----	------	--------

$$s = \frac{A_v \cdot F_y}{(v_u - v_c) \cdot b_w}$$

s=	45.73	cm
----	-------	----

VIGA TABLERO LUZ=20 M

$$V_u = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = n \cdot A_v \cdot F_y \quad n = \frac{d}{s}$$

Vu=	107.75	Ton
Vu=	107750	kg
bw=	40	cm
h=	165	cm
d=	157.5	cm
fc=	280	kg/cm2
Fy=	4200	kg/cm2

Av=	2.26	cm2
fi=	0.85	

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$$

vu=	20.12	kg/cm2
-----	-------	--------

$$v_c = 0.53 \sqrt{f'_c}$$

vc=	8.87	kg/cm2
-----	------	--------

$$s = \frac{A_v \cdot F_y}{(v_u - v_c) \cdot b_w}$$

s=	21.09	cm
----	-------	----

Capacidad maxima del acero a cortante:

$$V_s = V_u - V_c$$

vs=	11.25	
vs=<	35.4743851	cumple
smin<	78.75	

VIGA TABLERO LUZ=20 M DESPUES DE 1/4L

$$V_u = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = n \cdot A_v \cdot F_y \quad n = \frac{d}{s}$$

Vu=	65.35	Ton
Vu=	65350	kg
bw=	40	cm
h=	165	cm
d=	157.5	cm
fc=	280	kg/cm2
Fy=	4200	kg/cm2

Av=	2.26	cm2
fi=	0.85	

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$$

vu=	12.2	kg/cm2
-----	------	--------

$$v_c = 0.53\sqrt{f'c}$$

vc=	8.87	kg/cm2
-----	------	--------

$$s = \frac{A_v \cdot F_y}{(v_u - v_c) \cdot b_w}$$

s=	71.26	cm
----	-------	----

VIGA TABLERO LUZ=25 M

$$V_u = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = n \cdot A_v \cdot F_y \quad n = \frac{d}{s}$$

Vu=	132.64	Ton
Vu=	132640	kg
bw=	45	cm
h=	200	cm
d=	192.5	cm
fc=	280	kg/cm2
Fy=	4200	kg/cm2
Av=	2.26	cm2
fi=	0.85	

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$$

vu=	18.01	kg/cm2
-----	-------	--------

$$v_c = 0.53\sqrt{f'c}$$

vc=	8.87	kg/cm2
-----	------	--------

$$s = \frac{A_v \cdot F_y}{(v_u - v_c) \cdot b_w}$$

s=	23.08	cm
----	-------	----

Capacidad maxima del acero a cortante:

$$V_s = V_u - V_c$$

vs= 9.14
vs=< 35.4743851 cumple

smin< 96.25

VIGA TABLERO LUZ=25 M DESPUES DE 1/4

$$V_u = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = n \cdot A_v \cdot F_y \quad n = \frac{d}{s}$$

Vu=	78.61	Ton
Vu=	78610	kg
bw=	45	cm
h=	200	cm
d=	192.5	cm
fc=	280	kg/cm2
Fy=	4200	kg/cm2
Av=	2.26	cm2
fi=	0.85	

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$$

vu=	10.68	kg/cm2
-----	-------	--------

$$v_c = 0.53\sqrt{f'_c}$$

vc=	8.87	kg/cm2
-----	------	--------

$$s = \frac{A_v \cdot F_y}{(v_u - v_c) \cdot b_w}$$

s=	116.54	cm
----	--------	----

VIGA TABLERO LUZ=30 M

$$V_u = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = n \cdot A_v \cdot F_y \quad n = \frac{d}{s}$$

Vu=	172.2	Ton
Vu=	172200	kg
bw=	55	cm
h=	235	cm
d=	227.5	cm
fc=	280	kg/cm2
Fy=	4200	kg/cm2
Av=	2.26	cm2
fi=	0.85	

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$$

vu=	16.19	kg/cm2
-----	-------	--------

$$v_c = 0.53 \sqrt{f'_c}$$

vc=	8.87	kg/cm2
-----	------	--------

$$s = \frac{A_v \cdot F_y}{(v_u - v_c) \cdot b_w}$$

s=	23.58	cm
----	-------	----

Capacidad maxima del acero a cortante:

$$V_s = V_u - V_c$$

$V_s =$ 7.32
 $V_s <$ 35.4743851 cumple
 $s_{min} <$ 113.75

VIGA TABLERO LUZ=30 M DESPUES DE 1/4

$$V_u = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c = v_c \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s = n \cdot A_v \cdot F_y \quad n = \frac{d}{s}$$

$V_u =$	99.19	Ton
$V_u =$	99190	kg
$b_w =$	55	cm
$h =$	235	cm
$d =$	227.5	cm
$f_c =$	280	kg/cm ²
$F_y =$	4200	kg/cm ²
$A_v =$	2.26	cm ²
$f_i =$	0.85	

$$v_u = \frac{V_u}{\phi \cdot b_w \cdot d}$$

$v_u =$	9.33	kg/cm ²
---------	------	--------------------

$$v_c = 0.53 \sqrt{f'_c}$$

$v_c =$	8.87	kg/cm ²
---------	------	--------------------

$$s = \frac{A_v \cdot F_y}{(v_u - v_c) \cdot b_w}$$

$s =$	375.18	cm
-------	--------	----

Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 4: Secciones definidas de los puentes Tablero

Luz (m)	Altura de canto (m)	Deformación admisible (m)	Deformación HSMOP (m)	Deformación HL-93 (m)	Observación HSMOP	Observación HL-93
5	0.45	0.00625	0.0006	0.0005	Cumple	Cumple
10	0.65	0.0125	0.0118	0.01249	Cumple	Cumple
15	0.83	0.01875	0.0183	0.0177	Cumple	Cumple
20	1.21	0.025	0.0244	0.0245	Cumple	Cumple
25	1.6	0.03125	0.0297	0.0307	Cumple	Cumple
30	2.12	0.0375	0.0308	0.0361	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 5: Secciones definidas de los puentes Viga-Tablero

Luz (m)	Altura de viga (m)	Ancho de viga (m)	Espesor de losa (m)	Deformación admisible (m)	Deformación HSMOP (m)	Deformación HL-93 (m)	Observación HSMOP Y HL-93
5	0.5	0.20	0.2	0.00625	0.003	0.0027	Cumple
10	0.7	0.25	0.2	0.0125	0.0125	0.0123	Cumple
15	1.05	0.35	0.2	0.01875	0.0157	0.0175	Cumple
20	1.4	0.40	0.25	0.025	0.0184	0.0227	Cumple
25	1.75	0.45	0.25	0.03125	0.0238	0.0305	Cumple
30	2	0.55	0.35	0.0375	0.0283	0.0358	Cumple

Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 6: Volúmenes de materiales

VOLUMENES DE ACEROS					
	TABLERO		VIGA TABLERO		
LONGITUDES	ACERO LONGITUDINAL	ACERO LONGITUDINAL NEGATIVO	ACERO LONGITUDINAL	ACERO LONGITUDINAL	ACERO CORTANTE
5	179.78	79.90	159.81	96.67	19.53
10	599.28	473.50	773.39	394.58	99.69
15	1757.88	1220.75	1704.61	1040.41	219.70
20	3788.02	2130.76	2900.20	1790.43	383.54
25	5208.52	3179.03	4735.02	2834.85	621.47
30	8523.04	4028.47	7576.03	4993.97	925.65

VOLUMENES TOTALES +10%		
LONGITUDES	TABLERO	VIGA TABLERO
5	285.65	303.61
10	1180.06	1394.43
15	3276.49	3261.19
20	6510.65	5581.58
25	9226.31	9010.47
30	13806.65	14845.21

Fuente: Elaboración propia (2025)

VOLUMENES HORMIGON			
PUENTE TABLERO			
Luz L (m) [L]	Altura de canto [H]	Ancho carril [A]	VOL (m3)
5	0.45	3	6.75
10	0.65	3	19.5
15	0.83	3	37.35
20	1.21	3	72.6
25	1.6	3	120
30	2.12	3	190.8

Fuente: Elaboración propia (2025)

PUENTE VIGA - TABLERO					
Luz (m)	Altura de viga	Ancho de viga	Espesor de losa	Area de sección	VOL (m3)
5	0.5	0.20	0.2	0.8	4.00
10	0.7	0.25	0.2	0.95	9.50
15	1.05	0.35	0.2	1.335	20.03
20	1.4	0.40	0.25	1.87	37.40
25	1.75	0.45	0.25	2.325	58.13
30	2	0.55	0.35	3.25	97.50

Fuente: Elaboración propia (2025)

ENCONFRADO		
PUENTE	TABLERO	VIGA-TABLERO
5	19.5	27
10	43	62
15	69.9	114
20	108.4	182
25	155	262.5
30	217.2	351

Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 7: Presupuesto Total de los puente Tablero y Viga-Tablero en las luces analizadas

PRESUPUESTO						MONTO
N	RUBROS - ACTIVIDADES	UND.	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	ESTIMADO
CODIGO						
	SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 5m					*****
1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	18.20	22.00	400.40	
1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	285.65	2.80	799.82	
1.3	HORMIGON 280	M3	6.75	195.00	1,316.25	
1.4	CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	15.00	21.00	315.00	

PRESUPUESTO						MONTO
N	RUBROS - ACTIVIDADES	UND.	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	CONTRATO
CODIGO						
	SUPER ESTRUCTURA PUENTE VIGA TABLERO DE 5m					2,539.11
1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	27.00	22.00	594.00	
1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	303.61	2.80	850.11	
1.3	HORMIGON 280	M3	4.00	195.00	780.00	
1.4	CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	15.00	21.00	315.00	

PRESUPUESTO						MONTO
N	RUBROS - ACTIVIDADES	UND.	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	CONTRATO
CODIGO						
	SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 10m					*****
1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	43.00	28.00	1,204.00	
1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	1180.06	2.80	3,304.17	
1.3	HORMIGON 280	M3	19.50	195.00	3,802.50	
1.4	CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	30.00	21.00	630.00	

PRESUPUESTO						MONTO
N	RUBROS - ACTIVIDADES	UND.	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	CONTRATO
CODIGO						
	SUPER ESTRUCTURA PUENTE VIGA TABLERO DE 10m					*****
1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	62.00	28.00	1,736.00	
1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	1394.43	2.80	3,904.40	
1.3	HORMIGON 280	M3	9.50	195.00	1,852.50	
1.4	CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	30.00	21.00	630.00	

PRESUPUESTO						MONTO
N	RUBROS - ACTIVIDADES	UND.	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	CONTRATO
CODIGO						
	SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 15m					*****
1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	69.90	28.00	1,957.20	
1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	3276.49	2.80	9,174.17	
1.3	HORMIGON 280	M3	37.35	195.00	7,283.25	
1.4	CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	45.00	21.00	945.00	

PRESUPUESTO						MONTO
N	RUBROS - ACTIVIDADES	UND.	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	CONTRATO
CODIGO						
	SUPER ESTRUCTURA PUENTE VIGA TABLERO DE 15m					*****
1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	114.00	28.00	3,192.00	
1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	3261.19	2.80	9,131.33	
1.3	HORMIGON 280	M3	20.02	195.00	3,903.90	
1.4	CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	45.00	21.00	945.00	

PRESUPUESTO						MONTO
N	RUBROS - ACTIVIDADES	UND.	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	CONTRATO
CODIGO						
	SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 20m					*****
1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	108.40	35.00	3,794.00	
1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	6510.65	2.80	18,229.82	
1.3	HORMIGON 280	M3	72.60	195.00	14,157.00	
1.4	CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	60.00	21.00	1,260.00	

PRESUPUESTO						MONTO
N	RUBROS - ACTIVIDADES	UND.	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	CONTRATO
CODIGO						
	SUPER ESTRUCTURA PUENTE VIGA TABLERO DE 20m					*****
1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	182.00	35.00	6,370.00	
1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	5581.58	2.80	15,628.42	
1.3	HORMIGON 280	M3	37.40	195.00	7,293.00	
1.4	CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	60.00	21.00	1,260.00	

PRESUPUESTO						MONTO
N	RUBROS - ACTIVIDADES	UND.	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	CONTRATO
CODIGO						
	SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 25m					*****
1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	155.00	70.00	10,850.00	
1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	3226.31	2.80	25,833.67	
1.3	HORMIGON 280	M3	120.00	195.00	23,400.00	
1.4	CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	75.00	21.00	1,575.00	

PRESUPUESTO						MONTO
N	RUBROS - ACTIVIDADES	UND.	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	CONTRATO
CODIGO						
	SUPER ESTRUCTURA PUENTE VIGA TABLERO DE 25m					*****
1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	262.50	40.00	10,500.00	
1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	3010.47	2.80	25,229.32	
1.3	HORMIGON 280	M3	58.13	195.00	11,335.35	
1.4	CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	75.00	21.00	1,575.00	

PRESUPUESTO						MONTO
N	RUBROS - ACTIVIDADES	UND.	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	CONTRATO
CODIGO						
	SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 30m					*****
1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	155.00	80.00	12,400.00	
1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	13806.65	2.80	38,658.62	
1.3	HORMIGON 280	M3	130.80	195.00	37,206.00	
1.4	CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	30.00	21.00	1,890.00	

PRESUPUESTO						MONTO
N	RUBROS - ACTIVIDADES	UND.	CANTIDAD	P.UNITARIO	P.TOTAL	CONTRATO
CODIGO						
	SUPER ESTRUCTURA PUENTE VIGA TABLERO DE 30m					*****
1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	351.00	40.00	14,040.00	
1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	14845.21	2.80	41,566.59	
1.3	HORMIGON 280	M3	37.50	195.00	19,012.50	
1.4	CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	30.00	21.00	1,890.00	

Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 8: Cronograma tentativo de la realización de los puente Tablero y Viga-Tablero en las luces establecidas

MES	N	RUBROS - DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN												%
							DÍA	DÍA	DÍA	DÍA	DÍA	DÍA	DÍA	DÍA	DÍA	DÍA	DÍA	DÍA	
	0	SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 5m		0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	0
	1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	18.2	22	400.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
	1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	285.65	2.8	799.82	132.132	132.132	136.136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
	1.3	HORMIGON 280	M3	6.75	195	1316.25	0	0	263.3406	263.3406	271.9388	0	100.00%	0	0	0	0	0	47
	1.4	CARPETA ASFALTICA e=3"	M2	15	21	315	0	0	0	0	0	0	1316.25	0	0	0	0	0	11
						2831.47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	315	0	0	
		TOTAL DE INVERSION PARCIAL					\$ 132.13	\$ 132.13	\$ 136.14	\$ 263.34	\$ 263.34	\$ 271.94	\$ 1,316.25	\$ -	\$ -	\$ 315.00	\$ -	\$ -	
		TOTAL DE INVERSION ACUMULADA					\$ 132.13	\$ 264.26	\$ 400.40	\$ 664.34	\$ 928.28	\$ 1,200.22	\$ 2,516.47	\$ -	\$ -	\$ 315.00	\$ -	\$ -	
		% DE AVANCE DE OBRA PARCIAL					4.67%	4.67%	4.81%	3.32%	3.32%	3.60%	46.43%	0.00%	0.00%	11.12%	0.00%	0.00%	
		% DE AVANCE DE OBRA ACUMULADO					4.67%	3.33%	14.14%	23.46%	32.78%	42.33%	88.88%	88.88%	88.88%	100.00%	100.00%	100.00%	
		CURVA AL 80%					3.73%	7.47%	11.31%	18.77%	26.23%	33.31%	71.10%	0.00%	0.00%	80.00%	0.00%	0.00%	

Fuente: Elaboración propia (2025)

5M VT

MES	N	RUBROS - DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN												%
							DIARIO	DIARIO	DIARIO	DIARIO	DIARIO	DIARIO	DIARIO	DIARIO	DIARIO	DIARIO	DIARIO	DIARIO	
	0	SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 10m		0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	0%
	1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	27	22	594	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2339%
	1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	303.61	2.8	850.11	148.5	148.5	148.5	148.5	0	0	0	0	0	0	0	0	3348%
	1.3	HORMIGON 280	M3	4	195	780	0	0	0	0	280.5363	280.5363	289.0374	0	0	0	0	0	3072%
	1.4	CARPETA ASFALTICA e=3"	M2	15	21	315	0	0	0	0	0	0	0	780	0	0	0	0	1241%
						2539.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	315	
		TOTAL DE INVERSION PARCIAL					148.5	148.5	148.5	148.5	280.5363	280.5363	289.0374	780	0	0	0	315	
		TOTAL DE INVERSION ACUMULADA					148.5	297	445.5	594	874.5363	1155.0726	1444.11	2224.11	0	0	0	315	
		% DE AVANCE DE OBRA PARCIAL					5.848506	5.848506	5.848506	5.848506	11.04860758	11.04860758	11.38341387	30.71942531	0	0	0	12.40532176	
		% DE AVANCE DE OBRA ACUMULADO					5.848506	11.69701	17.54552	23.39402	34.44263147	45.49123306	56.87465293	87.59407824	0	0	0	100	
		CURVA AL 80%					4.678805	3.35761	14.03641	18.71522	27.55410518	36.39239124	45.49972234	70.07526253	0	0	0	80	

Fuente: Elaboración propia (2025)

10 T

MES	N	RUBROS - DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN												%
							SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	
	0	SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 10m		0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	0%
							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	43	28	1204	100												1347%
							1204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	1180.06	2.8	3304.17		100											3696%
							0	3304.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
									100										
	1.3	HORMIGON 280	M3	19.5	195	3802.5													4253%
							0	0	3802.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1.4	CARPETA ASFALTICA 6=3"	M2	30	21	630				100									705%
							0	0	0	630	0	0	0	0	0	0	0	0	
						8340.67													
		TOTAL DE INVERSION PARCIAL					1204	3304.17	3802.5	630	0	0	0	0	0	0	0	0	
		TOTAL DE INVERSION ACUMULADA					1204	4508.17	8310.67	8340.67	0	0	0	0	0	0	0	0	
		% DE AVANCE DE OBRA PARCIAL					13.46655	36.95663	42.53037	7.046452	0	0	0	0	0	0	0	0	
		% DE AVANCE DE OBRA ACUMULADO					13.46655	50.42318	92.95355	100	0	0	0	0	0	0	0	0	
		CURVA AL 80%					10.77324	40.33854	74.36284	80	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia (2025)

10M VT

MES	N	RUBROS - DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN												%
							SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	
	0	SUPER ESTRUCTURA PUENTE VIGA TABLERO DE 10m	-	-	-	-													0.00 %
	1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	62.00	28.00	1,736.00	\$ 0.00 50 %	\$ 0.00 50 %	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	21.37 %
	1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	1,394.43	2.80	3,904.40	\$ 868.00	\$ 868.00 50 %	\$ 0.00 50 %	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	48.07 %
	1.3	HORMIGON 280	M3	9.50	195.00	1,852.50	\$ 0.00	\$ 1,952.20	\$ 1,952.20 100 %	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	22.81 %
	1.4	CARPETA ASFALTICA 6=3"	M2	30.00	21.00	630.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 1,852.50 100 %	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	7.76 %
						8,123	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 630.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION PARCIAL					\$ 868.00	\$ 2,820.20	\$ 1,952.20	\$ 1,852.50	\$ 630.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION ACUMULADA					\$ 868.00	\$ 3,688.20	\$ 5,640.40	\$ 7,492.90	\$ 8,122.30	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		% DE AVANCE DE OBRA PARCIAL					10.63 %	34.72 %	24.03 %	22.81 %	7.76 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	
		% DE AVANCE DE OBRA ACUMULADO					10.63 %	45.40 %	63.44 %	92.24 %	100.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	
		CURVA AL 80%					8.55 %	36.32 %	55.55 %	73.80 %	80.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	

Fuente: Elaboración propia (2025)

15T

MES	N	RUBROS - DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN												%
							SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	
		0 SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 15m	-	-	-	-													0.00 %
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		1.1 ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	63.90	28.00	1,357.20	50 %	50 %											10.11 %
							\$ 378.60	\$ 378.60	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		1.2 ACERO DE REFUERZO	KG	3,276.43	2.80	9,174.17			50 %	50 %									47.39 %
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 4,587.03	\$ 4,587.03	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		1.3 HORMIGON 280	M3	37.35	195.00	7,283.25					100 %		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	37.62 %
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 7,283.25	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		1.4 CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	45.00	21.00	945.00						100 %		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	4.88 %
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 945.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
						19,360													
		TOTAL DE INVERSION PARCIAL					\$ 378.60	\$ 378.60	\$ 4,587.03	\$ 4,587.03	\$ 7,283.25	\$ 945.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION ACUMULADA					\$ 378.60	\$ 1,357.20	\$ 5,544.23	\$ 11,131.37	\$ 18,414.62	\$ 19,359.62	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		% DE AVANCE DE OBRA PARCIAL					5.05 %	5.05 %	23.69 %	23.69 %	37.62 %	4.88 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	
		% DE AVANCE DE OBRA ACUMULADO					5.05 %	10.11 %	33.80 %	57.50 %	76.09 %	100.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	
		CURVA AL 80%					4.04 %	8.03 %	27.04 %	46.00 %	76.09 %	80.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	

Fuente: Elaboración propia (2025)

15 VT

MES	N	RUBROS - DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN												%	
							SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12		
		0 SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 15m	-	-	-	-													0.00 %	
		1.1 ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	114.00	28.00	3,192.00	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	18.59 %	
		1.2 ACERO DE REFUERZO	KG	3,261.19	2.80	9,131.33	\$ 798.00	\$ 798.00	\$ 798.00	\$ 798.00	\$ 0.00 40 %	\$ 0.00 40 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	53.17 %	
		1.3 HORMIGON 280	M3	20.02	195.00	3,903.90	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 3,652.53	\$ 3,652.53	\$ 1,826.27	\$ 0.00 100 %	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	22.73 %	
		1.4 CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	45.00	21.00	945.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 3,903.90	\$ 0.00 100 %	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	5.50 %
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 945.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION PARCIAL				17,172	\$ 798.00	\$ 798.00	\$ 798.00	\$ 798.00	\$ 3,652.53	\$ 3,652.53	\$ 1,826.27	\$ 3,903.90	\$ 945.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION ACUMULADA					\$ 798.00	\$ 1,596.00	\$ 2,394.00	\$ 3,192.00	\$ 6,844.53	\$ 10,497.06	\$ 12,323.33	\$ 16,227.23	\$ 17,172.23	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		% DE AVANCE DE OBRA PARCIAL					4.65 %	4.65 %	4.65 %	4.65 %	21.27 %	21.27 %	10.63 %	22.73 %	5.50 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	
		% DE AVANCE DE OBRA ACUMULADO					4.65 %	9.29 %	13.94 %	18.59 %	39.86 %	61.13 %	71.76 %	84.50 %	100.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	
		CURVA AL 80%					3.72 %	7.44 %	11.15 %	14.87 %	31.89 %	48.90 %	57.41 %	75.60 %	80.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	

Fuente: Elaboración propia (2025)

20 T

MES	N	RUBROS - DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN												
							SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	
	0	SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 20m	-	-	-	-												0.00 %	
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00		
	1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	108.40	35.00	3,794.00	33 %	33 %	34 %									10.13 %	
							\$ 1,252.02	\$ 1,252.02	\$ 1,289.96	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00		
	1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	6,510.65	2.80	18,229.82				33 %	33 %	34 %						48.63 %	
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 6,015.84	\$ 6,015.84	\$ 6,198.14	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00		
	1.3	HORMIGON 280	M3	72.60	195.00	14,157.00							100 %					37.81 %	
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 14,157.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00		
	1.4	CARPETA ASFALTICA e=3"	M2	60.00	21.00	1,260.00							100 %					3.37 %	
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 1,260.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00		
		TOTAL DE INVERSION PARCIAL				37,441	\$ 1,252.02	\$ 1,252.02	\$ 1,289.96	\$ 6,015.84	\$ 6,015.84	\$ 6,198.14	\$ 14,157.00	\$ 1,260.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION ACUMULADA					\$ 1,252.02	\$ 2,504.04	\$ 3,794.00	\$ 9,809.84	\$ 15,825.68	\$ 22,023.82	\$ 36,180.82	\$ 37,440.82	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		% DE AVANCE DE OBRA PARCIAL					3.34 %	3.34 %	3.45 %	16.07 %	16.07 %	16.55 %	37.81 %	3.37 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	
		% DE AVANCE DE OBRA ACUMULADO					3.34 %	6.63 %	10.13 %	26.20 %	42.27 %	58.82 %	96.63 %	100.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	
		CURVA AL 80%					2.68 %	5.35 %	8.11 %	20.36 %	33.81 %	47.06 %	77.31 %	80.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	

Fuente: Elaboración propia (2025)

20VT

MES	N	RUBROS - DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN												
							SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	
	0	SUPER ESTRUCTURA PUENTE VIGA TABLERO DE 20m	-	-	-	-												0.00 %	
	1.1	ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	182.00	35.00	6,370.00	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	20.85 %	
	1.2	ACERO DE REFUERZO	KG	5,581.58	2.80	15,628.42	\$ 1,592.50	\$ 1,592.50	\$ 1,592.50	\$ 1,592.50	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	51.15 %	
	1.3	HORMIGON 280	M3	37.40	195.00	7,293.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 3,307.11	\$ 3,307.11	\$ 3,307.11	\$ 3,307.11	\$ 0.00 100 %	\$ 0.00	\$ 0.00	23.87 %	
	1.4	CARPETA ASFALTICA e=3"	M2	60.00	21.00	1,260.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 7,293.00 100 %	\$ 0.00	\$ 0.00	4.12 %	
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 1,260.00	\$ 0.00		
		TOTAL DE INVERSION PARCIAL				30,551	\$ 1,592.50	\$ 1,592.50	\$ 1,592.50	\$ 1,592.50	\$ 3,307.11	\$ 3,307.11	\$ 3,307.11	\$ 3,307.11	\$ 7,293.00	\$ 1,260.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION ACUMULADA					\$ 1,592.50	\$ 3,185.00	\$ 4,777.50	\$ 6,370.00	\$ 10,277.11	\$ 14,184.21	\$ 18,091.32	\$ 21,398.42	\$ 28,291.42	\$ 30,551.42	\$ 0.00	\$ 0.00	
		% DE AVANCE DE OBRA PARCIAL					5.21 %	5.21 %	5.21 %	5.21 %	12.79 %	12.79 %	12.79 %	12.79 %	23.87 %	4.12 %	0.00 %	0.00 %	
		% DE AVANCE DE OBRA ACUMULADO					5.21 %	10.43 %	15.64 %	20.85 %	33.64 %	46.43 %	59.22 %	72.00 %	95.88 %	63.34 %	0.00 %	0.00 %	
		CURVA AL 80%					4.17 %	8.34 %	12.51 %	16.68 %	26.91 %	37.14 %	47.37 %	57.60 %	76.70 %	50.67 %	0.00 %	0.00 %	

Fuente: Elaboración propia (2025)

25T

MES	N	RUBROS - DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN												
							SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	
		0 SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 25m	-	-	-	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	%
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	0.00 %
		1.1 ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	155.00	40.00	6,200.00	25 %	25 %	25 %	25 %									10.88 %
							\$ 1,550.00	\$ 1,550.00	\$ 1,550.00	\$ 1,550.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		1.2 ACERO DE REFUERZO	KG	3,226.31	2.80	25,833.67					25 %	25 %	25 %	25 %					45.32 %
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 6,458.42	\$ 6,458.42	\$ 6,458.42	\$ 6,458.42	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		1.3 HORMIGON 280	M3	120.00	195.00	23,400.00									100 %				41.05 %
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		1.4 CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	75.00	21.00	1,575.00									100 %				2.76 %
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 1,575.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION PARCIAL				57,009	\$ 1,550.00	\$ 1,550.00	\$ 1,550.00	\$ 1,550.00	\$ 6,458.42	\$ 6,458.42	\$ 6,458.42	\$ 6,458.42	\$ 23,400.00	\$ 1,575.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION ACUMULADA					\$ 1,550.00	\$ 3,100.00	\$ 4,650.00	\$ 6,200.00	\$ 12,658.42	\$ 19,116.84	\$ 25,575.25	\$ 32,033.67	\$ 55,433.67	\$ 57,008.67	\$ 0.00	\$ 0.00	
		% DE AVANCE DE OBRA PARCIAL					2.72 %	2.72 %	2.72 %	2.72 %	11.33 %	11.33 %	11.33 %	11.33 %	41.05 %	2.76 %	0.00 %	0.00 %	
		% DE AVANCE DE OBRA ACUMULADO					2.72 %	5.44 %	8.16 %	10.88 %	22.20 %	33.53 %	44.86 %	56.19 %	97.24 %	47.62 %	0.00 %	0.00 %	
		CURVA AL 80%					2.18 %	4.35 %	6.53 %	8.70 %	17.76 %	26.83 %	35.89 %	44.95 %	77.79 %	38.10 %	0.00 %	0.00 %	

Fuente: Elaboración propia (2025)

25VT

MES	N	RUBROS - DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN												
							SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	
		0 SUPER ESTRUCTURA PUENTE VIGA TABLERO DE 25m	-	-	-	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	%
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	0.00 %
		1.1 ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	262.50	40.00	10,500.00	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %								21.59 %
							\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		1.2 ACERO DE REFUERZO	KG	3,010.47	2.80	25,229.32					25 %	25 %	25 %	25 %					51.87 %
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 6,307.33	\$ 6,307.33	\$ 6,307.33	\$ 6,307.33	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		1.3 HORMIGON 280	M3	58.13	195.00	11,335.35									100 %				23.30 %
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 11,335.35	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		1.4 CARPETA ASFALTICA c=3"	M2	75.00	21.00	1,575.00									100 %				3.24 %
							\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 1,575.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION PARCIAL				48,640	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 2,100.00	\$ 8,407.33	\$ 6,307.33	\$ 6,307.33	\$ 6,307.33	\$ 11,335.35	\$ 1,575.00	\$ 0.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION ACUMULADA					\$ 2,100.00	\$ 4,200.00	\$ 6,300.00	\$ 8,400.00	\$ 16,807.33	\$ 23,114.66	\$ 29,421.99	\$ 35,729.32	\$ 47,064.67	\$ 48,639.67	\$ 0.00	\$ 0.00	
		% DE AVANCE DE OBRA PARCIAL					4.32 %	4.32 %	4.32 %	4.32 %	17.28 %	12.97 %	12.97 %	12.97 %	23.30 %	3.24 %	0.00 %	0.00 %	
		% DE AVANCE DE OBRA ACUMULADO					4.32 %	8.63 %	12.95 %	17.27 %	34.55 %	47.52 %	60.49 %	73.46 %	96.76 %	63.73 %	0.00 %	0.00 %	
		CURVA AL 80%					3.45 %	6.91 %	10.36 %	13.82 %	27.64 %	38.02 %	48.39 %	58.77 %	77.41 %	50.98 %	0.00 %	0.00 %	

Fuente: Elaboración propia (2025)

30T

MES	N	RUBROS - DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN												%
							SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	
		0 SUPER ESTRUCTURA PUENTE TABLERO DE 30m	-	-	-	-												0.00 %	
		1.1 ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	155.00	45.00	6,975.00	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	8.23 %	
		1.2 ACERO DE REFUERZO	KG	13,806.65	2.80	38,658.62	\$ 1,395.00	\$ 1,395.00	\$ 1,395.00	\$ 1,395.00	\$ 1,395.00	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00 25 %	\$ 0.00	\$ 0.00	45.63 %	
		1.3 HORMIGON 280	M3	190.80	195.00	37,206.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 3,664.66	\$ 3,664.66	\$ 3,664.66	\$ 3,664.66	\$ 0.00 100 %	\$ 0.00	43.91 %	
		1.4 CARPETA ASFALTICA e=3"	M2	90.00	21.00	1,890.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 37,206.00 100 %	\$ 0.00	2.23 %	
						84,730	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 1,890.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION PARCIAL					\$ 1,395.00	\$ 1,395.00	\$ 1,395.00	\$ 1,395.00	\$ 1,395.00	\$ 3,664.66	\$ 3,664.66	\$ 3,664.66	\$ 3,664.66	\$ 37,206.00	\$ 1,890.00	\$ 0.00	
		TOTAL DE INVERSION ACUMULADA					\$ 1,395.00	\$ 2,790.00	\$ 4,185.00	\$ 5,580.00	\$ 6,975.00	\$ 10,639.66	\$ 26,304.31	\$ 35,368.97	\$ 45,633.62	\$ 82,839.62	\$ 84,729.62	\$ 0.00	
		% DE AVANCE DE OBRA PARCIAL					1.65 %	1.65 %	1.65 %	1.65 %	1.65 %	11.41 %	11.41 %	11.41 %	11.41 %	43.91 %	2.23 %	0.00 %	
		% DE AVANCE DE OBRA ACUMULADO					1.65 %	3.29 %	4.94 %	6.59 %	8.23 %	19.64 %	31.04 %	42.45 %	53.86 %	74.36 %	77.19 %	0.00 %	
		CURVA AL 80%					1.32 %	2.63 %	3.95 %	5.27 %	6.59 %	15.71 %	24.84 %	33.36 %	43.03 %	53.97 %	61.75 %	0.00 %	

Fuente: Elaboración propia (2025)

30VT

MES	N	RUBROS - DESCRIPCION	UD.	CANTIDAD	P. UNITARIO	C. TOTAL	TIEMPO DE EJECUCIÓN												%
							SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	
		0 SUPER ESTRUCTURA PUENTE VIGA TABLERO DE 30m	-	-	-	-												0.00 %	
		1.1 ENCOFRADO RECTO INCLUYE ESTRUCTURA TEMPORAL	M2	351.00	45.00	15,735.00	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	20.18 %	
		1.2 ACERO DE REFUERZO	KG	14,845.21	2.80	41,566.53	\$ 3,159.00	\$ 3,159.00	\$ 3,159.00	\$ 3,159.00	\$ 3,159.00	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	\$ 0.00 20 %	53.11 %	
		1.3 HORMIGON 280	M3	97.50	195.00	19,012.50	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 8,313.32	\$ 8,313.32	\$ 8,313.32	\$ 8,313.32	\$ 8,313.32	\$ 0.00 100 %	24.29 %	
		1.4 CARPETA ASFALTICA e=3"	M2	90.00	21.00	1,890.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 19,012.50 100 %	2.41 %	
						78,264	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 1,890.00		
		TOTAL DE INVERSION PARCIAL					\$ 3,159.00	\$ 3,159.00	\$ 3,159.00	\$ 3,159.00	\$ 3,159.00	\$ 8,313.32	\$ 8,313.32	\$ 8,313.32	\$ 8,313.32	\$ 8,313.32	\$ 19,012.50	\$ 1,890.00	
		TOTAL DE INVERSION ACUMULADA					\$ 3,159.00	\$ 6,318.00	\$ 9,477.00	\$ 12,636.00	\$ 15,795.00	\$ 24,108.32	\$ 32,421.64	\$ 40,734.95	\$ 49,048.27	\$ 57,361.59	\$ 76,374.09	\$ 78,264.09	
		% DE AVANCE DE OBRA PARCIAL					4.04 %	4.04 %	4.04 %	4.04 %	4.04 %	10.62 %	10.62 %	10.62 %	10.62 %	10.62 %	24.29 %	2.41 %	
		% DE AVANCE DE OBRA ACUMULADO					4.04 %	8.07 %	12.11 %	16.15 %	20.18 %	30.80 %	41.43 %	52.05 %	62.67 %	72.05 %	76.34 %	54.46 %	
		CURVA AL 80%					3.23 %	6.46 %	9.69 %	12.92 %	16.15 %	24.64 %	33.14 %	41.64 %	50.14 %	58.64 %	61.07 %	43.57 %	

Fuente: Elaboración propia (2025)

Anexo 9: Datos Tabulados de los resultados obtenidos en las encuestas realizadas

TOTAL ENCUESTADOS

26

Ingenieros	PREGUNTAS				CALIFICACIONES %				
	Precio de construcción	Mano de obra calificada	Técnica utilizada	Plazo de ejecución	Precio de construcción	Mano de obra calificada	Técnica utilizada	Plazo de ejecución	
Ing. Pablo Encalada	VT	VT	VT	VT	52%	22%	13%	13%	100%
Ing. Pablo Duran	T	T	T	VT	30%	15%	30%	25%	100%
Ing. Carlos García	T	T	T	T	25%	25%	25%	25%	100%
Ing. Esteban Cabrera	VT	T	T	VT	30%	30%	30%	10%	100%
Ing. Mauro Vallejo	T	T	VT	VT	30%	30%	20%	20%	100%
Ing. Tatiana Orellana	VT	VT	VT	VT	20%	30%	35%	15%	100%
Ing. Xavier Maza	T	VT	VT	VT	25%	25%	25%	25%	100%
Ing. Fernando Espinosa	T	T	VT	T	25%	25%	25%	25%	100%
Ing. Soledad Gutierrez	T	T	VT	VT	50%	20%	20%	10%	100%
Ing. Carlos Serpa	T	VT	T	VT	30%	40%	20%	10%	100%
Ing. Christian Mera	T	T	T	T	40%	20%	20%	20%	100%
Ing. Cesar Montalvo	VT	T	T	VT	50%	30%	10%	10%	100%
Ing. Sebastian Cobos	VT	VT	VT	T	25%	25%	25%	25%	100%
Ing. Sebastian Placencio	VT	T	VT	VT	15%	30%	40%	15%	100%
Ing. Cesar Uyaguari	T	T	T	T	30%	30%	20%	20%	100%
Ing. Jose Uguña	T	T	T	T	20%	20%	50%	10%	100%
Ing. Mishel Caiza	VT	T	VT	VT	40%	20%	20%	20%	100%
Ing. Juan Marhnet	T	T	VT	VT	60%	10%	5%	25%	100%
Ing. Vladimir Carrasco	VT	T	T	T	70%	5%	15%	10%	100%
Ing. Felipe Andrade	T	T	VT	VT	20%	20%	50%	10%	100%
Ing. David Contreras	T	T	T	T	70%	5%	5%	20%	100%
Ing. Mateo Narvaez	T	T	T	T	60%	5%	5%	30%	100%
Ing. Jose Vazquez	VT	T	T	T	40%	10%	20%	30%	100%
Ing. Arturo Contreras	VT	VT	VT	VT	30%	30%	20%	20%	100%
Ing. Roberto Robayo	T	T	T	T	50%	25%	12.5%	12.5%	100%
Ing. Alfonso Cordero	VT	VT	VT	VT	40%	25%	25%	10%	100%

RESULTADOS	Viga Tablero	PREGUNTAS				SI				100%
		Precio de construcción	Mano de obra calificada	Técnica utilizada	Plazo de ejecución	Precio de construcción	Mano de obra calificada	Técnica utilizada	Plazo de ejecución	
		11	7	13	15	37.58%	22.00%	22.52%	17.90%	
	Tablero	15	19	13	11					

Fuente: Elaboración propia (2025)

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

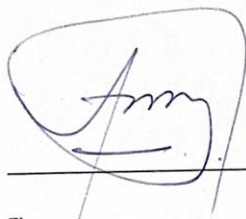
☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>20</u> %
Mano de obra calificada	<u>20</u> %
Técnica utilizada	<u>50</u> %
Plazo de ejecución	<u>10</u> %

Ingeniero: Felipe Andrade A.


Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☐ Tipo Tablero

☒ Viga-Tablero

por diseño

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero

☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☒ Tipo Tablero

☐ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☒ Tipo Tablero

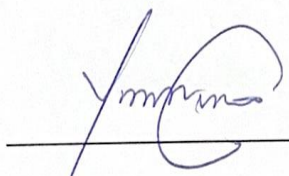
☐ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>70</u> %
Mano de obra calificada	<u>5</u> %
Técnica utilizada	<u>15</u> %
Plazo de ejecución	<u>10</u> %

Ingeniero: Vladimir Carrasco


Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero *PORQUE AL UTILIZAR TABLERO IMPLICA MENOS USO DE HORMIGÓN Y ACERO*

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero *EL TABLERO, YA QUE, ES MÁS COMÚN PARA CONSEGUIR, POR LO QUE HAY MANO DE OBRA CALIFICADA PARA ESTE*

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero *AL MOMENTO DE UTILIZAR "VIGA TABLERO ES MÁS FÁCIL DE UTILIZAR, YA QUE, SON ELEMENTOS PREFABRICADOS"*

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

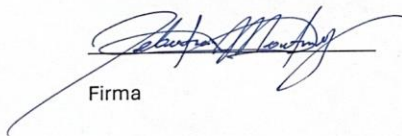
☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero *SON DE FÁCIL MONTAJE, LO CUAL SIMPLIFICA TIEMPOS DE EJECUCIÓN A DIFERENCIA DEL TIPO TABLERO QUE SERÍA UN VAGADO COMPLETO AL MOMENTO DE HORMIGONEAR.*

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>60</u> %
Mano de obra calificada	<u>10</u> %
Técnica utilizada	<u>5</u> %
Plazo de ejecución	<u>25</u> %

Ingeniero: Ing. Juan Sebastián Martín + Mocancela


Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes

Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>40</u> %
Mano de obra calificada	<u>20</u> %
Técnica utilizada	<u>20</u> %
Plazo de ejecución	<u>20</u> %

U.gn - Toleros - 8/10.

Ingeniero: Hishel Caiza



Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>20</u> %
Mano de obra calificada	<u>20</u> %
Técnica utilizada	<u>50</u> %
Plazo de ejecución	<u>10</u> %

TADLER 10
VIGA 8

Ingeniero: JOSÉ UQUIÑA ROSAS


Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>30</u> %
Mano de obra calificada	<u>30</u> %
Técnica utilizada	<u>20</u> %
Plazo de ejecución	<u>20</u> %

Puente Tipo Tablero 8.

Puente Tipo Viga Tablero 10.

Ingeniero: Cesar Vyagari


Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>15</u> %
Mano de obra calificada	<u>30</u> %
Técnica utilizada	<u>40</u> %
Plazo de ejecución	<u>15</u> %

Ingeniero: Sebastián Placencio



Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?
Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?
Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?
Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☒ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?
Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>25</u> %
Mano de obra calificada	<u>25</u> %
Técnica utilizada	<u>25</u> %
Plazo de ejecución	<u>25</u> %

Ingeniero: Sebastián Cabos

Sebastián Cabos

Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>50</u> %
Mano de obra calificada	<u>30</u> %
Técnica utilizada	<u>10</u> %
Plazo de ejecución	<u>10</u> %

Ingeniero: César Montalvo



Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

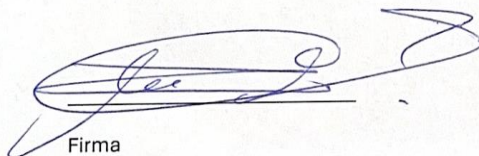
☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>40</u> %
Mano de obra calificada	<u>20</u> %
Técnica utilizada	<u>20</u> %
Plazo de ejecución	<u>20</u> %

Ingeniero: Christian Mera Parra



Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>30</u> %
Mano de obra calificada	<u>40</u> %
Técnica utilizada	<u>20</u> %
Plazo de ejecución	<u>10</u> %

Ingeniero: Carlos Serpa



Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>50</u> %
Mano de obra calificada	<u>20</u> %
Técnica utilizada	<u>20</u> %
Plazo de ejecución	<u>10</u> %

Ingeniero: Soledad Gutiérrez



Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?
Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?
Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?
Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?
Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☐ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>25</u> %
Mano de obra calificada	<u>25</u> %
Técnica utilizada	<u>25</u> %
Plazo de ejecución	<u>25</u> %

Ingeniero: Fernanda Espinosa


Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio		Importancia (%)
Precio de construcción	8	25 %
Mano de obra calificada	10	25 %
Técnica utilizada	8	25 %
Plazo de ejecución	10	25 %

Ingeniero: Xavier Maza


Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>20</u> %
Mano de obra calificada	<u>30</u> %
Técnica utilizada	<u>35</u> %
Plazo de ejecución	<u>15</u> %

Ingeniero: Tania Orellana



Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?
Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?
Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?
Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?
Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

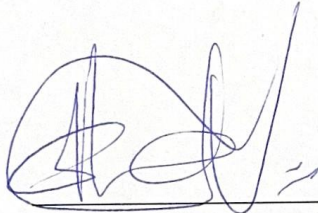
☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>30</u> %
Mano de obra calificada	<u>30</u> %
Técnica utilizada	<u>30</u> %
Plazo de ejecución	<u>10</u> %

Ingeniero: E. Caceres



Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

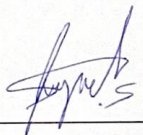
☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>25</u> %
Mano de obra calificada	<u>25</u> %
Técnica utilizada	<u>25</u> %
Plazo de ejecución	<u>25</u> %

Ingeniero: Carlos García



Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible,

Criterio	Importancia (%)	
Precio de construcción	<u>30</u> %	<u>6</u> / 10
Mano de obra calificada	<u>30</u> %	<u>10</u> / 10
Técnica utilizada	<u>20</u> %	<u>8</u> / 10
Plazo de ejecución	<u>20</u> %	<u>6</u> / 10

Ingeniero: Mauricio Vallejo D.



Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

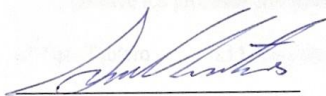
1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?
Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.
☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero
2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?
Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.
☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero
3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?
Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.
☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero
4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?
Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.
☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>70</u> %
Mano de obra calificada	<u>5</u> %
Técnica utilizada	<u>5</u> %
Plazo de ejecución	<u>20</u> %

Ingeniero: DAVID CONTRERAS



Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>60</u> %
Mano de obra calificada	<u>5</u> %
Técnica utilizada	<u>5</u> %
Plazo de ejecución	<u>30</u> %

Ingeniero: Plato Navas V.


Firma

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

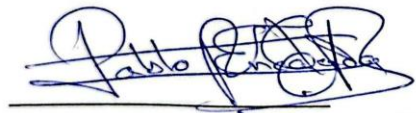
☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>50</u> %
Mano de obra calificada	<u>20</u> %
Técnica utilizada	<u>10</u> %
Plazo de ejecución	<u>10</u> %

Ingeniero: Ing. Pablo Encalada Reyes



Firma 1400174478

Escaneado con CamScanner

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

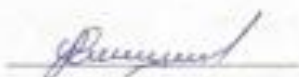
☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	30% %
Mano de obra calificada	30% %
Técnica utilizada	20% %
Plazo de ejecución	20% %

Ingeniero: Arturo Contreras


Firma 0101905990

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>40</u> %
Mano de obra calificada	<u>25</u> %
Técnica utilizada	<u>25</u> %
Plazo de ejecución	<u>10</u> %

Ingeniero: Alvaro Arden

Y. J. J.
Firma / 0101697910

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?
Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?
Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?
Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?
Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>50</u> %
Mano de obra calificada	<u>25</u> %
Técnica utilizada	<u>12.5</u> %
Plazo de ejecución	<u>12.5</u> %

Ingeniero: Roberto Robayo M

J. R. P. M.
Firma 1707615983

Encuesta para Evaluación de Puentes Tipo Tablero y Viga-Tablero

Parte 1: Elección del Tipo de Puente según Criterio Técnico-Económico

A continuación, seleccione el tipo de puente que usted considera más adecuado en función de cada uno de los siguientes criterios. Se incluye una breve explicación para contextualizar su decisión.

1. 1. En relación con el precio de construcción, ¿cuál tipo de puente considera generalmente más económico?

Considere el costo total aproximado de materiales, mano de obra, y equipos necesarios.

☐ Tipo Tablero ☒ Viga-Tablero

2. 2. En cuanto a la mano de obra calificada, ¿cuál tipo de puente cree que requiere menor nivel de especialización o personal más fácilmente disponible?

Considere la facilidad para encontrar trabajadores capacitados.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

3. 3. Respecto a la técnica constructiva utilizada, ¿cuál tipo considera que implica menor complejidad constructiva en obra?

Considere los procesos constructivos, uso de encofrados, y facilidad de ejecución.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

4. 4. En términos del plazo de ejecución, ¿cuál cree que puede construirse en menor tiempo promedio en condiciones normales de obra?

Considere tiempos estimados de montaje, curado y actividades relacionadas.

☒ Tipo Tablero ☐ Viga-Tablero

Parte 2: Valoración de Características

Indique el porcentaje de importancia que usted asigna a cada uno de los siguientes criterios para la evaluación técnica y económica de puentes. El total debe sumar 100%. Luego, califique cada criterio sobre 10 para ambos tipos de puente, siendo 10 la mejor calificación posible.

Criterio	Importancia (%)
Precio de construcción	<u>40</u> %
Mano de obra calificada	<u>10</u> %
Técnica utilizada	<u>20</u> %
Plazo de ejecución	<u>30</u> %

Ingeniero: Ing. José Vazquez



Firma