

DEDICATORIA RENATO H. BAZAN MENESES

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarle mi humilde obra de trabajo de grado plasmado en el presente informe, en primera instancia a Dios mis padres, quienes permanentemente me apoyaron con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr las metas y objetivos propuestos.

A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como estudiante universitario.

Dedico este trabajo de igual manera a las personas que me dieron la oportunidad de mi capacidad y a mi asesor quien me ha orientado en todo momento en la realización de este proyecto que enmarca el último escalón hacia un futuro en donde sea partícipe en el mejoramiento del proceso de enseñanza y aprendizaje.

**DEDICATORIA RICARDO HILARES
SANCHEZ**

Dedico la presente tesis a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con valores mediante el ejemplo y me motivaron para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanos y familiares quienes siempre están a mi lado y con quienes puedo contar en todo momento.

A mis hijos y a mi pareja quienes me alegran cada día y me motivan a seguir adelante. Los amo por siempre y para siempre.

A todos las personas que de alguna forma intervinieron en mi educación, por sus buenos deseos y gran compañía a través de este proceso de titulación.

AGRADECIMIENTO.

Agradecemos a nuestro Asesor, quien nos guió y nos brindó sus conocimientos, con los cuales logramos desarrollar la presente investigación.

A la universidad UCV, por darnos la oportunidad de poder optar el tan anhelado el título profesional de Ingeniero Civil.

Agradecemos a nuestros padres quienes nos apoyan en todo momento y son nuestros mentores de la vida, quienes nos guían y nos inculcan los valores a través del ejemplo y toda nuestra familia que sin nombrarlos siempre están presentes.

Índice general

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT	XIV
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA	18
3.1. TIPOS Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	18
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	19
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	19
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	21
3.5. PROCEDIMIENTOS.....	21
3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	22
3.7. ASPECTOS ÉTICOS	22
IV. RESULTADOS.....	24
4.1. DISEÑO GEOMÉTRICO	24
4.1.1 Diseño vial.....	24
4.1.2 Clasificación por demanda.	24
4.1.3 Clasificación por orografía.	26
4.1.4 Vehículo de diseño.....	26
4.1.5 Velocidad de diseño.....	26
4.1.6 Radio mínimo.....	26
4.1.7 Peralte y sobre ancho.	27

4.1.8 Pendiente máxima.....	27
4.1.9 Curvas verticales.....	27
4.1.10 Sección transversal.....	30
4.1.11 Intersecciones a nivel.....	30
4.1.12 Descripción del diseño	32
4.2. MEMORIA DE CÁLCULO SÚPER ESTRUCTURA	35
4.1.1 Introducción.....	35
4.1.2 Información general.....	35
4.1.3 Diseño de tablero.....	40
4.1.4 Diseño de vigas metálicas.....	58
4.1.5 Diseño de superestructura en el Software CSI Bridge v22.....	98
V. DISCUSIÓN	142
VI. CONCLUSIONES	145
VII. RECOMENDACIONES	146
VIII. REFERENCIAS.....	147
I. ANEXOS	148

Índice de Tablas

Tabla 1.....	15
Tabla 2.....	16
Tabla 3.....	16

Índice de Figuras

Figura 1. Accidentes de tránsito (2006 - 2017).....	2
Figura 2. Accidentes de tránsito – heridos en 2006-2017.....	2
Figura 3. Intercambios de tres ramales.	11
Figura 4. Tipos de intercambios de cuatro ramales (diamante y trébol)	11
Figura 5. Intercambio de cuatro ramales tipo diamante clásico.	12
Figura 6. Modificaciones de intercambio de cuatro ramales tipo diamante.....	12
Figura 7. Intercambio tipo trébol parcial.	13
Figura 8. Estructuración de nuevo puente.....	14
Figura 9. Sección transversal de la Super Estructura.....	15
Figura 10. Índice medio diario anual (IMD).....	21
Figura 11. Índice medio diario anual (IMD).....	25
Figura 12. Elementos de Curva.....	27
Figura 13. Longitud mínima de curva vertical.	28
Figura 14. Longitud mínima de curva vertical.	29
Figura 15. Sección transversal.	30
Figura 16. Elementos de Curva.....	32
Figura 17. Planta general de diseño geométrico.	33
<i>Figura 18. Tándem de diseño</i>	36
Figura 19. Sección transversal de puente (geométrico).	39
Figura 20. Sección transversal de puente (geométrico).	40
Figura 21. Análisis de la Viga Continua de la sección transversal de puente.	41
Figura 22. Líneas de influencia de haces continuo.....	45
Figura 23. Líneas de influencia de haces continuo en Momentos.	46

Figura 24. Diagrama de momentos – Viga	70
Figura 25. Diagrama de Cortante – Viga	71
Figura 26. Diagrama de Momentos – Viga	72
Figura 27. Diagrama de cortante – Viga.....	73
Figura 28. Diagrama de momentos – Viga.....	76
Figura 29. Diagrama de Cortante - Viga.....	78
Figura 30. Diagrama de momentos - Viga.....	80
Figura 31. Diagrama de cortante.....	82
Figura 32. Definición del Eje.	98
Figura 33. Definición de carriles.	99
Figura 34. Definición de materiales (Acero Estructural Viga).....	100
Figura 35. Definición de materiales (Concreto $F'c= 280\text{kg/cm}^2$).	101
Figura 36. Definición de sección (Viga principal).....	102
Figura 37. Definición de sección (Diafragma 01).....	103
Figura 38. Definición de sección (Diafragma 02).....	104
Figura 39. Definición tablero (01/02).	105
Figura 40. Definición tablero (02/02).	106
Figura 41. Definición cargas complementarias en tablero (01/03).	107
<i>Figura 42.</i> Definición cargas complementarias en tablero (02/03)	108
<i>Figura 43.</i> Definición cargas complementarias en tablero (03/03)	109
<i>Figura 44.</i> Definición de Diafragma	110
<i>Figura 45.</i> Definición de Apoyo Fijo.....	111
<i>Figura 46.</i> Definición de Apoyo Móvil	112
<i>Figura 47.</i> Definición de Estribo	113

<i>Figura 48.</i> Definición de Vehículo HL-93 Tándem	114
<i>Figura 49.</i> Definición de Vehículo HL-93 Tándem – Carga y Factor de escala.....	114
<i>Figura 50.</i> Definición de Vehículo HL-93K Camión	115
<i>Figura 51.</i> Definición de Vehículo HL-93K Camión – Carga y Factor de escala ...	115
<i>Figura 52.</i> Definición de Vehículo HL-93F, para fatiga	116
<i>Figura 53.</i> Definición de Vehículo HL-93 para fatiga – Carga y Factor de escala .	116
<i>Figura 54.</i> Definición de factores de escala en vehículos de diseño.....	117
<i>Figura 55.</i> Definición de tipos de carga	118
<i>Figura 56.</i> Definición de carga peatonal.	118
<i>Figura 57.</i> Integración de Puente	119
<i>Figura 58.</i> Determinación de Condiciones de estribo	120
<i>Figura 59.</i> Casos de carga - peatonal	121
<i>Figura 60.</i> Casos de carga – Carga viva más impacto	121
<i>Figura 61.</i> Casos de carga – Vigas y Diafragmas	122
<i>Figura 62.</i> Casos de carga – Losa fresca (no se asigna resistencia al concreto) ..	123
<i>Figura 63.</i> Casos de carga – Losa endurecida.....	124
<i>Figura 64.</i> Casos de carga – Barreras y vereda	125
<i>Figura 65.</i> Casos de carga – Carpeta asfáltica.....	126
<i>Figura 66.</i> Casos de carga – Carga viva más impacto para fatiga.....	127
<i>Figura 67.</i> Combinaciones de carga – Resistencia I.....	128
<i>Figura 68.</i> Combinaciones de carga – Servicio I	129
<i>Figura 69.</i> Combinaciones de carga – Servicio II	130
<i>Figura 70.</i> Combinaciones de carga – Fatiga I.....	131
<i>Figura 71.</i> Combinaciones de carga – MdnC Resistencia.....	132

<i>Figura 72.</i> Combinaciones de carga – Mdc Resistencia	133
<i>Figura 73.</i> Visualización 3D del puente.	134
<i>Figura 74.</i> Visualización 3D del puente - Estruido	134
<i>Figura 75.</i> Resultados – Momentos en Esfuerzo I.....	135
<i>Figura 76.</i> Resultados – Momentos en Servicio I	136
<i>Figura 77.</i> Resultados – Momentos en Servicio II	137
<i>Figura 78.</i> Resultados – Cortante en Esfuerzo I.....	138
<i>Figura 79.</i> Resultados – Cortante en Servicio I	139
<i>Figura 80.</i> Resultados – ratio de demanda entre capacidad	140
<i>Figura 81.</i> Máximo desplazamiento vertical -	141

Resumen

El presente estudio, en primera instancia, pretende identificar los problemas que se vienen ocasionando, por el deterioro de la vía existente y posibles problemáticas que se puedan generar al verse afectado el puente existente el cual se encuentra en una vía de primera clase.

Una vez identificado las problemáticas, se desarrollará el diseño Geométrico y diseño de la Super estructura del Paso a Desnivel Puente Acceso Punta Negra, el cual está ubicado en la Carretera Panamericana Sur en el kilómetro 41+350 en el Distrito de Punta Negra, el alcance de la tesis comprende:

- Diseño geométrico
 - Se diseñará los ramales de acceso y salida a Punta Negra.
 - Se modificará el perfil de la vía a fin de respetar el galibo que indica la DG 2018.
 - Se generarán agujas de salida e ingreso a la Panamericana Sur.
 - Se respetará la rasante y perfil longitudinal actual de la Panamericana Sur.
- Diseño Estructural
 - El puente a diseñar será uno de sección compuesta, el cual es una combinación de losa de concreto y vigas metálicas.
 - Se diseñará de manera que no se requiera vigas de gran peralte a fin disminuir el impacto en la rasante actual de la vía inferior.
 - El presente diseño estará sujeto a los requerimientos y parámetros de la norma AASHTO LRFD 2012 Bridge Design Specifications.
 - El camión de diseño a utilizar es el HL-93.

Así mismo, a fin de generar un diseño que esté acorde a los requerimientos actuales de la zona de estudio, se ejecutó un levantamiento topográfico (ver plano en el anexo 5), en el cual mediante el programa Autocad Civil 3D, se obtuvo el perfil longitudinal actual.

Palabras Clave:

- Puente vehicular
- Losa de concreto y vigas metálicas
- Punta Negra
- Diseño geométrico
- CSI Bridge
- Civil 3D
- Diseño de super estructura
- Panamericana Sur
- Carretera de Primera Clase

Abstract

The present study, in the first instance, aims to identify the problems that occur causing, due to the deterioration of the existing road and possible problems that the existing bridge, which is on a first-class road, may generate for the affected verse.

Once the problems have been identified, the Geometric design and design of the Super Structure of the Punta Negra Access Bridge Overpass will be developed, which is located on the South Pan-American Highway at kilometer 41 + 350 in the District of Punta Negra, the scope of the thesis includes:

- Geometric design
 - The access and exit branches to Punta Negra will be designed.
 - The road profile will be modified in order to respect the clearance indicated by DG 2018.
 - Exit and entry needles will be generated to the Panamericana Sur.
 - The current slope and longitudinal profile of the Panamericana Sur will be respected.
- Structural design
 - The bridge to be designed will be one with a composite section, which is a combination of concrete slab and metal beams.
 - It will be designed in such a way that high superelevation beams are not required in order to reduce the impact on the current grade of the lower track.
 - This design will be subject to the requirements and parameters of the AASHTO LRFD 2012 Bridge Design Specifications standard.

- The design truck to use is the HL-93.

Likewise, in order to generate a design that is in accordance with the current requirements of the study area, a topographic survey was carried out (see plan in annex 4), in which, using the Autocad Civil 3D program, the profile was obtained real longitudinal.

Keywords:

- Vehicular bridge
- Concrete slab and metal beams
- Punta Negra
- Geometric design
- CSI Bridge
- Civil 3D
- Super structure design
- Panamericana Sur
- First Class Highway

Lista de Símbolos y Siglas

Símbolos

%:	Porcentaje.
+/- :	Más o menos.
# :	Numeral.

Siglas

cm :	Centímetros.
m. :	Metro.
ml :	Metro lineal.
m2. :	Metros cuadrados.
m3 :	Metros cúbicos.
kg. :	Kilógramos.
Hab. :	Habitante.
NTP :	Norma Técnica Peruana.

I. INTRODUCCIÓN

El Distrito de Punta Negra debido a su peculiaridad del casco urbano es un lugar distintivo, con edificios de los años 50 históricos y modernistas, e interesantes construcciones residenciales en una accidentada geografía, posee identidad propia, diferente a los balnearios del distrito de Lima pues es un pueblo activo en todo el año y que además cuenta con al menos 7.463 residentes, según cifras del Inst. Nacional Estadísticas e Informática (INEI) 2014, con un incremento considerable en el verano debido a la cantidad de visitantes que sobrepasa al menos los 30.000.

Por su parte, de acuerdo a la OMS (Organización Mundial de la Salud), las políticas que fomentan el transporte sostenible “se salvarían millones de vidas en un año, si se previene las enfermedades asociadas a factores recurrentes en las vías terrestres que deterioran considerablemente la calidad de vida y las políticas de transporte adecuadas.

Al respecto, en Lima se tiene que los accidentes fatales de tránsito que involucran a los peatones es más del 80 % en Lima, de acuerdo al Reporte Estadístico del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) con una proyección desde 2006 hasta 2017), lo cual se muestra en los siguientes reportes; por lo que se hace necesario, priorizar políticas de transporte sostenible.

Reporte Estadístico del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) Proyección (2006 – 2017)

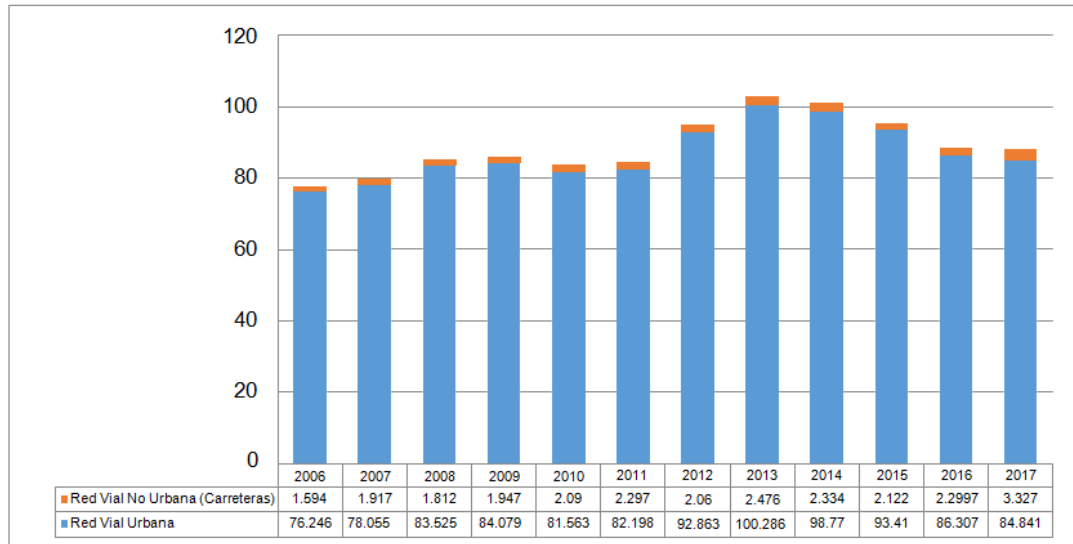


Figura 1. Accidentes de tránsito (2006 - 2017).

Fuente: Estadístico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2006 - 2017)

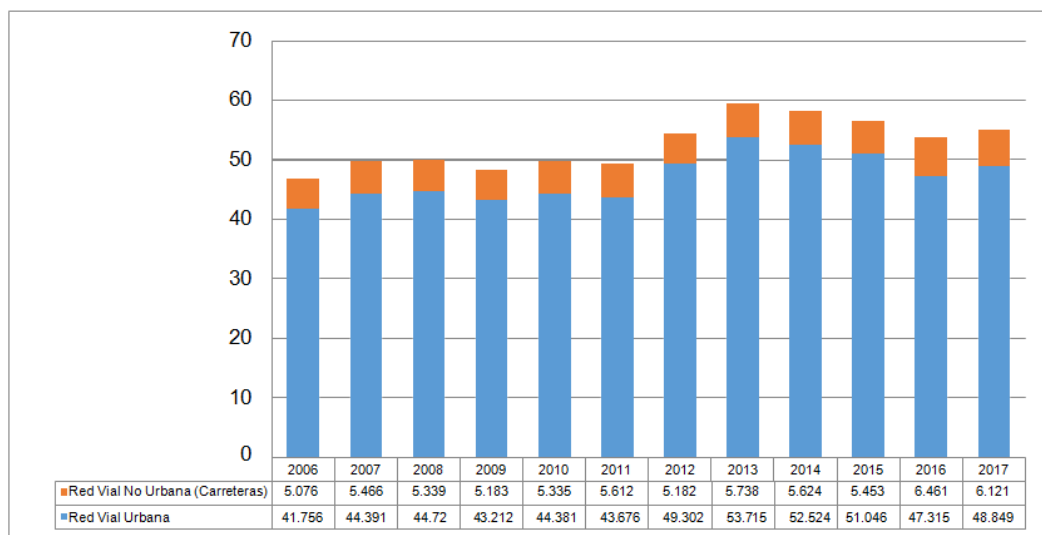


Figura 2. Accidentes de tránsito – heridos en 2006-2017.

Fuente: Estadístico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2006-2017)

Así mismo, el parque automotor a incrementado en los últimos años y el requerimiento de vehículos de mayor capacidad de carga, se han intensificado los impactos vehiculares a los puentes (vehiculares, peatonales y pasos a desnivel),

por no cumplir con los parámetros mínimos requeridos por la DG 2018 y en específico por no cumplir con el galibo, a continuación, algunos antecedentes en la Panamericana Sur:

- Puente vehicular Mamacona (entrampamiento de vehículos – puente demolido)
- Puente vehicular San Pedro (cedió a la carga vehicular – demolido y sustituido)
- Puente vehicular Atocongo (entrampamiento vehicular – Mantenimiento permanente)
- Puente peatonal Supro (impactado y derrumbado – inhabilitado)

En ese sentido, el puente Acceso punta Negra fue construido en el año 1986 y cuenta con un galibo de 4.60m, por lo cual dicho puente no satisface a los requerimientos para diseño de acuerdo al Manual de Puentes (2016) y el Manual de Carreteras DG-2018 y demás normativas vigentes.

La afectación de la estructura del puente involucraría el cierre o restricción de una de las vías más importantes del país, lo cual afectaría el ingreso y salida vehicular a la capital, generando a su vez mayores costos los usuarios (pobladores y empresas) de la zona para poder cruzar la Carretera Panamericana Sur, así como enfermedades respiratorias y contaminación sonora por la habilitación de desvíos en vías no pavimentadas.

De acuerdo a la descripción de los párrafos anteriores, se concluye en que existe la necesidad de la mejora del diseño geométrico del área de estudio, así como diseñar un nuevo puente vehicular, el cual cumpla con las normativas vigentes y que complemente al diseño geométrico proyectado, con el fin de mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal a los usuarios de la zona. El MTC en su libro “Manual diseño de puentes” (2013) menciona una desventaja que pocas veces se toman en cuenta: [...] La mejor continua de una sociedad radica también en las

construcciones de infraestructuras de diferentes índoles, dentro de ello la construcción de puentes, como bien sabemos esto va traer como consecuencia la modificación del medio y como ventaja la mejora de condiciones socio-económicas, de igual forma en el aspecto cultural y por qué no decir ecológicas y es allí donde va surgir bajo un enfoque global relacionado al medio ambiente [...]En algunas circunstancias por falta de una planificación estratégica en las fases de construcción como también en las etapas de operación, tiende a generar un desbalance con ciertos desajustes por algunas alteraciones del medio [...] (pág. 23)

Por consiguiente, de acuerdo al contexto que se presenta, este proyecto de investigación es denominado como: “Diseño Geométrico y Diseño de Superestructura para Mejoramiento del paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra km 41+350 Panamericana Sur”. Del cual se ha realizado la siguiente pregunta del problema general: ¿Cómo influirá el diseño geométrico y el diseño de la superestructura en el mejoramiento del paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra? y los problemas específicos son: ¿Cómo influye el Diseño Geométrico en el mejoramiento del paso a desnivel del puente acceso Punta Negra? y ¿Cómo influye el Diseño de la superestructura en el mejoramiento del puente acceso Punta Negra?

El diseño geométrico y el diseño superestructura del puente de acceso Punta Negra, es una obra que aporta al desarrollo de vial de Lima, dado que su ubicación intersecta en una de las arterias viales más importantes del país como lo es la carretera Panamericana Sur y satisface en la comunicación vial, urbana y comercial con la ciudad y las grandes organizaciones.

Este proyecto, tiene por finalidad desarrollar el diseño geométrico y el diseño de la super estructura del puente Acceso Punta Negra. El análisis estructural se desarrollará mediante procedimientos técnicos – operativos, tomando en cuenta las normativas de diseño de puentes establecidos en el Manual de Puentes (2016) y Manual de Carreteras DG-2018. Gracias a ello se hace necesario analizar y optimizar los elementos que conforman la superestructura.

Con respecto a las hipótesis del proyecto de investigación, se menciona que la hipótesis general consiste en que el diseño geométrico y el diseño de la superestructura mejorará positivamente la transitabilidad vehicular y peatonal de los usuarios del paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra. Y las hipótesis específicas son: El nuevo diseño geométrico del paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra, mejorará la transitabilidad vehicular y peatonal cumpliendo con las normativas vigentes y finalmente el nuevo diseño de la superestructura del Puente Acceso Punta Negra, mejorará la transitabilidad vehicular y peatonal cumpliendo con las normativas vigentes.

II. MARCO TEÓRICO

Después de realizar la investigación virtual en los repositorios de tesis de las universidades, se adquirió variedad de trabajos de investigación, de las cuales se seleccionó las investigaciones más relacionadas a las variables y contenido de este proyecto de investigación.

González y Guzmán (2008), realizaron una investigación titulada: Consideraciones de Diseño en la Infraestructura de Puentes Carreteros, para optar al título de Ingeniero Civil en la Universidad de Oriente, Venezuela, en la que su objetivo es dar a conocer los pasos, en el diseño de elementos que conforman la sub estructura de un puente, así mismo, las consideraciones al diseñarlos, ya que dependen de varios factores a tomarse en cuenta, Los autores concluyeron la estabilidad, resistencia en el tiempo.

Quilumba Chachapoya y Quintana Osejo (2012), En la tesis denominada “Diseño del paso a desnivel en la intersección entre la avenida Escalón 1 y la avenida Maldonado, en el sur del Distrito Metropolitano de Quito Ecuador, provincia de Pichincha”, el objetivo es dar solución a un problema de una inadecuada sub estructura vial en el sector de estudio mediante dos alternativas para solución en lo que respecta a materiales con los que podría diseñarse la estructura de el paso a desnivel; **metodología** de investigación un diseño no experimental-explicativa, ya que no solo es descripción de conceptos, sino

también, buscó las causas que provocan los diseños propuestos para este proyecto, su **población** teniendo como resultado ensayos, el primer ensayo pertenece al Diseño Estructural de Concreto Armado y la segunda a un Diseño Estructural en Acero según el código AASHTO 2002, en donde concluyeron en la comparación técnica y económica de ambas alternativas.

SÁNCHEZ AMPIÉ, GAITAN PUTOY y MORENO VILLALOBOS (2013), en la tesis denominada “Propuesta de un diseño estructural de un puente de 15m para un período de 50 años en la comarca Paso Hondo, municipio de Santo Tomas del Norte - Chinandega” Nicaragua. Para obtener el título profesional de Ingeniero Civil de la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA. El **objetivo** de esta investigación es determinar el diseño estructural del puente tipo viga, pueda ser utilizado para intersección comodidad y estética, tiene como investigación el diseño de investigación experimental de análisis factibilidad técnica y ambiental, se obtuvo la estratigrafía y propiedades físicas y mecánicas del suelo de la zona de estudio para la definición y diseño de la cimentación, y se realiza la evaluación ambiental, para comprender el impacto ambiental que conllevara la ejecución del proyecto en la comunidad Paso Hondo. Los autores **concluyeron** el rango proyectado y la geometría propuesta del puente es adecuada para el correcto funcionamiento de la obra y para el máximo evento analizado. El suelo de la zona de estudio es propenso a socavación, por lo que recomiendan construir una losa de concreto ciclópeo para la defensa de los muros.

Gómez (2015) en la tesis denominada “Análisis y diseño de la superestructura de un puente viga-losa de concreto armado de 20 metros de longitud, según normas de AASHTO Standard y AASHTO LRFD, mediante la aplicación de recursos informáticos”. Para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, el objetivo es diseñar un puente de 20.00 metros de largo, diseñado en 02 modalidades, la primera con la metodología tradicional mediante la norma AASHTO Standard y la otra con normas AASHTO LRFD mediante el uso de recursos informáticos, la **metodología** tiene un enfoque cuantitativo y su diseño de tipo experimental. Su

población es considerada lo puentes de Guatemala y han utilizado el método AASHTO Estándar, siendo este método muy práctico, pero no actualizado conforme a las normas ASSHTO LRFD de aplicación internacional. Posteriormente el autor llegó a la conclusión de presentar normas modernas para el mejoramiento del diseño de la super estructura en los puentes, y la norma ASSHTO LRFD es la más actualizada y aplicable para puentes de concreto reforzado, acero, pre esforzados u otros. Para tal efecto diseño un puente de 20.00 m de longitud de concreto armado, obteniendo resultados de confiables, en comparación a los obtenidos con la norma AASHTO Standard, por lo que direcciona al lector a la ampliación del software CSI Bridge, mediante un proceso ilustrativos para demostrar la inserción de datos y generación de resultados.

Cameros (2004), en su tesis denominada “Propuesta para el paso a desnivel, intersección 1ra. Av. y Salida a RN-14, Escuintla”, para la optar el título profesional de Ingeniero Civil de la UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, el objetivo es desarrollar la propuesta real, adecuada y fundamentada, tomando en cuenta el tráfico y la situación socio económica del municipio, dar solución al problema de trafico que se genera en la intersección de la 1ra. Avenida y salida a la RN-14, en el Municipio de Escuintla. Su investigación tiene un enfoque cuantitativo, se analiza las condiciones actuales de las vías aledañas, brindando una visión de la situación actual del tráfico. Posteriormente el autor llego a la conclusión que es importante la realización de estos tipos de proyectos los cuales dispersan el trafico de las zonas congestionadas lo cual beneficia a la población de la zona de estudio.

En el mismo orden de ideas, **Abanto y Pedraza (2019)**, en su tesis denominada “Diseño del intercambio vial a desnivel entre la intersección: vía evitamiento y prolongación Bolognesi, en la ciudad de Chiclayo- Lambayeque” para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Señor de Sipán. La finalidad de la tesis es determinar el diseño vial del intercambio a desnivel. su metodología de investigación un diseño no experimental-explicativa, ya que no solo es descripción de conceptos, sino también que, buscó los causas

que provocan los diseños propuestos para este proyecto. Su **población** teniendo como resultado que, para la realización del diseño se ha tomado en cuenta la normativa vigente del diseño geométrico vial 2018 del Perú, además, se tomó en cuenta el Manual de Puentes, donde se especifican parámetros establecidos y así que los autores **concluyeron** se seguirá utilizando el mismo alineamiento con el diseño ya existente con los parámetros del mismo, no usando toda la vía, sino solo un tramo; que contará con 2 carriles de 3.60 m cada una, ya que antes era de solo 6.60 m ambas vías.

Fuentes y Sueros (2013), en su tesis denominada “Diseño geométrico y diseño estructural del Intercambio Vial en la intersección de la Av. Alfonso Ugarte y la Av. Miguel de Forja en el Cercado de Arequipa” para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Católica de Santa María. El objetivo de esta investigación es determinar el diseño (geométrico y estructural), si este tipo de intercambio vial pueda ser utilizado para intersección comodidad y estética, tiene como método de investigación aplicada y el diseño experimental que su población está compuesto en cinco capítulos las cuales dentro de ellos tenemos conceptos del proyecto, hallar una solución geoméricamente adecuada para los puentes y carreteras, análisis y diseño estructural y factibilidad y tiempo del proyecto en el cercado de Arequipa y Conclusión que con la elaboración de esta propuesta habrá seguridad, comodidad y estética, necesarias para la intersección y a su vez garantiza funcionalidad durante su vida útil.

Asimismo, **Fonseca y Linares (2015)**, realizaron una investigación titulada: “Diseño de Puente con Vigas Prefabricadas”, para obtener el título de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú, la cual tenía por **objetivo**, elaborar el diseño de la superestructura de un puente con vigas pre fabricadas para el paso a doble nivel en una zona de la Panamericana Sur. La **metodología** de investigación es aplicada al diseño de investigación experimental, su **población** es la zona del proyecto en acceso Punta Negra Lurín- Lima, este puente, se dimensiona para el trazo de una vía de doble nivel, para el camión de diseño HL-93 como máximo, considerando una ancho de vía de 3.60m y el terreno de

cimentación es arena limosa mal gradada SM, SP – SM con una resistencia de 3.00kg/cm² a una profundidad de 2.30m de el nivel actual de el terreno, con agresividad media a la cimentación. Y que además se sustenta en el Manual de Diseño de Puentes siendo esta la guía para el desarrollo de su trabajo, en conclusión, se realizó el análisis estático de la estructura y cuya relación posee con la investigación, por tratarse del Diseño de un puente en la zona donde colinda el Puente de Acceso Punta Negra, por lo que la depresión y muchos factores geoclimáticos tienen relación con la investigación, lo que permite considerar alternativas posibles para su construcción.

Vences (2004), realizó una investigación titulada “Diseño Estructural del Puente Lima sobre el Canal Vía, Sullana como requisito para optar al título de Ingeniero Civil en la Universidad de Piura en Lima”, en la tuvo por fin presentar la solución de transporte interurbano de la Ciudad de Sullana, en la intersección del Canal Vía con Calle Lima. El diseño fue experimental, la población fue Puente Lima la cual cruza sobre el canal Vía para unir Sullana y sus alrededores. Es el primer puente sección cajón unicelular metálico curvo en Perú, el diseño del Puente Lima está basado en una solución geométrica propuesta para cruces en vías urbanas. El análisis estructural del puente mediante software, tomando en cuenta las normativas vigentes para puentes, el autor concluye en optimizar todos los elementos que conforman la estructura.

Finalmente, Barrantes (2018) realizó una investigación titulada “Diseño de un puente tipo compuesto con vigas de acero y losa de concreto ubicado sobre la quebrada Japolccaya Distrito de maca, Caylloma, Arequipa”, para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Católica de Santa María, su objetivo es realizar el diseño del puente de sección compuesta (losa de concreto y vigas de acero), que servirá como propuesta para la construcción del puente, la población quebrada de Japolccaya, Distrito de Maca, Provincia de Caylloma en el departamento de Arequipa. Se realizará los estudios básicos de ingeniería y así mismo dar a conocer los mecanismos en las diferentes fases constructivas de este tipo de puente. El

autor concluye en proyectar obras de protección para el puente por presentar alta erosión en el cauce.

Seguidamente, se mencionarán las teorías afines al tema de investigación definiendo lo siguiente: **variables independientes** y la **variable dependiente** y sus dimensiones para tener una noción de lo que se trabajará en este proyecto de investigación.

Con relación al **Diseño Geométrico Puente Acceso Punta Negra**, complementar el diseño vial del acceso a Punta Negra, que inicia en la Carretera Panamericana Sur y no cuenta con accesos de manera directa a través del puente Acceso Punta Negra, este estudio contemplara el inicio de la integración de la Antigua Carretera Panamericana Sur con la actual vía principal Carretera Panamericana Sur a través de vías de accesos que cumplan con los requerimientos del Diseño Geométrico DG 2018 (ver sustento en el capítulo 4.1. y los planos en el Anexo 7).

Intercambio de tres ramas: estos pueden ser de 3 tipos:

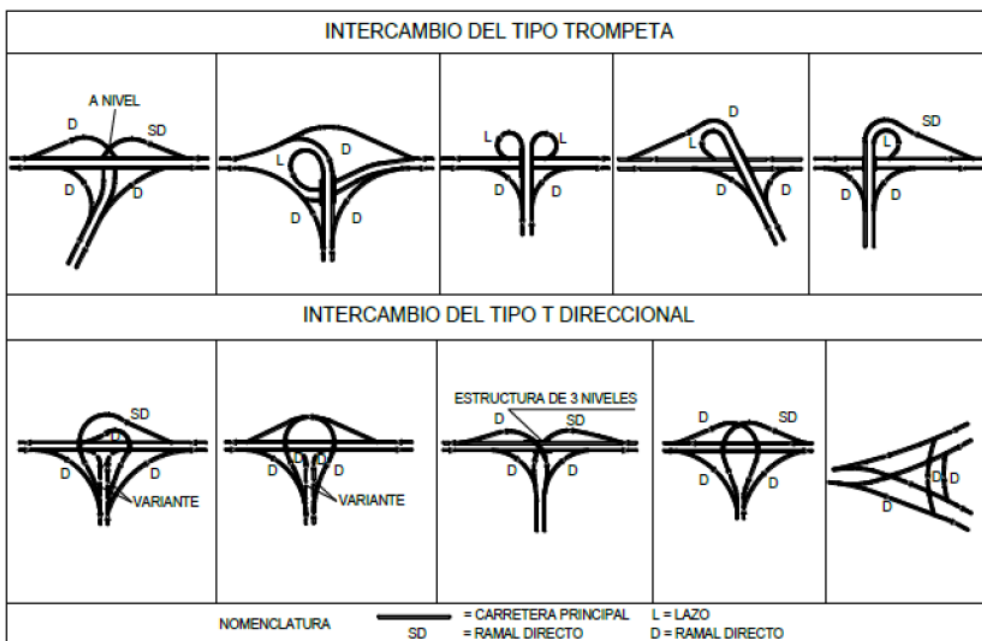


Figura 3. Intercambios de tres ramas.

Fuente: Manual de Carreteras - DG 2018

Intercambio 4 ramas:

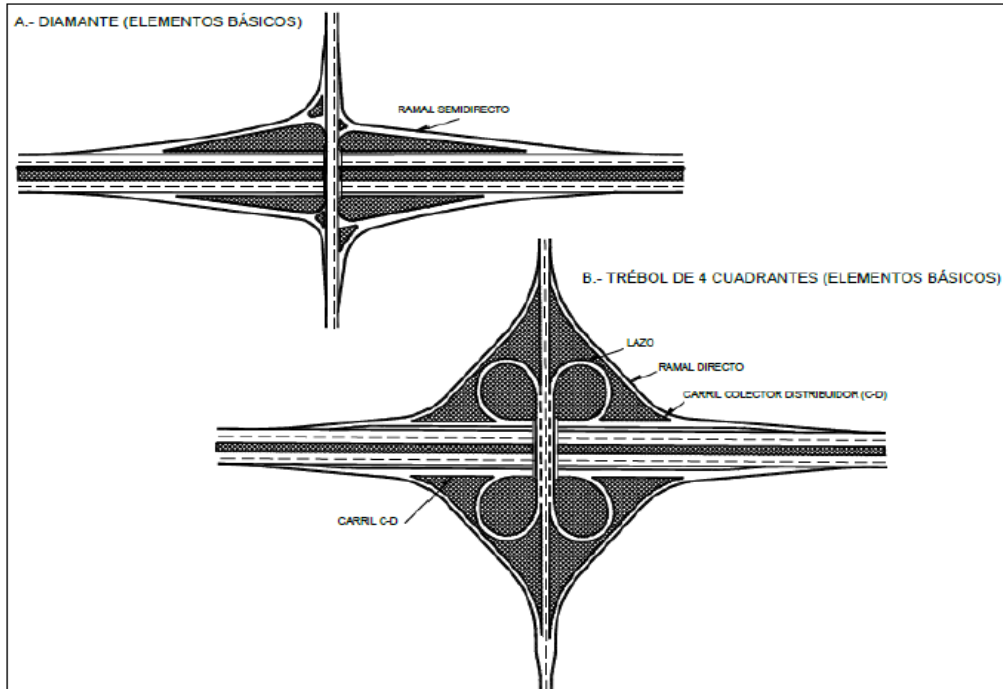


Figura 4. Tipos de intercambios de cuatro ramales (diamante y trébol).

Fuente: Manual de Carreteras - DG 2018

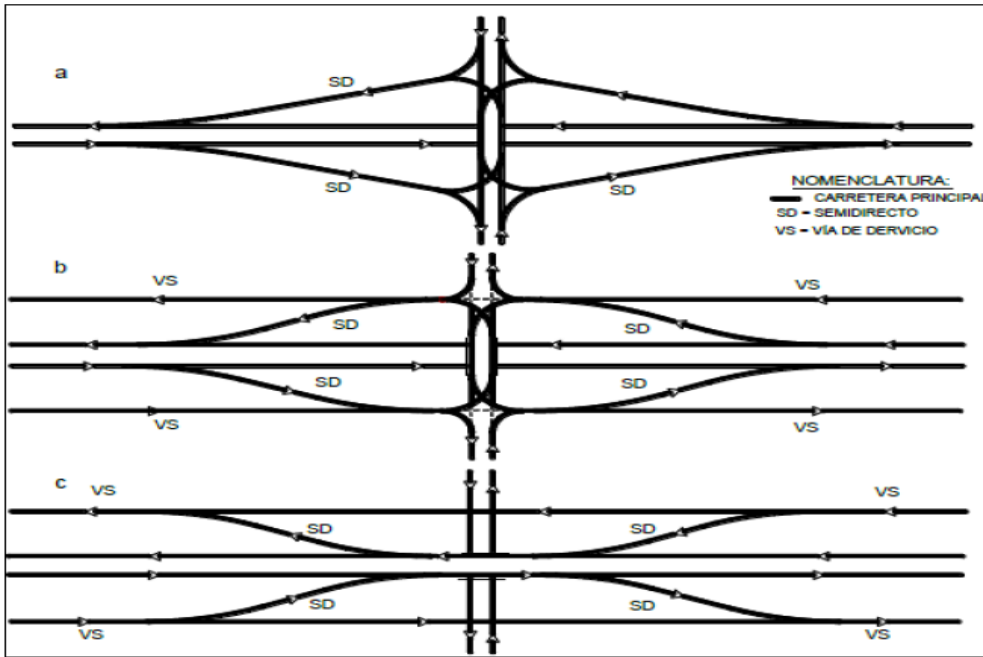


Figura 5. Intercambio de cuatro ramales tipo diamante clásico.

Fuente: Manual de Carreteras - DG 2018

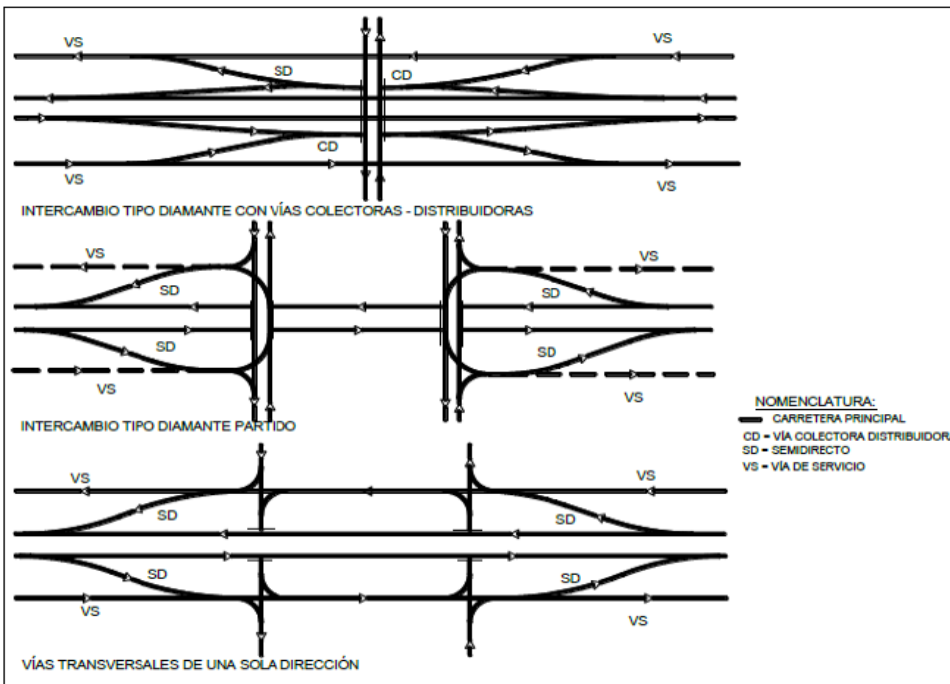


Figura 6. Modificaciones de intercambio de cuatro ramales tipo diamante.

Fuente: Manual de Carreteras - DG 2018

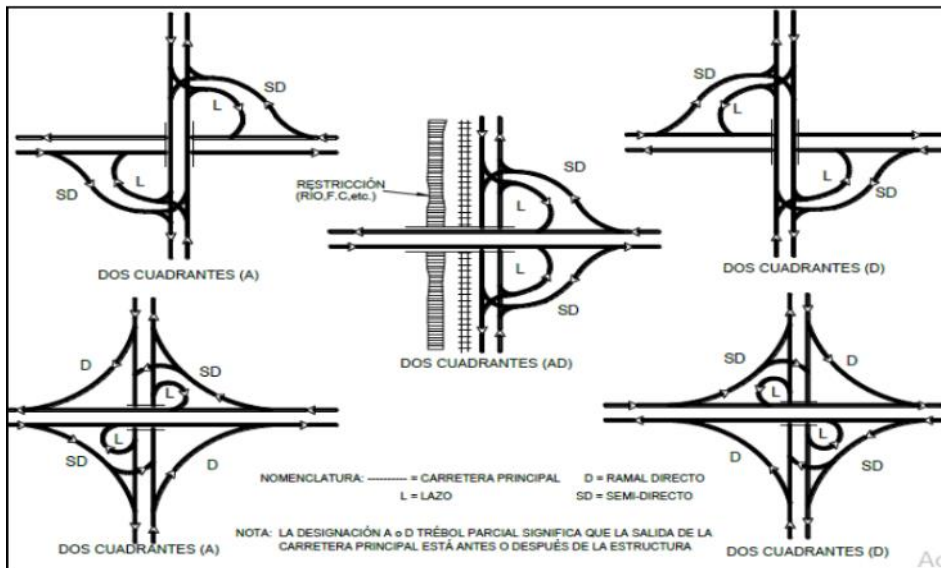


Figura 7. Intercambio tipo trébol parcial.

Fuente: Manual de Carreteras - DG 2018

El Diseño Geométrico a desnivel propuesto se encuentra en la intersección de la vía Carretera Panamericana Sur con el Acceso Punta Negra, se redefinirá a un diseño a desnivel tipo trompeta, en la cual actualmente el Acceso a Punta Negra es la vía deprimida (pasa por debajo de la Panamericana Sur), así mismo esta vía será modificada a fin de cumplir con los anchos mínimos de carril y puedan maniobrar sin dificultades el vehículo más crítico (T2S1), se verificará la huella vehicular mediante el programa Vehicle Tracking de Auto Cad.

En relación al **Diseño de Superestructura Puente Acceso Punta Negra**, Se plantea como la solución más eficiente la proyección de un puente de sección compuesta, tablero de concreto armado y vigas Metálicas. Así mismo el material a utilizarse sea el adecuado para la zona donde se emplazará el proyecto, garantizándose de esta manera su bajo costo de mantenimiento post construcción. Este diseño estructural solo contempla a la super estructura, por lo que se conceptualiza que esta ira apoyada en vigas que a su vez estarán apoyados sobre estribos que descansen sobre pilotes.

El tablero del puente se diseñará mediante losa de concreto sobre vigas metálicas con una longitud de 17.50 m. La losa es la encargada de soportar

las cargas de la superficie de rodadura y de tráfico, y repartirla a las vigas sobre las que se apoya, las cuales serán las encargadas de transmitir las cargas a los apoyos y a la subestructura, el tablero tendrá tres vigas diafragma para controlar el pandeo lateral y otras dos en los apoyos para mejorar el reparto de cargas entre ellos.

El puente se diseñará para que su capacidad soporte su propio peso, cargas muertas (barreras), la carga de asfalto, las sobrecargas de tráfico, las acciones diferidas del concreto y el sismo.

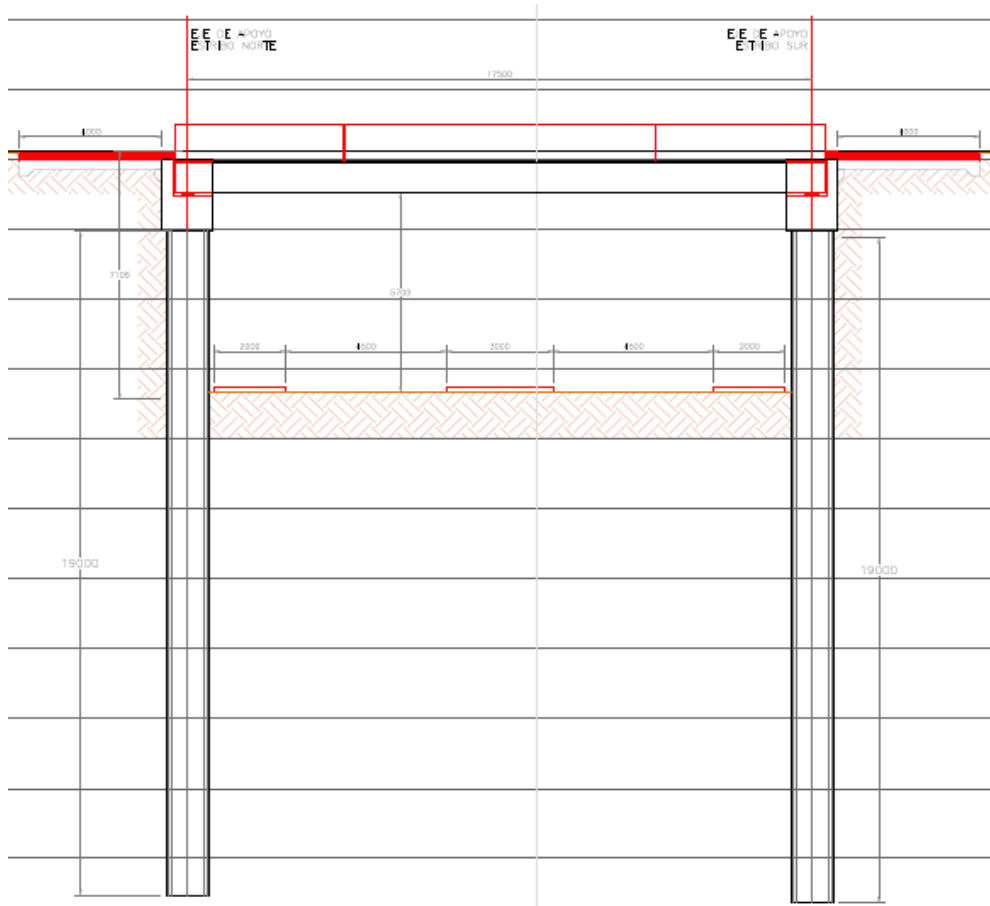


Figura 8. Estructuración de nuevo puente.

Fuente: Elaboración propia.

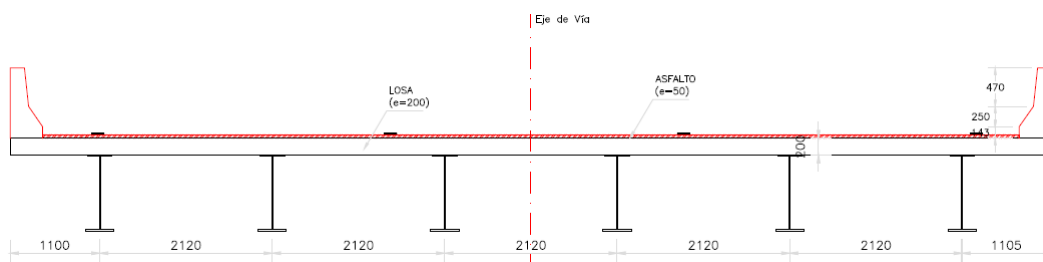


Figura 9. Sección transversal de la Super Estructura.

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, el análisis de la Superestructura del puente se realizará mediante programa de ingeniería (CSI BRIDGE Versión 20), en la cual se analizará el puente de sección compuesta, los datos a considerar para el diseño son:

1. Características del puente. -

Tabla 1

Características del Puente

Luz	17.5		M	
Tipo: Simplemente apoyado	1			Tramo
				o
Vigas Metálicas y losa de concreto reforzada				
Numero de vigas (N)	6			Tramo
				o
Separación entre vigas (S)	2.12		M	
Espesor de tablero		0.2	M	
Sobrecarga de diseño	HL-93			
Numero de vías	3			
Vigas diafragma en los extremos de las vigas y a los 1/3 de la longitud de la viga.				
Bombeo	2		%	
Numero de barreras	2			Unid.
Ancho de barreras		0.4	M	

2. Parámetros de diseño. -

Tabla 2

Propiedades del Acero Estructural

Peso específico (elevación): $g_{ac} =$	7.85	ton / m ³
Esfuerzo de Fluencia: $F_y =$	3500	kg / cm ²
Mínima resistencia a la tracción: $F_u =$	4500	kg / cm ²
Módulo de Elasticidad: $E_{ac} =$	204000 0	kg / cm ²

Tabla 3

Propiedades del Concreto y Asfalto

Peso específico: $g_{concreto\ reforzado} =$	2.4	ton / m ³
Resist. a la compresión: $f'_c =$	280	kg / cm ²
Módulo de Elast. (losa): $E_c =$	284418	kg / cm ²
Peso específico (parapetos y barreras): $g_c =$	2.4	ton / m ³
Resist. a la compresión (parapetos y barreras): $f'_c =$	210	kg / cm ²
Módulo de Elast. (parapetos y barreras): $E_c =$	233916	kg / cm ²
Esfuerzo de Fluencia del acero de refuerzo: $f_y =$	4200	kg / cm ²
Módulo de Elasticidad: $E_s =$	2040000	kg / cm ²
Peso específico: $g_{asfalto} =$	2.2	ton / m ³

Para el **Mejoramiento Paso a Desnivel Puente Acceso Punta Negra Km 41+350 Panamericana Sur**, se cumplirá con las normativas vigentes, a fin de que las mejoras propuestas contribuyan al mejoramiento de transitabilidad (vehicular peatonal) de dicha zona.

Para el diseño, se aplicarán las siguientes normas vigentes, además de todas aquellas que estuvieran indicadas dentro de las normas:

- Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013
- Manual de Puentes 2016 – Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- AASHTO LRFD BRIDGE Design Specifications, 7th EDITION 2014
- ASTM C 94/C 94M – 03ª Especificaciones normalizadas para el hormigón premezclado
- Manual de Ensayo de Materiales 2016
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).
- Specifications for Structural Concrete for Buildings (ACI 301-01).
- Norma ASTM C-31 “Standard Practice for Making and Curing Concrete”.
- Norma ASTM C-39 “Standard Test Method for Compressive”

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipos y Diseño de Investigación

Para efectos de los objetivos planteados, la investigación se desarrolla bajo el paradigma cuantitativo, que expuesto por Hernández, Fernández y Baptista (2006), indica utilizar la recolección y análisis de los datos con el fin de contestar las preguntas del estudio, estableciendo el conteo y procesamiento estadística para indicar con gran exactitud los patrones de comportamiento de una población.

El tipo de investigación determina el procedimiento a seguir, los métodos y técnicas que se podrían emplear en esta. En general. Esto determina todo enfoque de trabajo, esta influye directamente en la manera de analizar la información recaudada, por tal motivo, se concreta en un paso importante en la metodología, ya que esta determina el enfoque holístico de la investigación.

Según la determinación de los objetivos planteados, esta investigación tiene un diseño de enfoque no experimental, para el que Palella y Martins (2010) explica que la investigación con este diseño:

Es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes. Se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos. Por lo tanto, en este diseño no se construye una situación específica si no que se observa las que existen. (p.87)

En este sentido, con este diseño de investigación se logran observar los datos tal y como son, debido, a que se van a tomar de forma real y en tiempo determinado a fin de buscar información referencial del objeto de estudio y donde se presenta la problemática.

Del mismo modo, se apoyará en un diseño de campo, para el que Arias (2006) explica que la investigación con este diseño:

Consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin

manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. (p.31)

Con esta forma de investigación, se consigue recopilar los datos directamente, ya que se toman en el ambiente donde se desarrolla el objeto de estudio y donde se encuentra la problemática.

A efectos de la presente investigación, se realizará el diseño geométrico y diseño de superestructura del paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra KM 41+350 Panamericana Sur, sustituyendo al existente. Asimismo, el diseño propondrá mejoras en la funcionalidad y transitabilidad de los usuarios, dentro del Marco Normativo Peruano Vigente (RNE, Manuales del MTC).

3.2. Variables y Operacionalización

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), una variable se define como construcciones hipotéticas que pueden ser observables o medibles y que a medida se desarrolla logra un valor importante en la investigación científica, el cual da como resultado una o varias hipótesis (p.4)

Entonces, las variables en este proyecto de investigación son las siguientes:

Variable Independiente (X_1): Diseño geométrico del paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra.

Variable Independiente (X_2): Diseño de superestructura Puente Acceso Punta Negra.

Variable Dependiente (Y_1): Mejoramiento del paso a desnivel km 41+350 Panamericana Sur.

3.3. Población, Muestra y Muestreo

3.3.1. Población:

Según Chávez (2007), la población “es el universo de estudio de la investigación, en el que se pretende generalizar los resultados, constituida por características o estratos que le permiten distinguir los sujetos, unos de otros” (p.162).

Atendiendo a esta consideración, la población a tomar en cuenta para este estudio, serán los intercambios viales existentes en la carretera Panamericana Sur de Lima Metropolitana.

3.3.2 Muestra:

Según Tamayo, M (1997) afirma que la muestra es el grupo de individuos que se toma de la población para estudiar fenómenos estadísticos (p. 38)

La muestra representativa que se tomo es el Paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra, la cual está ubicada en el km 41+350 Carretera Panamericana Sur el Distrito de Punta Negra.

Tomando en cuenta las características de la población, se considera finita de acuerdo a la definición de Arias (2006): “es aquella que posee o incluye un número limitado de medidas y observaciones” (p.76). Por otra parte, Balestrini, (2006), señala que: “una muestra es una parte representativa de una población, cuyas características deben producirse en ella, lo más exactamente posible” (p.141).

Asimismo, esta muestra también se puede definir como intencional, que según Sabino (1992), es aquella que en la que se escoge a las unidades no en forma fortuita, sino, que se es completamente arbitrario por lo que se designa a cada unidad según características que para el investigador resulten de relevancia.

En el caso de esta investigación, en la cual se tiene como objetivo el diseño geométrico y diseño de superestructura del paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra KM 41+350 Panamericana Sur, la cual beneficiará directamente a la población residente, visitantes del balneario y todo aquel que utilice la Panamericana sur o los ingresos a Punta Negra, ya que con la propuesta de diseño geométrico tendrán mayor alternativas para acceder o salir en dicho cruce, además se crearán puestos de trabajo que beneficia a los pobladores durante la construcción del puente y la mejora de los negocios adyacentes a dicho intercambio vial.

El muestreo según Lerma (2016) tiene como finalidad seleccionar algunos elementos de la población para calcular estadísticamente y a partir de estos

estimar con cierta probabilidad los datos poblacionales (p. 73). En esta investigación no se cuenta con el muestreo.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

El instrumento para la recolección de datos explicado por Arias (2016), es el medio o formato donde será recopilado la información obtenida para que pueda ser estudiada y analizada por el investigador (p. 68).

La técnica de recolección de datos es definida por Gil (2016) como todos los procedimientos técnicos que se emplean para el registro de observaciones (p. 19).

Para el presente estudio, la recolección de datos, se dará mediante el conteo vehicular de los peajes, información proporcionada por la empresa concesionaria de la Panamericana Sur.

	AUTO	STATION	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER			TRAYLER				Total	Total Pesados
			PICKUP	PANEL	CR	MICRO	B2E	B>=3E	C2E	C3E	C4E	251/252	253	351/352	>=353	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
IMD NS	1427	468	323	43	1057	330	127	1	399	203	24	5	12	20	173	4	0	3	28	4647	999	
IMD SN	5147	515	635	88	1078	414	202	2	775	33	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8892	1014	
IMD Anual NS	1068	350	241	32	791	247	140	1	440	224	26	5	13	23	191	4	0	3	31	3830	1101	
IMD Anual SN	3851	385	475	66	806	310	223	2	854	36	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7012	1117	

Figura 10. Índice medio diario anual (IMD)

Fuente: Recogido de RDL.

De la figura anterior se puede deducir que la cantidad de vehículos promedio diaria es de aproximadamente 10842 vehículos/día. Esta aproximación puede entenderse como el IMDA del año 2017.

3.5. Procedimientos

Luego de definirse la metodología a seguir y el tipo de estudio, se establecen los lineamientos para el desarrollo más idóneo donde se fija el procedimiento, para alcanzar los objetivos propuestos. En este sentido, Zorrilla (2013), y, de acuerdo con lo anterior dice: “Identificar el procedimiento a aplicar por

el investigador, destacando paso a paso hasta abarcar cada una de las etapas del estudio” (p.27).

Es así, como Barrios, León y Romero (2011) argumentan, que los procedimientos que se deben seguir para cumplir con los objetivos planteados en la investigación se pueden agrupar en fases o etapas, esto permitirá que el procesamiento de los datos sea en forma organizada. Es decir, los procedimientos son la base fundamental de la investigación, debido a que mediante el desarrollo y ejecución de estos se lograron alcanzar los objetivos propuestos.

Por consiguiente, a efectos de desarrollarse esta investigación, se pretende realizar el diseño de la propuesta para la sustitución del puente, presentando los planos de las especialidades (Topografía, Geología, Geotecnia, Diseño Geométrico y Estructuras).

3.6. Métodos de Análisis de Datos

Para la metodología de análisis del proyecto son:

- Análisis visual de la zona de estudio, mediante la cual se determina la situación actual del intercambio vial y del Puente vehicular existente.
- Para el diseño geométrico, se utilizarán los cálculos descritos en la DG 2018 y analizadas en el Software AutoCAD Civil 3D, con la cual se realizará el diseño geométrico del intercambio vial.
- Para el diseño de la superestructura se analizará mediante el software CSI Bridge Versión 22, en la cual se analizará los elementos de la super estructura.

3.7. Aspectos Éticos

Para la investigación, se tuvo en consideración los siguientes principios éticos.

Con respecto a la autenticidad, el trabajo de investigación se encuentra regido bajo las normativas vigentes de Diseño Geométrico DG 2018 y el manual de puentes del MTC, así mismo las normativas que estas hacen referencia.

Con respecto a la veracidad, los datos obtenidos en los resultados de los análisis, serán evidenciados mediante capturas de pantalla y plasmadas en los planos.

Con respecto a la autonomía, los autores emplearán sus propias opiniones, criterios e interpretación de los datos teniendo como base a los antecedentes mencionados en el marco teórico.

Y, por último, con respecto al compromiso y la responsabilidad, los autores asumen todas las responsabilidades de esta investigación y se comprometen a cumplir con todo lo estipulado en el procedimiento de la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Diseño Geométrico

El actual paso a desnivel “Puente Acceso Punta Negra ” ubicado a la altura del Km 41+350 de la Carretera Panamericana Sur, será rehabilitado aumentando el galibo (altura libre entre la superficie de rodadura y la parte más baja del puente) mínimo a 5.50m con lo que se estará aumentando 0.90m el galibo respecto a lo existente, para lo cual las vías de acceso seguirán la misma distribución en planta pero en elevación se adecuarán a la nueva estructura proyectada, el objetivo de este estudio vial es desarrollar el trazo geométrico de los accesos al puente en estudio y sus ramales de ingreso y salida.

4.1.1 Diseño vial.

El diseño vial fue realizado tomando en consideración las recomendaciones de la Normativa de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018, la cual se encuentra en vigencia desde enero del 2018.

Los datos básicos necesarios para el diseño vial son:

- Estimación del Tráfico (Información suministrada por RDL)
- Diseño de Pavimentos (Se considerará el mismo tipo de pavimento existente en la vía carretera Panamericana Sur).

4.1.2 Clasificación por demanda.

La clasificación por demanda está ligada directamente al IMDA (Índice Medio Diario Anual) que se presenta en el sector de la vía analizada. Para su definición se ha revisado el Resumen de Tráfico.

	AUTO	STATION	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	TOTAL PESADOS
			PICKUP	PANEL	CR	MICRO	B2E	B>=3E	C2E	C3E	C4E	251/252	253	351/352	>=353	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
IMD NS	1427	468	323	43	1057	330	127	1	399	203	24	5	12	20	173	4	0	3	28	4647	999
IMD SN	5147	515	635	88	1078	414	202	2	775	330	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8892	1014
IMD ANUAL NS	1068	350	241	32	791	247	140	1	440	224	26	5	13	23	191	4	0	3	31	3830	1101
IMD ANUAL SN	3851	385	475	66	806	310	223	2	854	36	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7012	1117

Figura 11. Índice medio diario anual (IMD).

Fuente: Recogido de RDL.

Del cuadro anterior se puede deducir que la cantidad de vehículos promedio diaria es de aproximadamente 10842 vehículos/día. Esta aproximación puede entenderse como el IMDA del año 2017.

De acuerdo con la DG-2018, una vía es de primera clase (DG 2018 - 101.01 Autopistas de Primera Clase) cuando el IMDA es mayor a 6000 vehículos /día, el cual es el caso para el presente estudio.

4.1.3 Clasificación por orografía.

Orográficamente la zona del proyecto corresponde a un terreno plano a ondulado, por lo cual le corresponde una clasificación del tipo 2, de acuerdo con la DG-2018 – 102.02.

4.1.4 Vehículo de diseño.

El vehículo de diseño adoptado para el proyecto corresponde al semirremolque simple T3S3 el cual tiene una longitud total de 20.50 m y 2.60 m de ancho. Estas dimensiones son las máximas permitidas de acuerdo con el Reglamento Nacional de Vehículos, de acuerdo con la DG-2018 – 202.01.

4.1.5 Velocidad de diseño.

Para una carretera de primera clase y orografía tipo 2 le corresponde como mínimo la velocidad de diseño 60 km/h, sin embargo, debido a que el puente Acceso Punta Negra se encuentra entre dos intersecciones a nivel (Intersección Este e Intersección Oeste), los vehículos que vienen por debajo del puente y quieren incorporarse hacia la Panamericana Sur tienen que reducir la velocidad en la intersección para la maniobra de giro por tal se reducirá la velocidad de diseño a 30 km/h, de acuerdo con la DG-2018 – 204.01.

4.1.6 Radio mínimo.

Cálculo de un radio mínimo: Según la tabla 302.02 de la norma DG-2018.

Para $V_d=30\text{Km/hr}$ y peralte 4% vías urbanas le corresponde un radio mínimo de 35m. Para el diseño tenemos radios mayores a 35 m por tanto cumple para la velocidad directriz.

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA										
PI#	Δ	RADIO	L. CURVA	T	F	E	L. CUERDA	PI	PC	PT
C-01	30°50'12"	109.46	58.91	30.19	4.09	3.94	58.21	0+095.64	0+065.45	0+124.36
C-02	57°52'01"	50.00	50.50	27.64	7.13	6.24	48.38	0+092.83	0+065.19	0+115.69
C-03	57°52'01"	50.00	50.50	27.64	7.13	6.24	48.38	0+092.83	0+065.19	0+115.69
C-04	30°50'12"	109.46	58.91	30.19	4.09	3.94	58.21	0+095.64	0+065.45	0+124.36

Figura 12. Elementos de Curva

Fuente: Elaboración propia.

4.1.7 Peralte y sobre ancho.

El presente estudio contempla mantener el peralte existente para el adecuado empalme con la vía y no afectar la rasante de la vía principal Carretera Panamericana Sur.

4.1.8 Pendiente máxima.

En el caso del presente estudio, usaremos pendiente variable no mayor a 9%. Se evitará pendiente mayor a 9% para evitar disminución de velocidad de vehículos pesados en pendiente, esta información es de acuerdo a la Tabla 303.01 (ver en anexo 03).

4.1.9 Curvas verticales.

La distancia de visibilidad de parada de acuerdo a la Tabla 205.01 -A (ver en anexo 03).

Existen dos tipos de curvas verticales, las cóncavas y las convexas, en ambos casos el diseño se efectúa tomando en cuenta la distancia para la visibilidad de parada.

Para el caso de las curvas convexas, el cálculo de la longitud mínima viene dada por el siguiente gráfico:

Figura 303.06

Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada

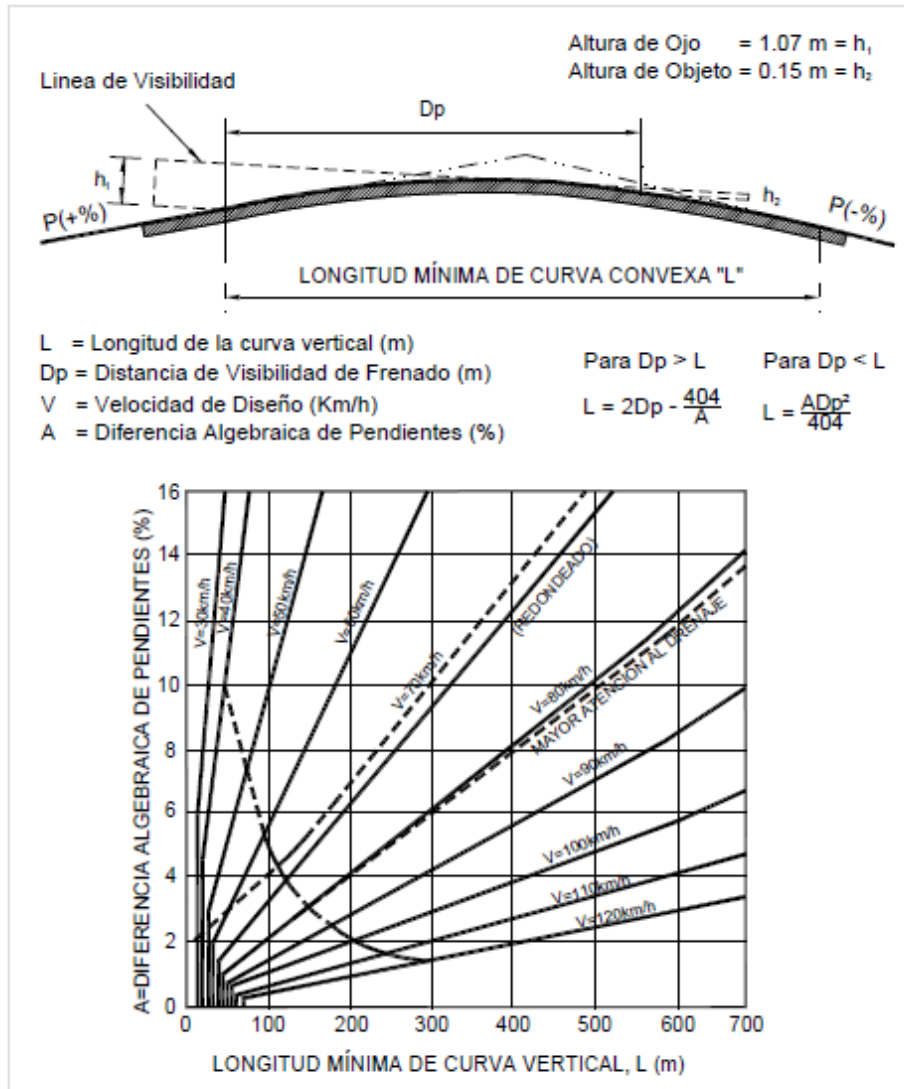


Figura 13. Longitud mínima de curva vertical.

Fuente: DG 2018 MTC.

Curva pendiente inicial=5.9% y pendiente final=0.1% tenemos:

$D_p=35$ $V=30$ $A=5.8$ $L=17.58$

Para el proyecto tenemos L mayores a 10 m > 9.09 cumple.

Para el caso de las curvas verticales cóncavas, el cálculo de la longitud mínima viene dada por el siguiente gráfico:

Figura 303.08
Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas

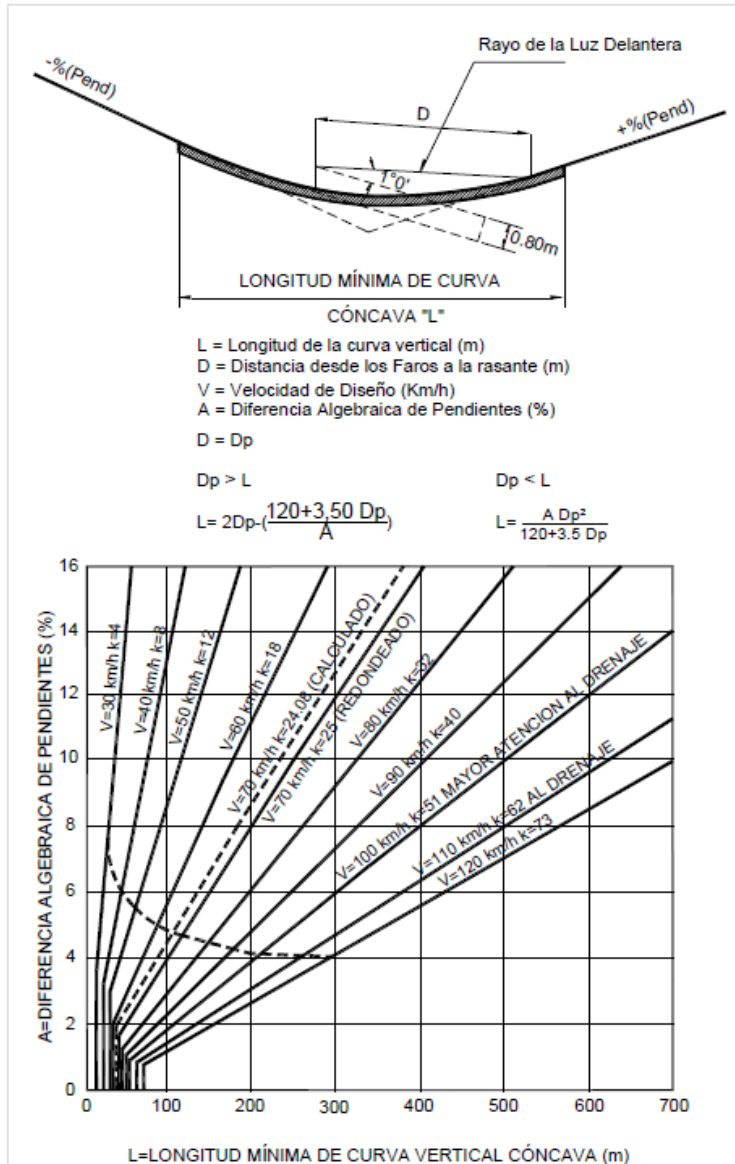


Figura 14. Longitud mínima de curva vertical.

Fuente: DG 2018 MTC.

Curva pendiente inicial= -2.2% y pendiente final=+7%

$D_p=35 \quad V=30 \quad A=9.2 \quad L=23.89$

Para el proyecto tenemos L mayores a los 40m > 9.30 m cumple.

4.1.10 Sección transversal.

La sección transversal es según muestra la siguiente figura y cumple con el estudio de tráfico que forma parte integral del presente estudio.

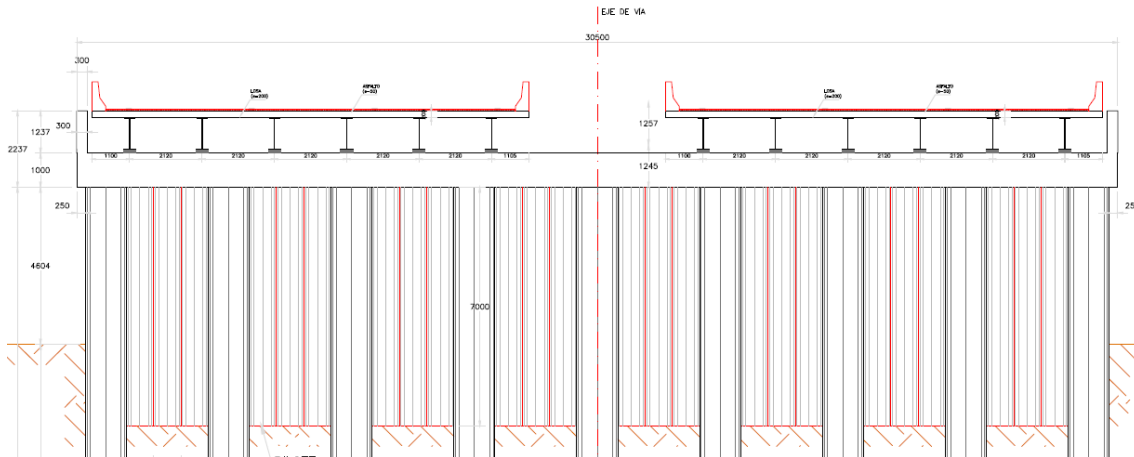


Figura 15. Sección transversal.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.11 Intersecciones a nivel.

El Eje Principal está entre dos intersecciones a nivel, intersección a nivel oeste e intersección a nivel este. La intersección a nivel oeste está compuesta por dos ejes, Eje Salida de la Panamericana Sur sentido Norte a Sur (ingreso a Punta Negra) y Eje de retorno a la Panamericana Sur sentido Sur a Norte. La otra intersección a nivel Este está compuesto por dos ejes, Eje Acceso a la Panamericana Sur Sentido Norte Sur y Eje acceso a Punta Negra.

- **Intersección a nivel lado Este.** - La diferencia de pendiente de con el Eje principal no será mayor a 4% para el caso de la condición de parada, y de 0,5% en "CEDA EL PASO".

Los radios de giro se calcularán en base a la norma DG-2018 y se comprobara que los radios de giro existentes sean mayores al mínimo calculado, de acuerdo con la tabla 502.03 (Ver en anexo 03).

Del Estudio de Tráfico suministrado por RDL del Puente Vehicular Puente Acceso Punta Negra, tenemos:

- Vehículos Livianos: 3630

- Vehículos pesados: 999
- Vehículo articulado (tracto camión y semirremolque):18

Para los anchos de giros se utilizarán las tablas anteriores y tabla 502.07 y tabla 502.08 de la norma peruana DG-2018 (Ver en anexo 03).

Para la Salida Panamericana Sur Sentido Norte Sur – acceso a Punta Negra: VP>5% y menor a 25%, VA circulan en baja proporción por tanto se utilizará caso B con el caso I (se utilizará caso I por estar cercana a la intersección), el radio interno menor es 50 m por tanto le corresponde un ancho total 5.3 (lleva sardinel en un lado).

Para el retorno a la Panamericana Sur Sentido Sur Norte: VP>25% con presencia significativa de VA por tanto se utilizará caso C y caso I (se utilizará caso I por estar cercana a la intersección), el radio interno menor es 50 m por tanto le corresponde un ancho total 4.8 (lleva sardinel en un lado).

- **Intersección a nivel lado Oeste.** - La diferencia de pendiente de con el Eje principal no será mayor a 4% para el caso de condición en parada, y de 0,5% para el caso "CEDA EL PASO".

Los radios de giro se calcularán en base a la norma DG-2018 y se comprobara que los radios de giro existente sean mayores al mínimo calculado de acuerdo con la Tabla 502.03 (Ver en anexo 03).

Del Estudio de Tráfico Puente Vehicular, tenemos:

- Vehículos Livianos: 188
- Vehículos pesados: 627
- Vehículo articulado (tracto camión y semirremolque):471

Para los anchos de carril de giros se utilizarán las tablas anteriores y tabla 502.07 y tabla 502.08 de la norma peruana DG-2018 (Ver en anexo 03)

Para el Acceso Sur Norte: VP>25% con presencia significativa de VA por tanto para el giro a la derecha utilizaremos caso C y caso I (se utilizará caso I por estar cercana a la intersección), el radio interno menor es 42 m por tanto le corresponde un ancho total 4.8 (lleva sardinel en un lado), el ancho de carril de giro existente es 5.5 por tanto utilizaremos 5.50m de ancho.

4.1.12 Descripción del diseño

Eje Principal:

El Eje Principal está por debajo de la Carretera Panamericana Sur, el cual dará acceso y salida a los usuarios del Puente Acceso Punta Negra.

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA										
PI #	Δ	RADIO	L. CURVA	T	F	E	L. CUERDA	PI	PC	PT
C-01	30°50'12"	109.46	58.91	30.19	4.09	3.94	58.21	0+095.64	0+065.45	0+124.36
C-02	57°52'01"	50.00	50.50	27.64	7.13	6.24	48.38	0+092.83	0+065.19	0+115.69
C-03	57°52'01"	50.00	50.50	27.64	7.13	6.24	48.38	0+092.83	0+065.19	0+115.69
C-04	30°50'12"	109.46	58.91	30.19	4.09	3.94	58.21	0+095.64	0+065.45	0+124.36

Figura 16. Elementos de Curva.

Fuente: Elaboración propia.

Ejes de Acceso: Los ejes de los accesos sirven para unir el eje principal con la intersección.

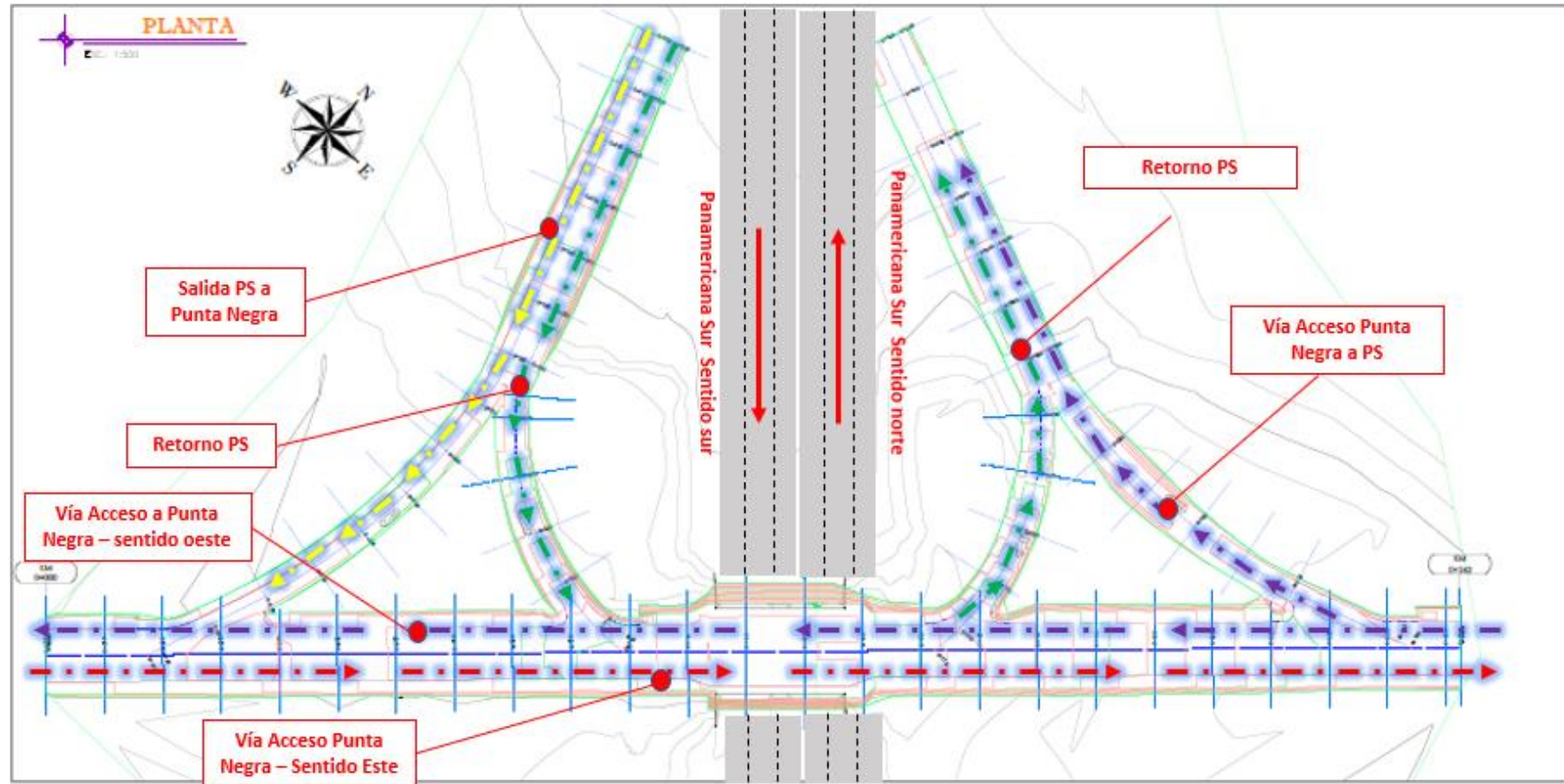


Figura 17. Planta general de diseño geométrico.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de movimiento de tierras:

Para el cálculo de movimientos de tierras, se realizó las secciones transversales cada 10m, y con fines de obtener en la cuantificación una mayor precisión de los volúmenes, las secciones pueden obtenerse cada 5.00m o 2.00m.

Las secciones transversales del seccionamiento se encuentran en los planos adjuntos en el (Anexo 7).

4.2. Memoria de Cálculo Súper Estructura

4.1.1 Introducción.

En la presente memoria de cálculo, se detallan todas las verificaciones que se deben seguir para diseñar la super estructura del Puente de sección compuesta (vigas de acero y losa de concreto) según AASHTO LRFD 2012 Bridge Design Specifications, para lo cual se desarrollara el diseño de la siguiente forma:

- Recopilar la información general del puente que comprende:
 - Tipo de puente.
 - Longitud de puente.
 - Ancho de tablero.
 - Características de los materiales a emplearse.
 - Requerimientos de carga viva.
 - Factores y combinaciones de carga aplicables.
- Diseño del tablero de concreto reforzado, que debido a que el puente a diseñar cuenta con un solo claro y, por lo tanto, está sujeto únicamente a momento positivo, el tablero se diseñara mediante el programa CSI BRIDGE.
- Siguiendo al diseño del tablero, se procede al diseño de las vigas metálicas. El proceso inicia con un diseño preliminar en base a las proporciones solicitadas por la geometría de estos elementos estructurales. Para luego, determinar todas las cargas actuantes sobre las vigas del puente y se calculan los momentos y cortantes resultantes. Los estados límite para los cuales se han diseñado las vigas del puente de estudio son:
 - Construcción.
 - Resistencia I.
 - Fatiga I.
 - Servicio I.

4.1.2 Información general.

Criterios de diseño.

- Bases de diseño: AASHTO LRFD 2012 Bridge Design Specification.
- Método de diseño: Load and Resistance Factor Design (LRFD).

• Características del puente

Longitud del Puente $L=$	17.50	M
Ancho del tablero: $W_{deck}=$	12.80	M
Ancho de la superficie de rodadura $W_{sr} =$	12.00	M
Tipo: Simplemente apoyado	01	Tramo
Vigas Metálicas y losa de concreto reforzada vaciado in situ		
Numero de vigas (N)	6	Tramo
Separación entre vigas (S)	2.12	m
Espesor de tablero	0.20	m
Sobrecarga de diseño	HL-93	

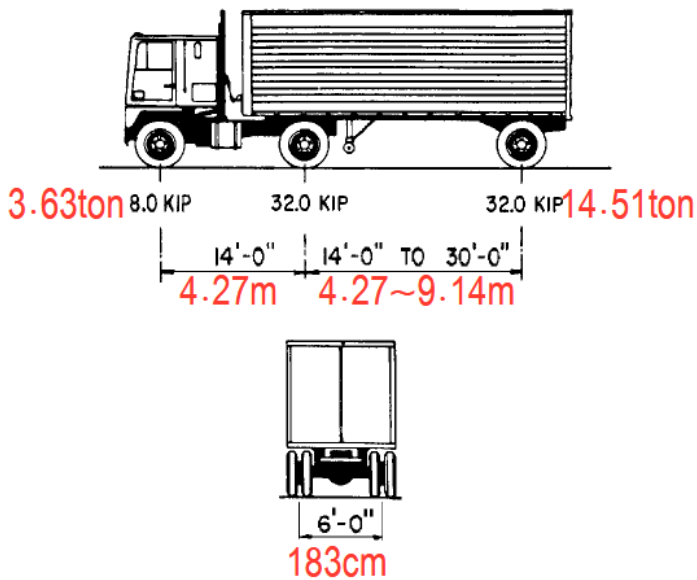


Figure 3.6.1.2.2-1—Characteristics of the Design Truck

3.6.1.2.3—Design Tandem

Figura 18. Tándem de diseño

Fuente: AASHTO LRFD.

Numero de vías	3	
Vigas diafragma en los extremos de las vigas y a los 1/3 de la longitud de la viga.	4	Unid.
Bombeo	2.0	%
Numero de barreras	2	Unid.
Ancho de barreras	0.40	m
• Parámetros de diseño		
Material: Acero Estructural	A709M	
Peso específico ρ_{ac} =	7.85	ton / m ³
Esfuerzo de Fluencia: F_y =	3500	kg / cm ²
Mínima resistencia a la tracción: F_u =	4500	kg / cm ²
Módulo de Elasticidad: E_{ac} =	2040000	kg / cm ²
• Material: Concreto Armado y Asfalto		
Peso específico: ρ concreto reforzado =	2.40	ton / m ³
Resist. a la compresión: f'_c =	280	kg / cm ²
Módulo de Elast. (losa): E_c =	284418	kg / cm ²
Peso específico (parapetos y barreras): ρ_c =	2.40	ton / m ³
Resist. a la compresión (parapetos y barreras): f'_c	210	kg / cm ²
=		
Módulo de Elasticidad (parapetos y barreras): E_c =	233916	kg / cm ²
Esfuerzo de Fluencia del acero de refuerzo: f_y =	4200	kg / cm ²
Módulo de Elast.: E_s =	2040000	kg / cm ²
Peso específico: ρ asfalto =	2.20	ton / m ³

Definición geométrica y tipo de puente.

El puente de diseño, es un puente recto sin curvatura horizontal o vertical. La longitud del puente es de 17.50m y estará compuesto por 6 vigas de acero tipo "I" y un tablero de concreto reforzado de 0.20m de alto. La siguiente imagen muestra la sección transversal del puente.

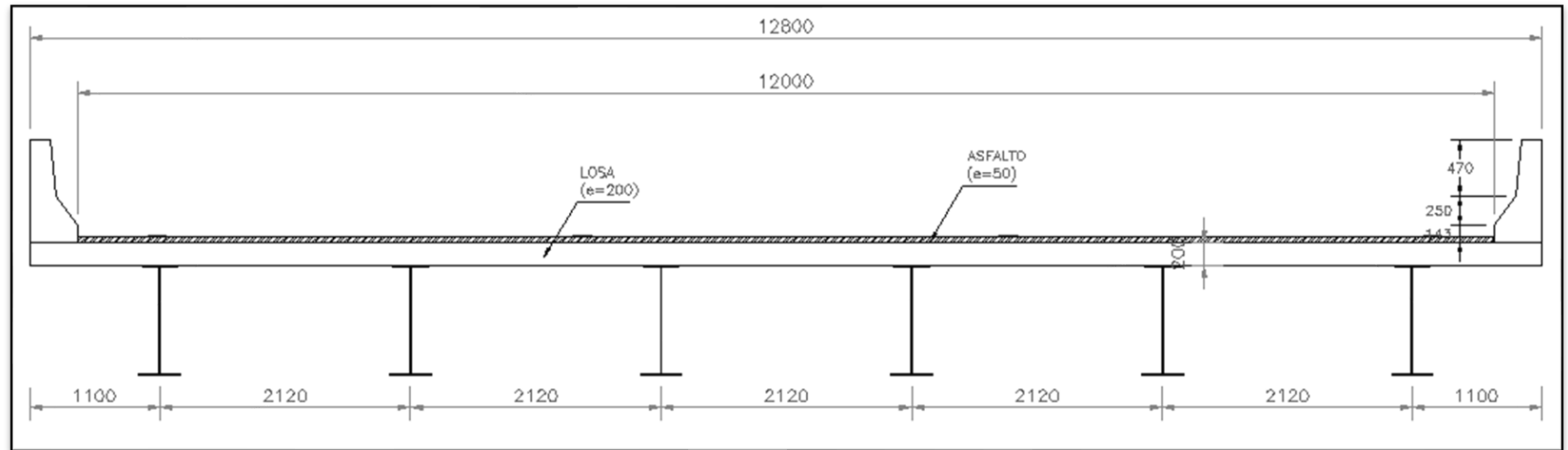


Figura 19. Sección transversal de puente (geométrico).

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Diseño de tablero.

Peralte de losa mínimo:

AASHTO LRFD 9.7.1.1

$$t_{\min} = \frac{S + 3000}{30} \geq 165\text{mm}$$

AASHTO LRFD Tabla 2.5.2.6.3-1

$$t_{\min} = 171 \text{ mm}$$

Por lo tanto, adoptamos:

$t_s = 0.20 \text{ m}$ Espesor estructural de la losa

$t_{\text{volado}} = 0.20 \text{ m}$ Espesor de losa en volado

Análisis de la losa

$\gamma_c = 2.50 \text{ ton/m}^3$ Peso específico del Concreto

$\gamma_a = 2.25 \text{ ton/m}^3$ Peso específico del Asfalto

$t_s = 0.20 \text{ m}$ Espesor total de la losa

$t_{\text{asfalto}} = 0.05 \text{ m}$ Espesor de carpeta asfáltica

$W = 12.80 \text{ m}$ Ancho total del tablero

$W_b = 0.40 \text{ m}$ Ancho de baranda combinada

$S = 2.12 \text{ m}$ Espaciamiento entre ejes de vigas

$S_{\text{vol}} = 1.10 \text{ m}$ A eje de la viga Exterior

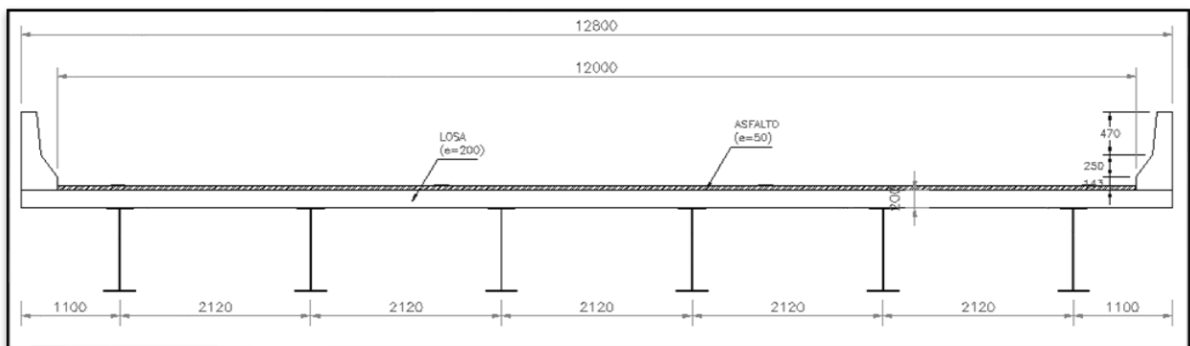


Figura 20. Sección transversal de puente (geométrico).

Fuente: Elaboración propia.

- **Metrado de cargas (Ancho de 1.0 m)**

ω losa =	0.500 ton/m ²	Losa
ω volado =	0.500 ton/m ²	Losa del volado
ω asfalto =	0.113 ton/m ²	Carpeta asfáltica
ω peatonal =	0.36 ton/m ²	Carpeta asfáltica
P baranda =	0.64 ton/m	Peso de baranda combinada

- **Cálculo de fuerzas actuantes - carga permanente**

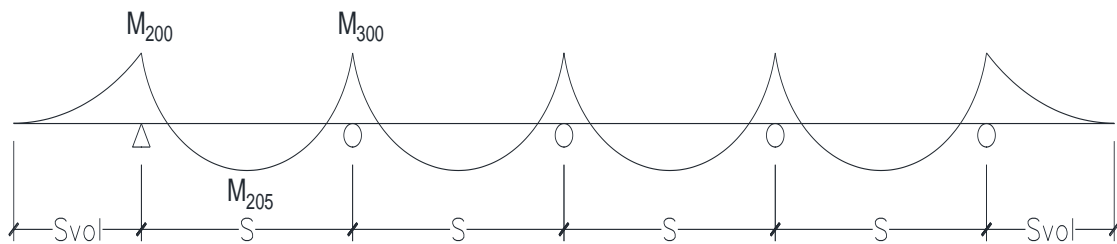


Figura 21. Análisis de la Viga Continua de la sección transversal de puente.

Fuente: Elaboración propia.

Losa (DC)

Momento en el volado:

M losa =	0.303 ton-m
S =	2.12 m
V 110 =	-0.550 ton
V 200 =	0.600 ton
R 200 =	1.150 ton
M 200 =	-0.303 ton-m
M 300 =	-0.154 ton-m
M 205 =	0.052 ton-m

Cross Simplificado por Simetría

	k =	0.75	k =	1
0	1	0.429	0.571	1
0.303	-0.187	0.187	-0.187	0.187
	-0.115	-0.058		
0.303	-0.303	0.025	0.033	0.016
		0.154	-0.154	0.204

Vereda (DW)

Momento en el volado:

M vereda =	0.116	ton-m
S =	2.12	m
V 110 =	-0.290	ton
V 200 =	0.070	ton
R 200 =	0.361	ton
M 200 =	-0.116	ton-m
M 300 =	0.033	ton-m
M 205 =	-0.041	ton-m

Cross Simplificado por Simetría

	k =	0.75	k =	1
0	1	0.429	0.571	1
0.116	0.000	0.000	0.000	0.000
	-0.116	-0.058		
0.116	-0.116	0.025	0.033	0.017
		-0.033	0.033	0.017

Barrera (DW)

Momento en el volado:

M barrera = 0.578 ton-m

S = 2.12 m

V 110 = -0.643 ton

V 200 = 0.351 ton

R 200 = 0.994 ton

M 200 = -0.578 ton-m

M 300 = 0.165 ton-m

M 205 = -0.207 ton-m

Cross Simplificado por Simetría

	k = 0.75	k = 1
0	0.429	0.571
0.578	0.000	0.000
	-0.578	-0.289
0.578	-0.578	0.124
	-0.165	0.165
		0.083

Carpeta asfáltica (DW)

Momento en el volado:

M ca = 0.001 ton-m

S = 2.12 m

V 110 = -0.011 ton

V 200 = 0.094 ton

R 200 = 0.105 ton

M 200 = -0.001 ton-m

M 300 = -0.054 ton-m

M 205 = 0.036 ton-m

Cross Simplificado por Simetría

	k = 0.75	k = 1		
0	1	0.429	0.571	1
0.001	-0.042	0.042	-0.042	0.042
	0.042	0.021		
0.001	-0.001	-0.009	-0.012	-0.006
		0.054	-0.054	0.036

Peatonal (PL)

Momento en el volado:

M peat = 0.086 ton-m

S = 2.12 m

V 110 = 1.363 ton

V 200 = 0.052 ton

R 200 = -1.310 ton

M 200 = -0.086 ton-m

M 300 = 0.025 ton-m

M 205 = -0.031 ton-m

Cross Simplificado por Simetría

	k = 0.75	k = 1
0	1	0.571
0.086	0.000	0.000
	-0.086	-0.043
0.086	-0.086	0.019
		-0.025
		0.025
		0.012

Cálculo de fuerzas - carga viva

IM = 33 % AASHTO LRFD Tabla 3.6.2.1-1

Momento positivo interior

P = 7.4 ton

$E = 0.66 + 0.55 S$ Ancho de franja Equivalente

E = 1.83 m AASHTO LRFD Tabla 4.6.2.1.3-1

m = 1.2 Factor de multi presencia AASHTO LRFD Tabla 2.4.3.2.2.6-1

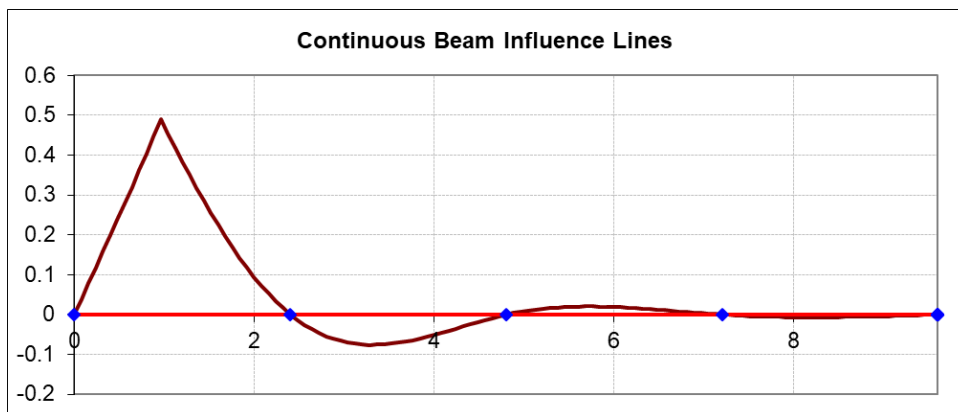


Figura 22. Líneas de influencia de haces continuo.

Fuente: Elaboración propia.

$$L.I. 1 = 0.423$$

$$L.I. 2 = -0.083$$

$$\Sigma L.I. = 0.340$$

$$M = -\frac{m * P * \Sigma L.I.}{E}$$

$$M_{205} = 1.65 \text{ ton-m}$$

$$M_{LL+IM} = 2.20 \text{ ton-m}$$

Momento negativo interior

$$P = 7.4 \text{ ton}$$

$$E = 1.22 + 0.25 S \text{ Ancho de franja Equivalente}$$

$$E = 1.75 \text{ m AASHTO LRFD Tabla 4.6.2.1.3-1}$$

$$m = 1.2 \text{ Factor de multi presencia}$$

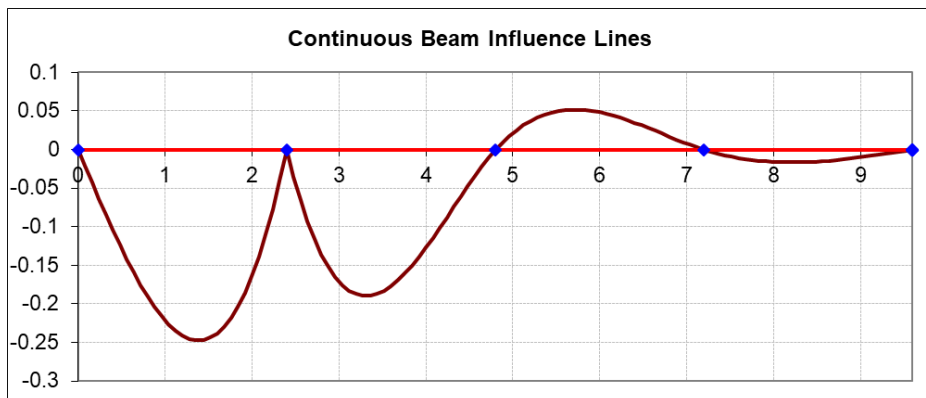


Figura 23. Líneas de influencia de haces continuo en Momentos.

Fuente: Elaboración propia.

$$L.I. 1 = -0.218$$

$$L.I. 2 = -0.163$$

$$\Sigma L.I. = -0.381$$

$$M = -\frac{m * P * \Sigma L.I.}{E}$$

$$M_{300} = -1.94 \text{ ton-m}$$

$$M_{LL+IM} = -2.57 \text{ ton-m}$$

Momento negativo en el volado

$$P = 7.4 \text{ ton}$$

$$M = -\frac{mPX}{E}$$

$$X = -0.200 \text{ m}$$

$$E = 1.14 + 0.833X \quad \text{AASHTO LRFD Tabla 4.6.2.1.3-1}$$

$$E = 0.97 \text{ m}$$

$$m = 1.2 \quad \text{Factor de multi presencia}$$

$$M_{200} = 0.00 \text{ ton-m}$$

$$M_{LL+IM} = 0.00 \text{ ton-m}$$

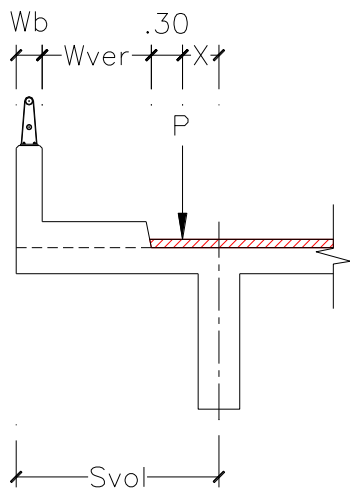


Figura 34. Carga Puntual en Dirección Transversal (3.6.1.3.1 AASHTO)

Fuente: Elaboración propia.

Combinaciones de carga aplicables

AASHTO LRFD Tabla 3.4.1-1 y 3.4.1-2

Estado Limite	DC	DW	LL + IM	PL
Resistencia IA	1.25	1.50	1.75	1.75
Resistencia IB	1.25	1.50	1.75	
Resistencia IC	1.25	0.65	1.75	
Servicio I	1.00	1.00	1.00	1.00

Momento negativo en el volado M200

	DC	DW	LL+IM	PL	Mu
	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m
	-0.30	-0.70	0.00	-0.09	
Resistencia IA	-0.38	-1.04	0.00	-0.15	-1.57
Resistencia IB	-0.38	-1.04	0.00	0.00	-1.42
Resistencia IC	-0.38	-0.45	0.00	0.00	-0.83
Servicio I	-0.30	-0.70	0.00	-0.09	-1.08

Momento positivo M205

	DC	DW	LL+IM	PL	Mu
	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m
	0.05	-0.21	2.20	-0.03	2.01
Resistencia IA	0.07	-0.32	3.85	-0.05	3.54
Resistencia IB	0.07	-0.32	3.85	0.00	3.60
Resistencia IC	0.07	-0.14	3.85	0.00	3.78
Servicio I	0.05	-0.21	2.20	-0.03	2.01

Momento negativo interior M300

	DC	DW	LL+IM	PL	Mu
	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m
	-0.15	0.14	-2.57	0.02	-2.58
Resistencia IA	-0.19	0.22	-4.50	0.04	-4.44
Resistencia IB	-0.19	0.22	-4.50	0.00	-4.48
Resistencia IC	-0.19	0.09	-4.50	0.00	-4.60
Servicio I	-0.15	0.14	-2.57	0.02	-2.58

Diseño por flexión - estado límite de resistencia

Momento positivo M205 (para 1 m de ancho)

$f'c =$	280	kg/cm ²	Resistencia a compresión del concreto
$f_y =$	4,200	kg/cm ²	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo
$b =$	100	cm	
$t =$	20.00	cm	Espesor de losa
$rec =$	3.00	cm	Recubrimiento
$\phi_f =$	0.90		Factor de reducción

$$Mu+ = 3.78 \text{ ton-m}$$

$$f_r = 33 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = 6,667 \text{ cm}^3$$

$$1.2 M_{cr} = 2.67 \text{ ton-m}$$

$$4/3 Mu = 5.04 \text{ ton-m}$$

$$M_{min} = 2.67 \text{ ton-m}$$

M diseño = 3.78 ton-m

barra # 5

Φ barra = 1.59 cm

d = 16.21 cm

Cálculo del acero requerido:

$$\frac{M_u}{\phi} = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

a = 1.13 cm

$$A_s = \frac{0.85 f'_c a b}{f_y}$$

As = 6.39 cm²/m

β₁ = 0.850

c/d = 0.082 c/d < 0.42 OK

Colocamos: # 5 @ 20 cm

As barra = 2.00 cm²

As = 10.00 cm²/m OK

Momento negativo interior M300 (para 1 m de ancho)

f'_c = 280 kg/cm² Resistencia a compresión del concreto

f_y = 4,200 kg/cm² Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

b = 100 cm

t = 20.00 cm Espesor de losa

rec = 4.00 cm Recubrimiento

φ_f = 0.90 Factor de reducción

M_{u+} = 4.60 ton-m

f_r = 33 kg/cm²

S = 6,667 cm³

$$1.2 M_{cr} = 2.67 \quad \text{ton-m}$$

$$4/3 M_u = 6.14 \quad \text{ton-m}$$

$$M_{\min} = 2.67 \quad \text{ton-m}$$

$$M_{\text{diseño}} = 4.60 \quad \text{ton-m}$$

$$\text{barra \#} = 5$$

$$\Phi \text{ barra} = 1.59 \quad \text{cm}$$

$$d = 15.21 \quad \text{cm}$$

Cálculo del acero requerido:

$$\frac{M_u}{\phi} = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = 1.49 \quad \text{cm}$$

$$A_s = \frac{0.85 f'_c a b}{f_y}$$

$$A_s = 8.42 \quad \text{cm}^2/\text{m}$$

$$\beta_1 = 0.850$$

$$c/d = 0.115 \quad c/d < 0.42 \quad \text{OK}$$

$$\text{Colocamos: \#} = 5 \quad @ \quad 20 \quad \text{cm}$$

$$A_s \text{ barra} = 2.00 \quad \text{cm}^2$$

$$A_s = 10.00 \quad \text{cm}^2/\text{m} \quad \text{OK}$$

Momento negativo exterior M200 (para 1 m de ancho)

$$f'_c = 280 \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{Resistencia a compresión del concreto}$$

$$f_y = 4,200 \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo}$$

$$b = 100 \quad \text{cm}$$

$$t = 20.00 \quad \text{cm} \quad \text{Espesor de losa}$$

$$\text{rec} = 4.00 \quad \text{cm} \quad \text{Recubrimiento}$$

$$\phi_f = 0.90 \quad \text{Factor de reducción}$$

$$M_{u+} = 1.57 \text{ ton-m}$$

$$f_r = 33 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = 6,667 \text{ cm}^3$$

$$1.2 M_{cr} = 2.67 \text{ ton-m}$$

$$4/3 M_u = 2.10 \text{ ton-m}$$

$$M_{\min} = 2.10 \text{ ton-m}$$

$$M_{\text{diseño}} = 2.10 \text{ ton-m}$$

$$\text{barra \#} = 4$$

$$\Phi \text{ barra} = 1.27 \text{ cm}$$

$$d = 15.37 \text{ cm}$$

Cálculo del acero requerido:

$$\frac{M_u}{\phi} = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = 0.65 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{0.85 f'_c a b}{f_y}$$

$$A_s = 3.69 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\beta_1 = 0.850$$

$$c/d = 0.050 \qquad c/d < 0.42 \quad \text{OK}$$

$$\text{Colocamos: \#} \quad 4 \quad @ \quad 20 \quad \text{cm}$$

$$A_s \text{ barra} = 1.29 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 6.45 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{OK}$$

Control de fisuramiento (AASHTO LRFD 5.7.3.4)

Momento positivo

M servicio = 2.01 ton-m Momento de Servicio

b = 100 cm (análisis para 1 m de ancho)

h = 20 cm

d = 16.21 cm

S = 6,667 cm³ $S = \frac{bh^2}{6}$

f'c = 280 kg/cm²

fy = 4,200 kg/cm²

0.8 fr = 27 kg/cm² $f_r = 0.63\sqrt{f'_c}$

Esfuerzo en el concreto

$$f_c = \frac{M_{servicio}}{S}$$

fc = 30 kg/cm² fc > 0.8 fr SECCION FISURADA

$$E_c = 4800\sqrt{f'_c}$$

Ec = 253,992 kg/cm² Módulo de elasticidad del concreto

Es = 2,000,000 kg/cm² Módulo de elasticidad del acero de refuerzo

$$n = 7 \quad n = \frac{E_s}{E_c}$$

As = 10.00 cm²/m Acero dispuesto

nAs = 70.00 cm²/m Área de acero transformada a concreto

Ubicación del eje neutro

$$\frac{bx^2}{2} = nA_s(d - x)$$

x = 4.11 cm medido desde la fibra extrema en compresión

$$I_{cr} = \frac{bx^3}{3} + nA_s(d - x)^2$$

Icr = 12,556 cm⁴/m Momento de inercia de la sección fisurada transformada a concreto

$$0.6 f_y = 2,520 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s = \frac{nM_{servicio}(d-x)}{I_{cr}}$$

$$f_s = 1,355 \text{ kg/cm}^2 \quad f_s < 0.6 f_y \text{ OK}$$

$$d_c = 3.79 \text{ cm}$$

Rec. de concreto medido desde la fibra más tensionada hasta el centro de la capa de refuerzo más cercano.

$$\text{clase exp} = 2 \quad \text{clase de exposición}$$

$$\gamma_e = 0.75 \quad \text{Factor de exposición}$$

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

$$\beta_s = 1.33$$

$$s \leq \frac{700\gamma_e}{\beta_s f_s} - 2d_e \quad (\text{AASHTO LRFD 5.7.3.4-1})$$

$$s_{\text{max}} = 44.0 \text{ cm}$$

$$s = 20 \text{ cm} \quad s < s_{\text{máx.}} \text{ OK}$$

- **Momento negativo**

$$M_{\text{servicio}} = 2.58 \text{ ton-m Momento de Servicio}$$

$$b = 100 \text{ cm} \quad (\text{análisis para 1 m de ancho})$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$d = 15.37 \text{ cm}$$

$$S = 6,667 \text{ cm}^3 \quad S = \frac{bh^2}{6}$$

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

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$0.8 f_r = 27 \text{ kg/cm}^2 \quad f_r = 0.63\sqrt{f'_c}$$

- **Esfuerzo en el concreto**

$$f_c = \frac{M_{servicio}}{S}$$

$$f_c = 39 \text{ kg/cm}^2 \quad f_c > 0.8 f_r \quad \text{SECCION FISURADA}$$

$$E_c = 4800\sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 253,992 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Módulo de elasticidad del concreto}$$

$$E_s = 2,000,000 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Módulo de elasticidad del acero de refuerzo}$$

$$n = 7 \quad n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$A_s = 10.00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{Acero dispuesto}$$

$$nA_s = 70.00 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{Área de acero transformada a concreto}$$

Ubicación del eje neutro

$$\frac{bx^2}{2} = nA_s(d - x)$$

$$x = 3.99 \text{ cm} \quad \text{medido desde la fibra extrema en compresión}$$

$$I_{cr} = \frac{bx^3}{3} + nA_s(d - x)^2$$

$$I_{cr} = 11,175 \text{ cm}^4/\text{m} \quad \text{Momento de inercia de la sección fisurada transformada a concreto}$$

$$0.6 f_y = 2,520 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s = \frac{nM_{servicio}(d - x)}{I_{cr}}$$

$$f_s = 1,841 \text{ kg/cm}^2 \quad f_s < 0.6 f_y \quad \text{OK}$$

$$d_c = 4.64 \text{ cm} \quad \text{Rec. de concreto medido desde la fibra más tensionada hasta el centro de la capa de refuerzo más cercano.}$$

$$\text{clase exp} = 2 \quad \text{clase de exposición}$$

$$y_e = 0.75 \quad \text{Factor de exposición}$$

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

$$\beta_s = 1.43$$

$$s \leq \frac{700\gamma_e}{\beta_s f_s} - 2d_e \quad (\text{AASHTO LRFD 5.7.3.4-1})$$

$$s_{\text{max}} = 26.2 \text{ cm}$$

$$s = 20 \text{ cm} \quad s < s_{\text{máx.}} \text{ OK}$$

Resumen de diseño de armadura

Armadura principal

Refuerzo positivo M205 (inferior)

	Mu	As req.	Estado Limite	Armadura	As provisto
Estado Límite	ton-m	cm ² /m	de diseño	dispuesta	cm ² /m
Resistencia I	3.78	6.39	GOBIERNA	φ 5/8" @ 20 cm	10.00

Refuerzo negativo interior M300 (superior)

	Mu	As req.	Estado Limite	Armadura	As provisto
Estado Límite	ton-m	cm ² /m	de diseño	dispuesta	cm ² /m
Resistencia I	4.60	8.42	GOBIERNA	φ 5/8" @ 20 cm	10.00

Refuerzo negativo exterior M200 (superior)

	Mu	As req.	Estado Limite	Armadura	As provisto
Estado Límite	ton-m	cm ² /m	de diseño	dispuesta	cm ² /m
Resistencia I	1.57	3.69	GOBIERNA	φ 1/2" @ 20 cm	6.45

Armadura secundaria

Acero de distribución (inferior)

$$\%As_{dist} = \frac{3840}{\sqrt{S}} \leq 67\% \quad (\text{AASHTO LRFD 9.7.3.2})$$

$$\%As_{dist} = 67 \quad \%$$

$$As_{dist} = 4.28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Colocamos: } \# \quad 4 \quad @ \quad 20 \quad \text{cm}$$

$$As_{barra} = 1.29 \text{ cm}^2$$

$$As = 6.45 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{OK}$$

Acero de temperatura y contracción (superior) (AASHTO LRFD 5.10.8)

$$f_y = 60 \text{ ksi}$$

$$b = 504 \text{ in}$$

$$h = 8 \text{ in}$$

$$As \geq \frac{1.30bh}{2(b+h)f_y} \quad (\text{AASHTO LRFD 5.10.8.1})$$

$$As_{temp} = 0.08 \text{ in}^2/\text{ft}$$

$$As_{temp} = 1.78 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{en cada cara y en cada dirección}$$

El área de acero de temperatura debe cumplir:

$$2.33 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \leq As \leq 12.7 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \quad (\text{AASHTO LRFD 5.10.8.2})$$

$$As_{temp} = 2.33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$s_{\text{máx.}} = 45 \text{ cm}$$

$$\text{Colocamos: } \# \quad 4 \quad @ \quad 20 \quad \text{cm} \quad s < s_{\text{máx.}} \quad \text{OK}$$

$$As_{barra} = 1.29 \text{ cm}^2$$

$$As = 6.45 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{OK}$$

4.1.4 Diseño de vigas metálicas.

Peralte mínimo de viga metálica

$$D_{s \min} = 0.033L$$

AASHTO LRFD Tabla

2.5.2.6.3-1

$$D_{s \min} = 0.58 \text{ m}$$

Peralte mínimo (incluye losa):

$$h_{\min} = 0.040L$$

AASHTO LRFD Tabla

2.5.2.6.3-1

$$h_{\min} = 0.70 \text{ m}$$

Sección metálica

bfs = 35 cm Ancho del ala superior

tfs = 2.5 cm Espesor del ala superior

bfi = 45 cm Ancho del ala inferior

tfi = 2.5 cm Espesor del ala inferior

tw = 2.00 cm Espesor del alma

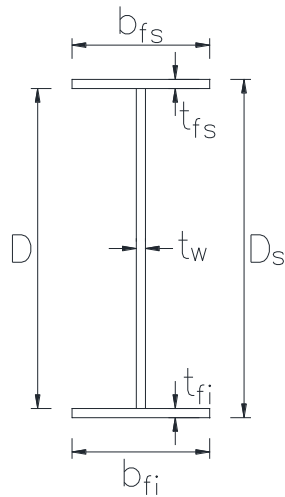
D = 100.0 cm Peralte del alma

Ds = 105.0 cm Peralte total de la viga metálica
min

Ok Ds > Ds

RLw = No incluye rigidizadores longitudinales de alma

RTw = Si incluye rigidizadores transversales de alma



Cálculo de fuerzas - carga viva HL-93

L = 17.5 m Longitud entre ejes de apoyos

L = 17.9 m Longitud de viga

IM = 33 % Factor de impacto Tabla 3.6.2.1-1

• **Camión de Diseño:**

$$M_{camión} = 14.8y_1 + 14.8y_{max} + 3.6y_2$$

P (ton) 14.8 14.8 3.6 Variable de 4.3m @ 8.6m

x (m) 0 4.3 8.6

$$M_{tandem} = 11.34y_{max} + 11.34y_2$$

• **Tándem:**

P (ton) 11.34 11.34

x (m) 0 1.2

Carga distribuida de Carril:

ω carril= 0.952 ton/m

$$M_{carril} = \omega_{carril} Area_{LI}$$

Momento

$$M_{LL+IM} = \max(M_{camion}, M_{tandem})(1.33) + M_{carril}$$

x	Localización	y1	Y máx.	y2	y3	M camión	y1	y2	M tándem	M carril	M LL + IM
m	$\xi = x/L + 0.5$	m	m	m	m	ton-m	m	m	ton-m	ton-m	ton-m
-8.75	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0	0
-8.00	0.04	0.0	0.7	0.5	0.3	20	0.7	0.7	16	6	32
-6.00	0.16	0.0	2.3	1.6	1.0	62	2.3	2.1	50	19	102
-4.00	0.27	0.3	3.5	2.3	1.1	89	3.5	3.1	75	29	147
-2.00	0.39	1.5	4.1	2.5	0.8	101	4.1	3.7	89	35	169
0.00	0.50	2.2	4.4	2.2	0.1	106	4.4	3.8	92	36	177
2.00	0.61	2.5	4.1	1.5	0.0	104	4.1	3.4	86	35	172
4.00	0.73	2.3	3.5	0.3	0.0	86	3.5	2.6	69	29	144
6.00	0.84	1.6	2.3	0.0	0.0	59	2.3	1.3	41	19	97
8.00	0.96	0.5	0.7	0.0	0.0	19	0.7	-0.4	3	6	31
8.75	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0	0

Cortante

x	Localización	Y máx.	y1	y2	V camión	y1	y2	V tándem	V carril	V LL + IM
m	$\xi = x/L + 0.5$				ton			ton	ton	ton
-8.75	0.01	0.99	0.74	0.50	27	0.99	0.92	22	8	45
-8.00	0.05	0.95	0.70	0.46	26	0.95	0.88	21	7	42
-6.00	0.16	0.84	0.59	0.34	22	0.84	0.77	18	6	35
-4.00	0.28	0.72	0.48	0.23	19	0.72	0.65	16	4	29
-2.00	0.39	0.61	0.37	0.12	15	0.61	0.54	13	3	23
0.00	0.50	0.50	0.25	0.01	11	0.50	0.43	11	2	17
2.00	0.61	0.39	0.14	0.00	8	0.39	0.32	8	1	23
4.00	0.72	0.28	0.03	0.00	5	0.28	0.21	5	1	29
6.00	0.84	0.16	0.00	0.00	2	0.16	0.10	3	0	35
8.00	0.95	0.05	0.00	0.00	1	0.05	-0.02	0	0	42
8.75	0.99	0.16	0.00	0.00	2	0.16	0.10	3	0	45

Factores de distribución para carga viva

Momento - viga interior (AASHTO LRFD tabla 4.6.2.2b-1)

$$L = 17.50 \quad \text{m}$$

$$S = 2.12 \quad \text{m}$$

$$E_c = 4800\sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 253,992 \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{Módulo de elasticidad del concreto}$$

$$E_s = 2,030,000 \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{Módulo de elasticidad del acero estructural}$$

$$n = 7.00 \quad n = \frac{E_B}{E_D}$$

$$A = 400 \quad \text{cm}^2$$

$$I = 687,979 \quad \text{cm}^4$$

$$t_s = 20 \quad \text{cm}$$

$$t_{\text{haunch}} = 5 \quad \text{cm} \quad \text{Espesor de haunch}$$

$$e_g = 67.50 \quad \text{cm}$$

$$K_g = 17,573,355 \quad \text{cm}^4 \quad K_g = n(I + Ae_g^2)$$

$$K_g/Lt_s^3 = 1.26$$

- **Un carril de diseño cargado**

$$mgM_{SI} = 0.06 + \left(\frac{S}{4.3}\right)^{0.4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.3} \left(\frac{K_g}{Lts^3}\right)^{0.1}$$

$$mgM_{SI} = 0.469 \quad \text{El factor de multi presencia ya está incluido AASHTO}$$

LFRD 4.6.2.2.1

- **Dos o más carriles cargados**

$$mgM_{MI} = 0.075 + \left(\frac{S}{2.9}\right)^{0.6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2} \left(\frac{K_g}{Lts^3}\right)^{0.1}$$

$$mgM_{MI} = 0.631 \quad \text{GOBIERNA}$$

El factor de multi presencia ya está incluido (AASHTO LFRD 4.6.2.2.1)

Momento - viga exterior (AASHTO LRFD tabla 4.6.2.2.2d-1)

- Un carril cargado

$$S \text{ volado} = 1.10 \text{ m}$$

$$W_b = 0.40 \text{ m} \quad \text{Ancho de barrera}$$

$$d_1 = S + S_{vol} - (W_b + W_{ver} + 0.60 + 1.80)$$

$$d_1 = -0.18 \text{ m}$$

- Tomando momentos respecto a la viga interior

$$R(S) = \frac{P}{2}(1.80 + d_1) + \frac{P}{2}(d_1)$$

$$R = \left(\frac{1.80 + 2d_1}{2S} \right) P$$

$$g_{MSE} = \frac{1.80 + 2d_1}{2S}$$

$$gMSE = 0.340 \quad \text{Ley de Momentos}$$

$$m = 1.20 \quad \text{Factor de multi presencia para un carril}$$

$$mgMSE = 0.408$$

- Dos o más carriles cargados

$$de = 0.10 \text{ m} \quad \text{Distancia horizontal entre eje de viga exterior y cara interior de barrera}$$

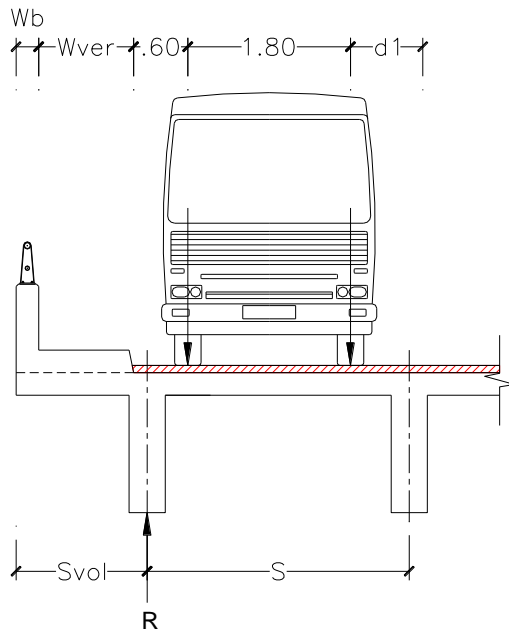
$$de = 0.10 \text{ m} \quad \text{Rango de aplicabilidad: } -0.30\text{m} < de < 1.70\text{m}$$

$$e = 0.77 + \frac{de}{2.8}$$

$$e = 0.806$$

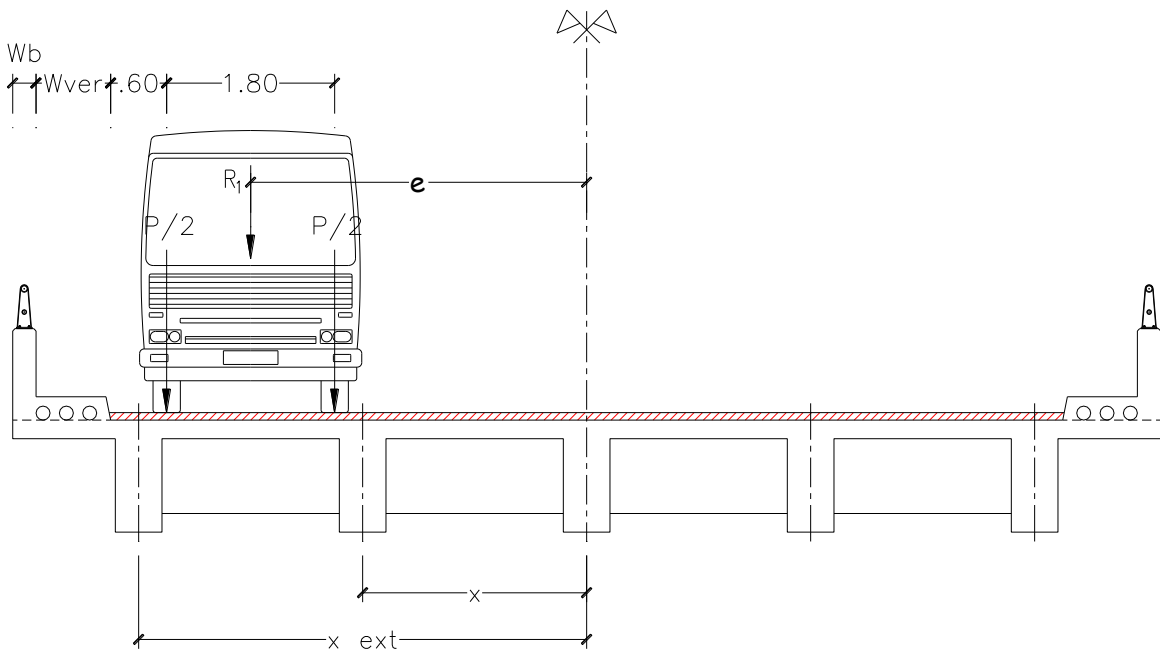
$$mgMME = e * mgMMI$$

$$mgMME = 0.508 \quad \text{El factor de multi presencia ya está incluido (AASHTO LFRD 4.6.2.2.1)}$$



Momento - viga exterior con diafragma (AASHTO LRFD C4.6.2.2d-1)

- Un carril cargado



NL = 1.00 Número de carriles cargados

Nb = 6.00 Número de vigas

$x_{ext.} =$	5.30 m	Dist. horizontal desde centro de gravedad del conjunto de vigas hasta viga exterior
$e =$	3.90 m	Excent. camión de diseño respecto del centro de gravedad del conjunto de vigas
$x_1 =$	5.30 m	Dist. horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga 1
$x_2 =$	3.18 m	Dist. horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga 2
$x_3 =$	1.06 m	Dist. horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga 3
$x_4 =$	3.18 m	Dist. horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga 4
$x_5 =$	5.30 m	Dist. horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga 5

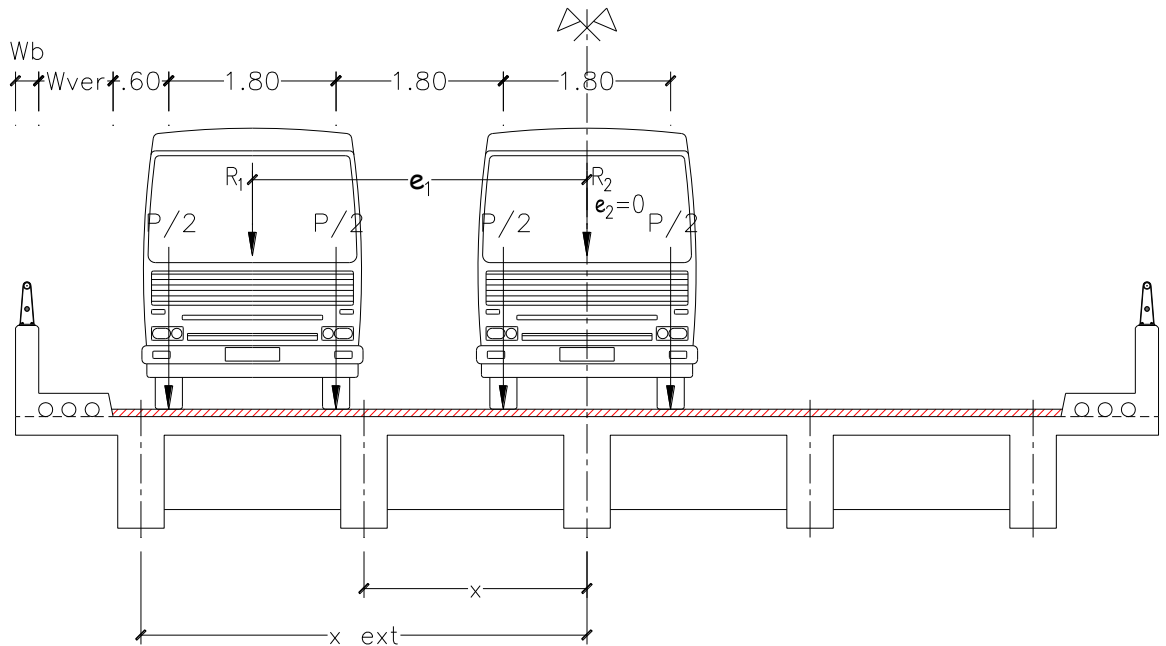
$$R = \frac{N_L}{N_b} + \frac{x_{ext} \Sigma e}{\Sigma x^2}$$

$R =$	$\frac{0.433}{2786}$	Reacción sobre la viga exterior en términos de carril
-------	----------------------	---

$m =$	1.20	Factor de multi presencia para un carril
-------	------	--

$g =$	$\frac{0.52}{0}$	Factor de distribución para un carril cargado
-------	------------------	---

- Dos carriles cargados



NL =	2.00	Número de carriles cargados
Nb =	6.00	Número de vigas
x ext. =	5.30	Dist. horizontal desde centro de gravedad del conjunto de vigas hasta viga exterior
e1 =	3.90	Excent. 1er camión de diseño respecto centro de gravedad del conjunto de vigas
e2 =	0.30	Excent. 2do camión de diseño respecto centro de gravedad del conjunto de vigas
x1 =	5.30	Dist. horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga 1
x2 =	3.18	Dist. horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga 2
x3 =	1.06	Dist. horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga 3

$x_4 = 3.18$ n Dist. horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga 4

$x_5 = 5.30$ n Dist. horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga 5

$$R = \frac{N_L}{N_b} + \frac{x_{ext} \Sigma e}{\Sigma x^2}$$

$R = 0.620$ Reacción sobre la viga exterior en términos de carril

$m = 1.00$ Factor de multi presencia para un carril

$g = \frac{0.62}{0}$ Factor de distribución para un carril cargado **GOBIERNA**

Cortante - viga interior (AASHTO LRFD tabla 4.6.2.2.3a-1)

- Un carril cargado

$$mgV SI = 0.36$$

$$+ \frac{S}{7.6}$$

$$mgV SI = 0.639$$

- Dos o más carriles cargados

$$mgV MI = 0.2 + \frac{S}{3.6} - \left(\frac{S}{10.7} \right)^{2.0}$$

$$mgV MI = 0.750 \quad \text{GOBIERNA}$$

Cortante - viga exterior (AASHTO LRFD tabla 4.6.2.2.3b-1)

- Un carril cargado

$$gM SE = 0.340 \quad \text{Ley de Momentos}$$

$$mgV SE = 0.408$$

- Dos o más carriles cargados

$$e = 0.6 + \frac{de}{3}$$

$$e = 0.633$$

$$mgV ME = 0.475 \quad \text{GOBIERNA}$$

Resumen de factores de distribución - carga viva

	INTERIOR	EXTERIOR
MOMENTO	0.631	0.620
CORTANTE	0.750	0.475

Cálculo de fuerzas - carga permanente

$\gamma_c =$	2.50	ton/m ³	Peso específico del Concreto
$\gamma_s =$	7.85	ton/m ³	Peso específico del acero estructural
$\gamma_a =$	2.25	ton/m ³	Peso específico del Asfalto
$A =$	0.040	m ²	Área de la sección de la viga metálica
$L =$	17.50	m	Longitud entre ejes de apoyos
$S =$	2.12	m	Espaciamiento entre ejes de vigas
$h_{ver} =$	0.25	m	Espesor de la vereda
$h_{e ver}$			
$=$	0.19	m	Espesor efectivo de la vereda
$t_s =$	0.20	m	Espesor estructural de la losa
$L =$	17.90	m	Longitud de viga

- ANCHO DE ALA EFECTIVO (AASHTO LRFD 4.6.2.6.1)

$$b_i = 2.12 \text{ m} \quad \text{Ancho de ala efectivo para viga interior}$$

$$b_e = 2.16 \text{ m} \quad \text{Ancho de ala efectivo para viga exterior}$$

Viga interior

ω viga =	0.314	ton/m	Viga
ω losa =	1.060	ton/m	Losa
ω haunch			
=	0.044	ton/m	haunch
ω asfalto =	0.239	ton/m	Asfalto
ω DC1 =	0.314	ton/m	pp viga
ω DC2 =	1.104	ton/m	pp losa + haunch
W DC3 =	0.00	ton	pp diafragmas intermedios
ω DW =	0.239	ton/m	asfalto

Momento

x	Localización	DC1	DC2	DC3	DC	DW	PL	LL+IM
m	$\xi = x/L$	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m
-8.75	0.00	0	0	0	0	0	0	0
-8.00	0.04	2	7	0	9	2	0	20
-6.00	0.16	6	22	0	29	5	0	64
-4.00	0.27	10	33	0	43	7	0	93
-2.00	0.39	11	40	0	51	9	0	107
0.00	0.50	12	42	0	54	9	0	112
2.00	0.61	11	40	0	51	9	0	109
4.00	0.73	10	33	0	43	7	0	91
6.00	0.84	6	22	0	29	5	0	61
8.00	0.96	2	7	0	9	2	0	19
8.75	1.00	0	0	0	0	0	0	0

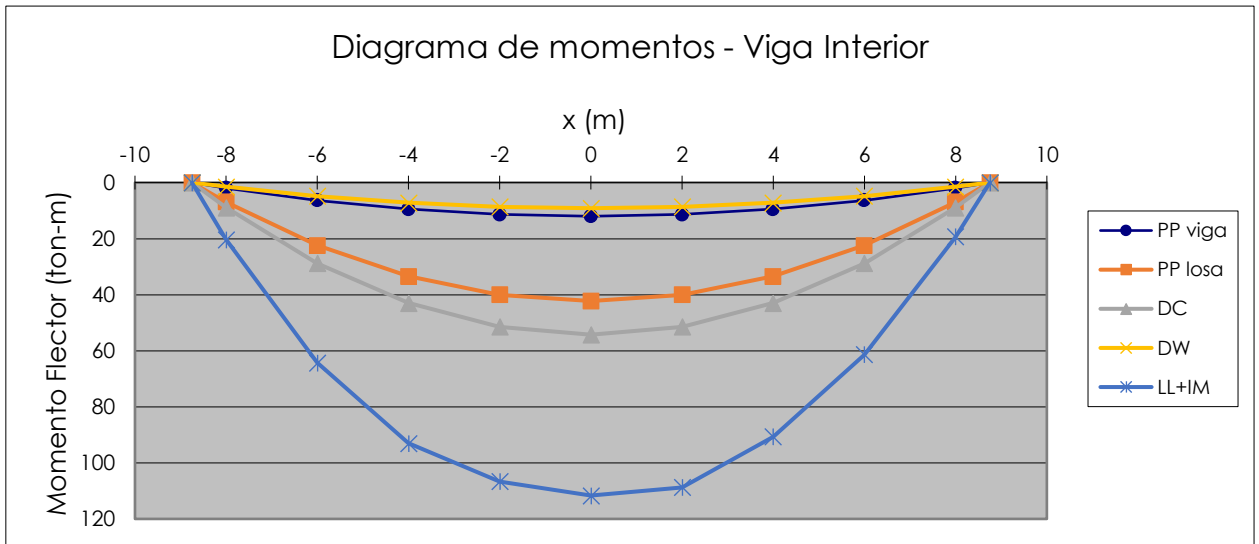


Figura 24. Diagrama de momentos – Viga

Fuente: Propia

Cortante

x	Localización	DC1	DC2	DC3	DC	DW	PL	LL+IM
m	$\xi = x/L$	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton
-8.75	0.00	3	10	0.0	12	2	0	33
-8.00	0.04	3	9	0.0	11	2	0	32
-6.00	0.16	2	7	0.0	9	1	0	27
-4.00	0.27	1	4	0.0	6	1	0	22
-2.00	0.39	1	2	0.0	3	0	0	17
0.00	0.50	0	0	0.0	0	0	0	13
2.00	0.61	-1	-2	0.0	-3	0	0	-17
4.00	0.73	-1	-4	0.0	-6	-1	0	-22
6.00	0.84	-2	-7	0.0	-9	-1	0	-27
8.00	0.96	-3	-9	0.0	-11	-2	0	-32
8.75	1.00	-3	-10	0.0	-12	-2	0	-33

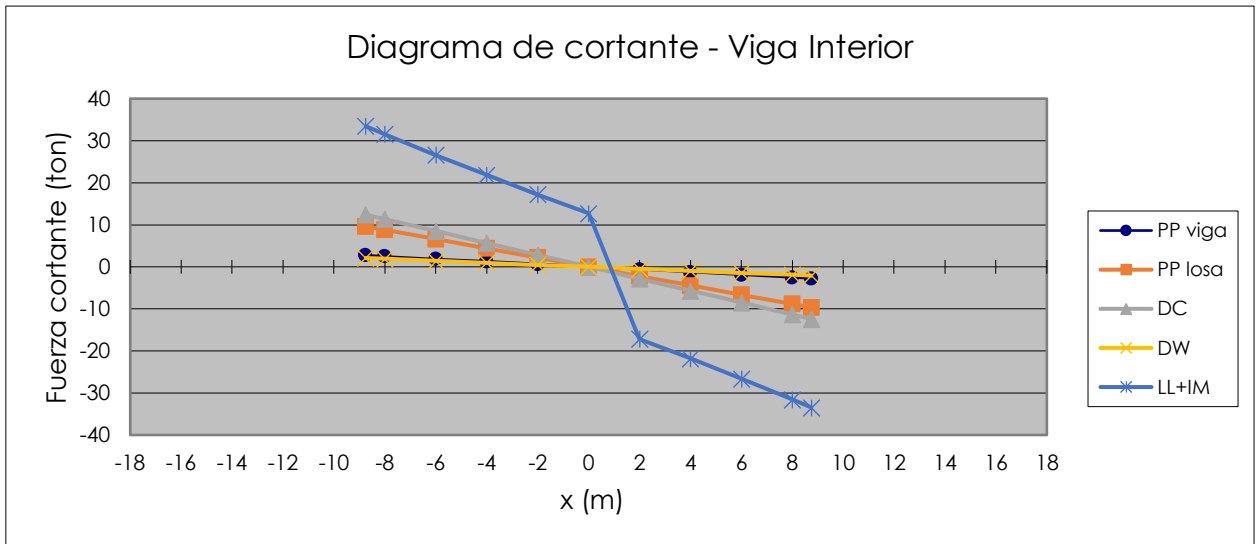


Figura 25. Diagrama de Cortante – Viga

Fuente: Propia.

Viga exterior

ω viga =	0.314	ton/m	Viga
ω losa vol =	0.550	ton/m	Losa de volado
ω losa int =	0.530	ton/m	Losa interior tributaria
ω haunch =	0.044	ton/m	haunch
ω vereda =	0.290	ton/m	Vereda
ω barrera =	0.66	ton/m	Barrera
ω asfalto =	0.131	ton/m	Asfalto
ω peatonal =	0.360	ton/m ²	Carga viva peatonal
ω DC1 =	0.314	ton/m	pp viga
ω DC2 =	1.124	ton/m	pp losa + haunch
W DC3 =	0.00	ton	pp del diafragma interior
ω DW =	1.081	ton/m	asfalto + vereda + baranda
ω PL =	0.216	ton/m	Carga viva peatonal

MOMENTO

x	Localización	DC1	DC2	DC3	DC	DW	PL	LL+IM
m	$\xi = x/L$	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m	ton-m
-8.75	0.00	0	0	0.0	0	0	0	0
-8.00	0.04	2	7	0.0	9	7	1	20
-6.00	0.16	6	23	0.0	29	22	4	63
-4.00	0.27	10	34	0.0	44	33	7	92
-2.00	0.39	11	41	0.0	52	39	8	105
0.00	0.50	12	43	0.0	55	41	8	110
2.00	0.61	11	41	0.0	52	39	8	107
4.00	0.73	10	34	0.0	44	33	7	89
6.00	0.84	6	23	0	29	22	4	60
8.00	0.96	2	7	0.0	9	7	1	19
8.75	1.00	0	0	0.0	0	0	0	0

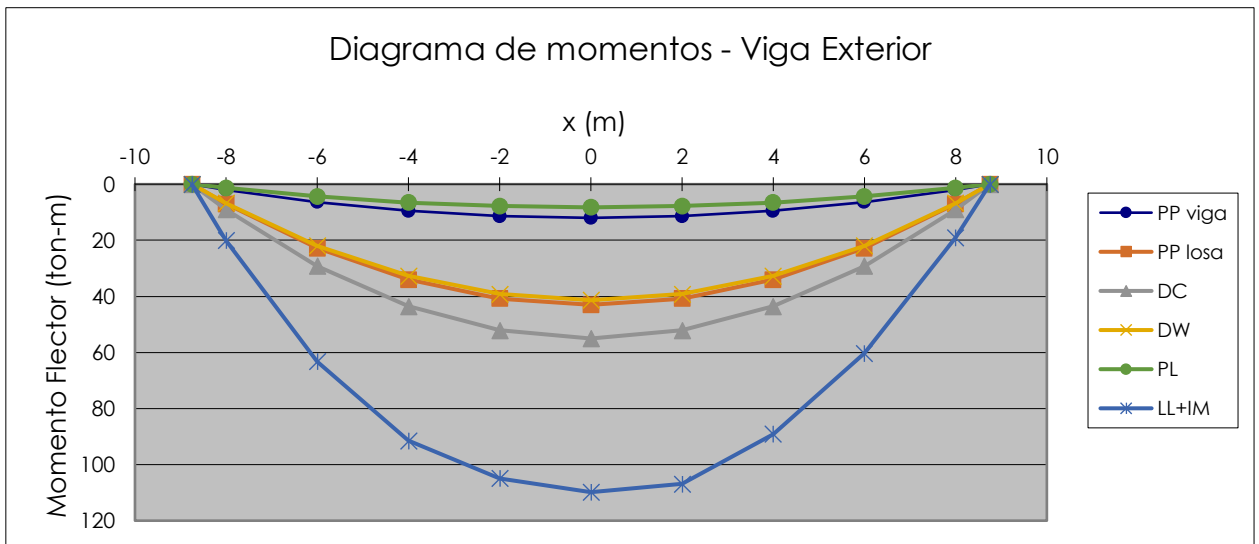


Figura 26. Diagrama de Momentos – Viga

Fuente: Propia

CORTANTE

x	Localización	DC1	DC2	DC3	DC	DW	PL	LL+IM
m	$\xi = x/L$	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton
-8.75	0.00	3	10	0.0	13	9	2	21
-8.00	0.04	3	9	0.0	12	9	2	20
-6.00	0.16	2	7	0.0	9	6	1	17
-4.00	0.27	1	4	0.0	6	4	1	14
-2.00	0.39	1	2	0.0	3	2	0	11
0.00	0.50	0	0	0.0	0	0	0	8
2.00	0.61	-1	-2	0.0	-3	-2	0	-11
4.00	0.73	-1	-4	0.0	-6	-4	-1	-14
6.00	0.84	-2	-7	0.0	-9	-6	-1	-17
8.00	0.96	-3	-9	0.0	-12	-9	-2	-20
8.75	1.00	-3	-10	0.0	-13	-9	-2	-21

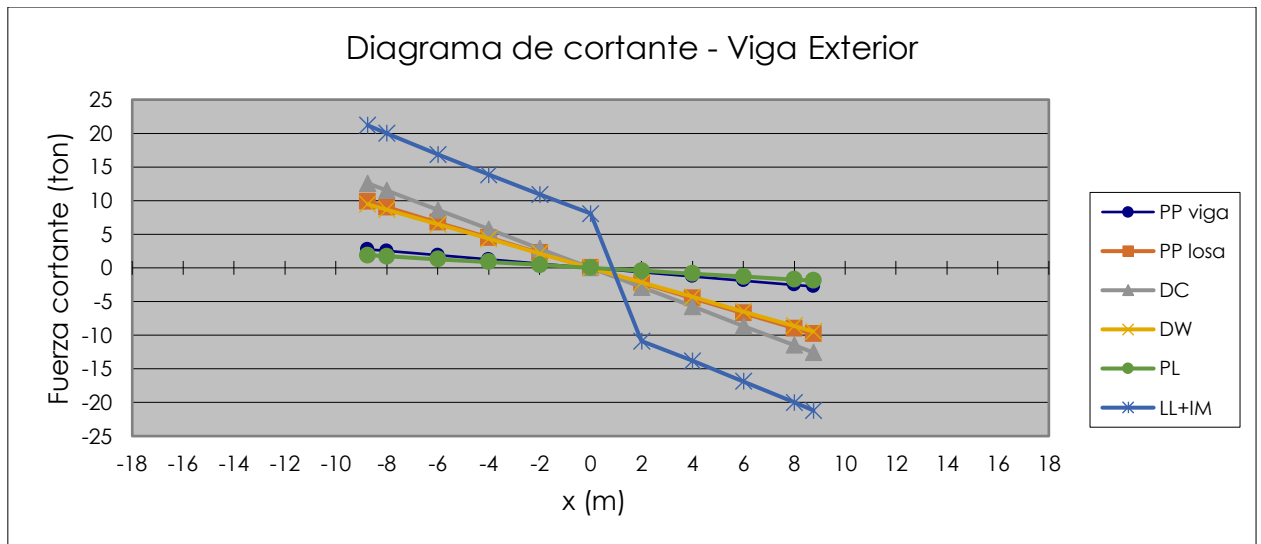


Figura 27. Diagrama de cortante – Viga.

Fuente: Propia.

Combinaciones de carga aplicables (AASHTO LRFD Tabla 3.4.1-1 y 3.4.1-2)

Estado Limite	DC	DW	LL + IM	PL
Resistencia I	1.25	1.50	1.75	1.75
Servicio II	1.00	1.00	1.30	1.30
Fatiga I	0.00	0.00	1.50	1.50
Construcción	1.25	0.00	0.00	0.00

Momento Viga Interior

x m	Localización $\xi = x/L + 0.5$	Momento último en Estado Limite							
		DC ton-m	DW ton-m	LL+IM ton-m	PL ton-m	Servicio II ton-m	Resistencia I ton-m	Fatiga I ton-m	Construcción ton-m
-8.75	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
-8.00	0.04	9	2	20	0	37	49	31	11
-6.00	0.16	29	5	64	0	117	156	96	36
-4.00	0.27	43	7	93	0	171	227	140	54
-2.00	0.39	51	9	107	0	199	264	160	64
0.00	0.50	54	9	112	0	209	277	167	68
2.00	0.61	51	9	109	0	201	268	163	64
4.00	0.73	43	7	91	0	168	223	136	54
6.00	0.84	29	5	61	0	113	151	92	36
8.00	0.96	9	2	19	0	36	47	29	11
8.75	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0

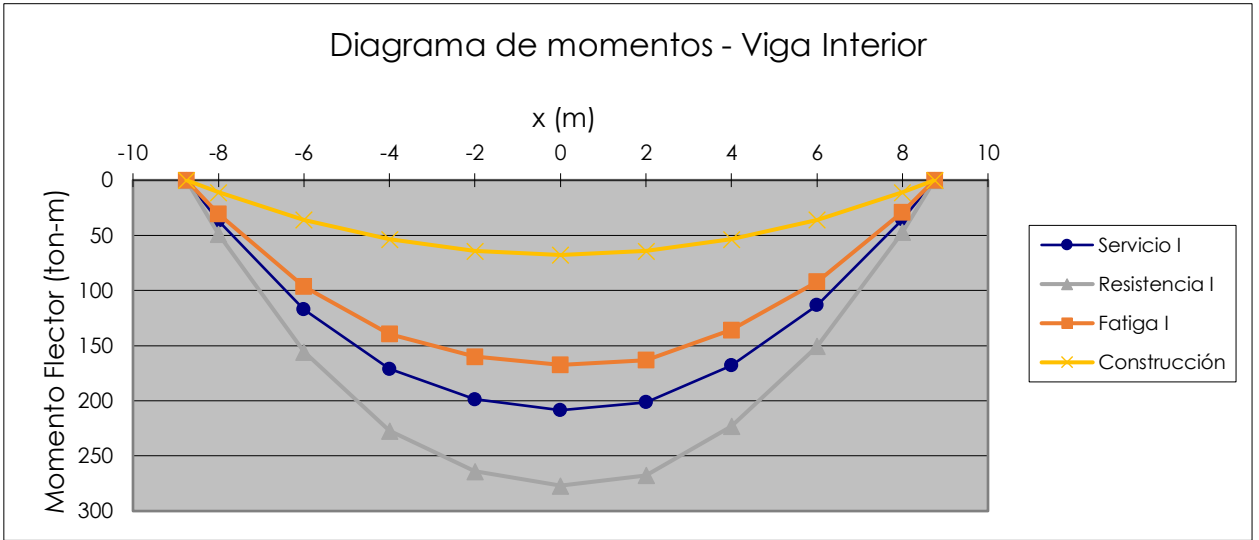


Figura 28. Diagrama de momentos – Viga.

Fuente: Propia.

5.2 Cortante Viga Interior

x	Localización	Cortante último en Estado Limite							
		DC	DW	LL+IM	PL	Servicio II	Resistencia I	Fatiga I	Construcción
m	$\xi = x/L + 0.5$	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton-m
-8.75	0.00	12	2	33	0	58	77	50	16
-8.00	0.04	11	2	32	0	54	72	47	14
-6.00	0.16	9	1	27	0	45	59	40	11
-4.00	0.27	6	1	22	0	35	47	33	7
-2.00	0.39	3	0	17	0	26	34	26	4
0.00	0.50	0	0	13	0	17	22	19	0
2.00	0.61	-3	0	-17	0	-26	-34	-26	-4
4.00	0.73	-6	-1	-22	0	-35	-47	-33	-7
6.00	0.84	-9	-1	-27	0	-45	-59	-40	-11
8.00	0.96	-11	-2	-32	0	-54	-72	-47	-14
8.75	1.00	-12	-2	-33	0	-58	-77	-50	-16

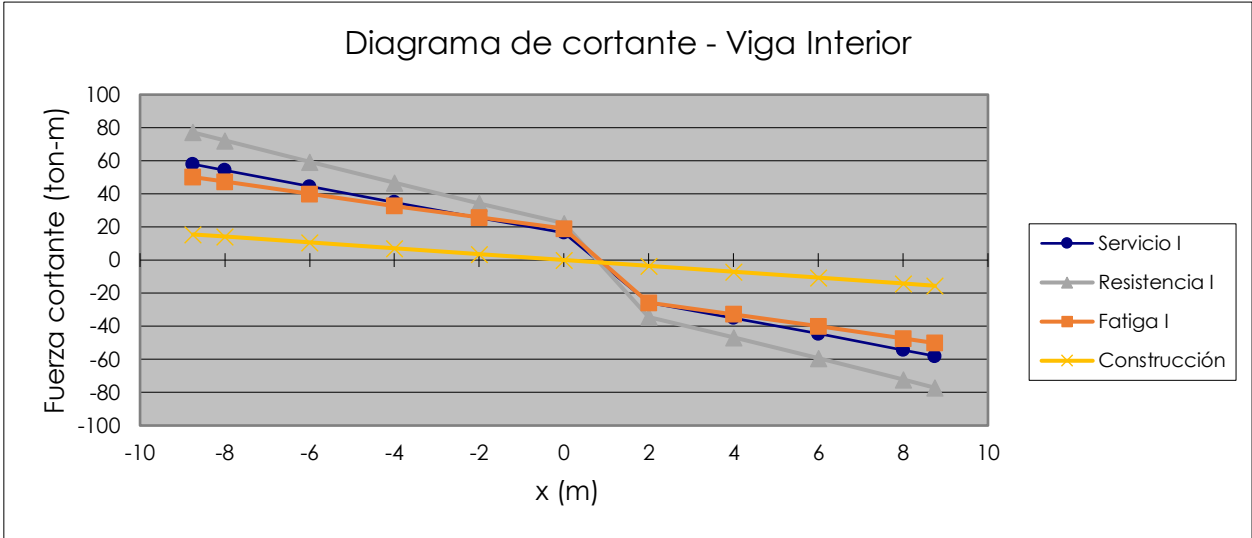


Figura 29. Diagrama de Cortante - Viga.

Fuente: Propia.

Momento Viga Exterior

x m	Localización $\xi = x/L + 0.5$	Momento último en Estado Limite							
		DC ton-m	DW ton-m	LL+IM ton-m	PL ton-m	Servicio II ton-m	Resistencia I ton-m	Fatiga I ton-m	Construcción ton-m
-8.75	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
-8.00	0.04	9	7	20	1	44	59	32	11
-6.00	0.16	29	22	63	4	139	188	101	36
-4.00	0.27	44	33	92	7	204	275	147	54
-2.00	0.39	52	39	105	8	238	321	169	65
0.00	0.50	55	41	110	8	250	338	177	69
2.00	0.61	52	39	107	8	241	325	172	65
4.00	0.73	44	33	89	7	201	271	144	54
6.00	0.84	29	22	60	4	135	183	97	36
8.00	0.96	9	7	19	1	42	57	31	11
8.75	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0

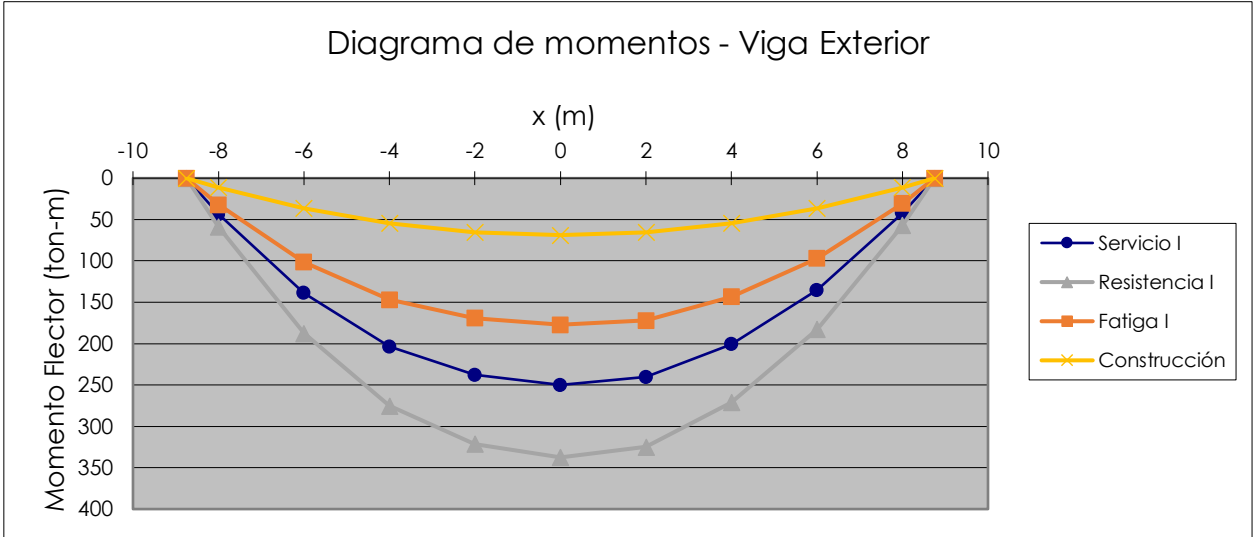


Figura 30. Diagrama de momentos - Viga.

Fuente: Propia.

Cortante Viga Exterior

x m	Localización $\xi = x/L + 0.5$	DC ton	DW ton	LL+IM ton	PL ton	Cortante último en Estado Limite			
						Servicio II ton	Resistencia I ton	Fatiga I ton	Construcción ton-m
-8.75	0.00	13	9	21	2	52	70	35	16
-8.00	0.04	12	9	20	2	48	65	33	14
-6.00	0.16	9	6	17	1	39	52	27	11
-4.00	0.27	6	4	14	1	29	39	22	7
-2.00	0.39	3	2	11	0	20	27	17	4
0.00	0.50	0	0	8	0	10	14	12	0
2.00	0.61	-3	-2	-11	0	-20	-27	-17	-4
4.00	0.73	-6	-4	-14	-1	-29	-39	-22	-7
6.00	0.84	-9	-6	-17	-1	-39	-52	-27	-11
8.00	0.96	-12	-9	-20	-2	-48	-65	-33	-14
8.75	1.00	-13	-9	-21	-2	-52	-70	-35	-16

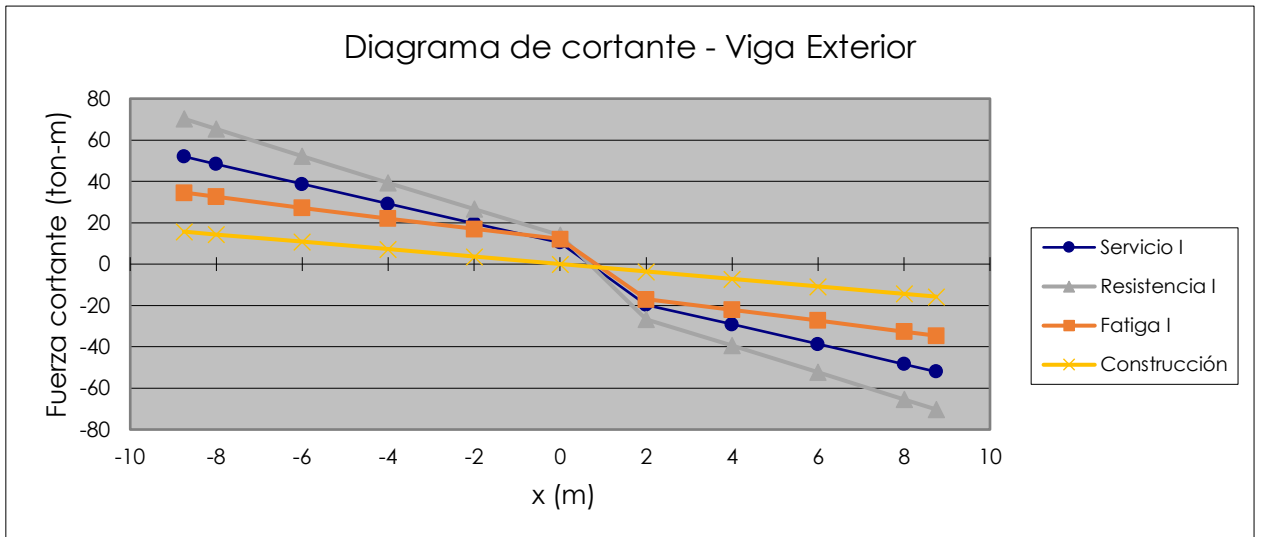


Figura 31. Diagrama de cortante.

Fuente: Propia.

Sección compuesta – diseño viga interior

$b_s = 212.0$ cm Ancho efectivo de la losa de concreto

$t_s = 20.0$ cm Espesor de la losa de concreto

$t_h = 5.0$ cm Espesor de haunch

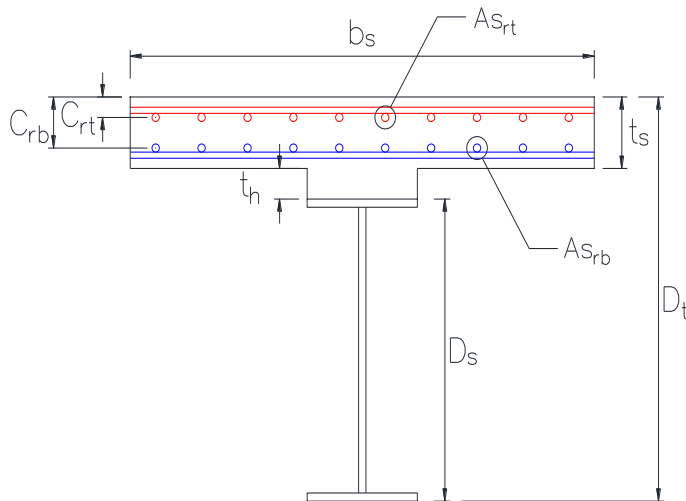
$D_t = 130.0$ cm Altura total de la sección compuesta Ok $D_t > h$ min

$A_{s\ rt} = 13.7$ cm² Acero de refuerzo en capa superior de la losa

$C_{rt} = 6.3$ cm Distancia desde la cara superior de la losa al centroide del refuerzo superior

$A_{s\ rb} = 13.7$ cm² Acero de refuerzo en capa inferior de la losa

$C_{rb} = 14.8$ cm Distancia desde la cara superior de la losa al centroide del refuerzo inferior



Materiales

$E =$	29,000	ksi	Módulo de elasticidad del acero estructural
$F_y =$	50	ksi	Esfuerzo de fluencia del acero estructural
$f'_c =$	280	kg/cm ²	Resistencia a la compresión del concreto de losa
$f_y =$	4,200	kg/cm ²	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

Cargas actuantes

Sección compuesta

$M_{u+} =$	277	ton-m	Momento último actuante positivo
$V_u =$	77	ton	Cortante último

Sección no compuesta

$M_{u+} =$	68	ton-m	Momento último actuante positivo
$V_u =$	16	ton	Cortante último

Verificación de criterios geométricos (AASHTO LRFD 6.10.2)

$D/tw = 50.00$ Ok $D/tw < 150$ (AASHTO LRFD 6.10.2.1.3-1)
 $bfs/2tfs = 7.00$ Ok $bfs/2tfs < 12$ (AASHTO LRFD 6.10.2.2-1)
 $D/bfs = 2.9$ Ok $D/bfs < 6$ (AASHTO LRFD 6.10.2.2-2)
 $tfs/tw = 1.3$ Ok $tfs/tw > 1.1$ (AASHTO LRFD 6.10.2.2-3)
 $I_{yc} = 8,932 \text{ cm}^4$
 $I_{yt} = 18,984 \text{ cm}^4$
 $I_{yc} / I_{yt} = 0.5$ Ok $0.1 < I_{yc} / I_{yt} < 10$ (AASHTO LRFD 6.10.2.2-4)

Cálculo de propiedades geométricas de la sección no compuesta - SNC

Región	Área cm ²	y cm	A*y cm ³	I cm ⁴	d cm	A*d ² cm ⁴	I+A*d ² cm ⁴
(1) Ala sup.	88	103.75	9,078	46	54.45	259,450	259,496
(2) Ala inf.	113	1.25	141	59	48.05	259,706	259,765
(3) Alma	200	52.50	10,500	166,667	3.20	2,052	168,719
ΣA =	400	ΣA*y =	19,719			Σ(I+A*d²) =	687,979

$A_g = 400 \text{ cm}^2$ Área bruta de la sección
 $y_{g_bot} = 49.30 \text{ cm}$ Distancia del centroide a la base
 $y_{g_top} = 55.70 \text{ cm}$ Distancia del centroide al tope
 $687,97$
 $I_x = 9 \text{ cm}^4$ Inercia de la sección alrededor del eje X
 $S_{x_bot} = 13,956 \text{ cm}^3$ Módulo elástico de la sección alrededor del eje X en fibra inferior
 $S_{x_top} = 12,351 \text{ cm}^3$ Módulo elástico de la sección alrededor del eje X en fibra superior

Zx = 15,190 cm³ Módulo plástico de la sección alrededor del eje X

Ag = 62 in² Área bruta de la sección

Ix = 16,529 in⁴ Inercia de la sección alrededor del eje X

Zx = 927 in³ Módulo elástico de la sección alrededor del eje X

Sx_bot = 852 in³ Módulo elástico de la sección alrededor del eje X en fibra inferior

Sx_top = 754 cm³ Módulo elástico de la sección alrededor del eje X en fibra superior

Cálculo de propiedades geométricas de la sección compuesta a corto plazo

- S_n

Ec = 250,998 Módulo de elasticidad del concreto

n = 8.00 Relación modular acero - concreto

Región	Área cm ²	y cm	A*y cm ³	I cm ⁴	d cm	A*d ² cm ⁴	I+A*d ² cm ⁴
1	400	49.30	19,719	687,979	40.29	649,416	1,337,395
2	530	120.00	63,600	17,667	30.41	490,125	507,792
ΣA =	930	ΣA*y =	83,319			Σ(I+A*d²) =	1,845,187

Ag = 930 cm² Área bruta de la sección

yg_bot = 89.59 cm Distancia del centroide a la cara inferior de viga metálica

yg_top	=	15.41	cm	Distancia del centroide a la cara superior de viga metálica
y_ts	=	40.41	cm	Distancia del centroide a la cara superior de losa de concreto
Ix	=	1,845,187	cm ⁴	Inercia de la sección alrededor del eje X
Sx_bot	=	20,596	cm ³	Módulo elástico de la sección alrededor del eje X
Sx_top	=	119,740	cm ³	Módulo elástico de la sección alrededor del eje X
Sx_ts	=	45,662	cm ³	Módulo elástico de sección en cara superior de losa de concreto
Zx	=	32,901	cm ³	Módulo plástico de la sección alrededor del eje X

**Cálculo de propiedades geométricas de la sección compuesta a largo plazo
- S3n**

3n = 24.00

Región n	Área cm ²	y cm	A*y cm ³	I cm ⁴	d cm	A*d ² cm ⁴	I+A*d ² cm ⁴
				687,97			
1	400	49.30	19,719	9	21.66	187,671	875,650
2	177	120.00	21,200	5,889	49.04	424,915	430,804
						Σ(I+A*d²)	1,306,45
ΣA =	577	ΣA*y =	40,919			=	4

Ag =	577	cm ²	Área bruta de la sección
yg_bot =	70.96	cm	Distancia del centroide a la base
yg_top =	34.04	cm	Distancia del centroide al tope
y_ts =	59.04	cm	Distancia del centroide a la cara superior de losa de concreto

$I_x =$	1,306,45 4	cm ⁴	Inercia de la sección alrededor del eje X
$S_{x_bot} =$	18,412	cm ³	Módulo elástico de la sección alrededor del eje X
$S_{x_top} =$	38,377	cm ³	Módulo elástico de la sección alrededor del eje X
$S_{x_ts} =$	22,127	cm ³	Módulo elástico de sección en cara superior de losa de concreto
$Z_x =$	21,308	cm ³	Módulo plástico de la sección alrededor del eje X

Cálculo del momento elástico

$M_{D1} =$	67.8	ton-m
$M_{D2} =$	13.7	ton-m
$F_y =$	3500	kg/cm ²

Para el ala inferior

$S_{NC} =$	13,956	cm ³	Módulo de sección no compuesta
$S_n =$	20,596	cm ³	Módulo de sección compuesta a corto plazo
$S_{3n} =$	18,412	cm ³	Módulo de sección compuesta a largo plazo

$$M_{AD} = S_n \left(F_y - \frac{M_{D1}}{c_{...}} - \frac{M_{D2}}{c} \right)$$

$M_{AD} =$	605.4	ton-m	GOBIERNA	4379	kip-ft
------------	-------	-------	----------	------	--------

Para el ala superior

$S_{NC} =$	12,351	cm ³	Módulo de sección no compuesta
$S_n =$	119,740	cm ³	Módulo de sección compuesta a corto plazo
$S_{3n} =$	38,377	cm ³	Módulo de sección compuesta a largo plazo

$$M_{AD} = S_n \left(F_y - \frac{M_{D1}}{c_{...}} - \frac{M_{D2}}{c} \right)$$

$$M_{AD} = 3,490 \text{ ton-m}$$

$$M_y = M_{D1} + M_{D2} + M_{AD}$$

$$M_y = 687 \text{ ton-m}$$

Cálculo del momento plástico

Pt = 394 ton	Fuerza en el ala en tensión	868 kip
Pw = 700 ton	Fuerza en el alma	1,543 kip
Pc = 306 ton	Fuerza en el ala en compresión	675 kip
Ps = 1,009 ton	Fuerza en la losa de concreto	2,225 kip
Prb = 57 ton	Fuerza del acero de refuerzo inferior	127 kip
Prt = 57 ton	Fuerza del acero de refuerzo superior	127 kip
(Crb/ts)Ps = 744 ton		
(Crt/ts)Ps = 315 ton		

CASO I $Pt + Pw > Pc + Ps + Prb + Prt$

CASO II $Pt + Pw + Pc > Ps + Prb + Prt$

CASO III $Pt + Pw + Pc > (Crb/ts)Ps + Prb + Prt$

CASO IV $Pt + Pw + Pc + Prb > (Crb/ts)Ps + Prt$

CASO V $Pt + Pw + Pc + Prb > (Crt/ts)Ps + Prt$

CASO VI $Pt + Pw + Pc + Prb + Prt > (Crt/ts)Ps$

CASO VII $Pt + Pw + Pc + Prb + Prt < (Crt/ts)Ps$

Pt + Pw =	1,094 ton	Pc + Ps + Prb + Prt =	1,430 ton
-----------	-----------	-----------------------	-----------

$P_t + P_w + P_c = 1,400 \text{ ton}$ ton	$P_s + P_{rb} + P_{rt} = 1,124$
$P_t + P_w + P_c = 1,400 \text{ ton}$ ton	$(C_{rb}/t_s)P_s + P_{rb} + P_{rt} = 859$
$P_t + P_w + P_c + P_{rb} = 1,457 \text{ ton}$ ton	$(C_{rb}/t_s)P_s + P_{rt} = 802$
$P_t + P_w + P_c + P_{rb} = 1,457 \text{ ton}$ ton	$(C_{rt}/t_s)P_s + P_{rt} = 373$
$P_t + P_w + P_c + P_{rb} + P_{rt} = 1,515 \text{ ton}$ ton	$(C_{rt}/t_s)P_s = 315$

\bar{Y}	dt	dw	dc	ds	drb	drt	M_p
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	ton-m
-24	125	74	-23	-12	-16	-8	852
1.1	103	51	0	11	6	15	890
25.5	103	52	1	15	11	19	954
14.8	109	58	7	5	0	9	913
27.7	96	45	-6	18	-13	21	870
6.3	118	66	15	4	9	0	987
30.0	94	42	-9	20	-15	-24	547

PNA = CASO II

$M_p = 890 \text{ ton-m}$

$D_{cp} = 0.0 \text{ cm}$

Compacidad de la sección AASHTO LRFD 6.10.6.2.2

$F_y = 50.0 \text{ ksi}$ Ok $F_y < 70 \text{ ksi}$

$$D/tw = 50.00$$

Ok $D/tw < 300$

AASHTO LRFD 6.10.2.1.2

$$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 90.6$$

$$2D_{cp}/tw = 0.0$$

Ok $2D_{cp}/tw < 3.76(E/F_y)^{0.5}$

La sección es **COMPACTA**

Resistencia a flexión positiva - sección compuesta

Sección compacta AASHTO LRFD 6.10.7.1.2

$$0.1 Dt = 13.0 \text{ cm}$$

$$D_p = 21.1 \text{ cm} \quad D_p > 0.1Dt \text{ entonces } M_n = M_p(1.07 - 0.7D_p/Dt)$$

$$M_n = 851 \text{ ton-m}$$

$$R_h = 1.0 \text{ Factor híbrido}$$

$$1.3 R_h M_y = 893 \text{ ton-m}$$

$$M_n = 851 \text{ ton-m}$$

Chequeo de resistencia (AASHTO LRFD 6.10.7.1.1)

$$M_u + \frac{1}{3} f_l S_{xt} \leq \phi_f M_n$$

$$f_l = 0.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_{xt} = 19,627 \text{ cm}^3$$

$$\phi_f = 1.00$$

$$\phi_f M_n = 851 \text{ ton-m}$$

$$\begin{aligned} M_u + f_l \\ M_n/3 = 277 \text{ ton-m} \end{aligned}$$

Chequeo de ductilidad (AASHTO LRFD 6.10.7.3)

$$0.42 Dt = 54.6 \text{ cm}$$

$$D_p = 21.1 \text{ cm} \quad \text{Ok } D_p < 0.42 Dt$$

$$C = \frac{1.12}{\frac{D}{t_w}} \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}}$$

Cortante (AASHTO LRFD 6.11.6.3)

Alma no rigidizada (AASHTO LRFD 6.10.9.2) **APLICA**

k = 5.00 Coeficiente de pandeo cortante

Alma rigidizada (AASHTO LRFD 6.10.9.2) **NO APLICA**

Tipo panel = interior

$$\frac{2Dt_w}{b_{fc}t_{fc} + b_{ft}t_{ft}} = 2.0 \quad \text{Ok la relación es menor que 2.5}$$

do = 211.25 cm **ok** do < 3D

$$k = 5 + \frac{5}{\left(\frac{d_o}{D}\right)^2} \quad (\text{AASHTO LRFD 6.10.9.3.2-7})$$

k = 6.12

k = 6.12 Coeficiente de pandeo cortante

Fyw = 50.00 ksi

$$1.12 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} = 66.70$$

$$1.40 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} = 84.3$$

$$D/t_w = 96.0$$

Cálculo de C - Caso A:

$$\frac{D}{t_w} \leq 1.12 \sqrt{\frac{E}{F_{yw}}} \quad \text{NO APLICA}$$

$$C = 1.0 \quad (\text{AASHTO LRFD 6.10.9.3.2-4})$$

C = 1.00

Cálculo de C - Caso B:

$$1.12 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} < \frac{D}{t_w} \leq 1.40 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} \quad \text{NO APLICA}$$

$$C = \frac{1.12}{\frac{D}{t_w}} \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} \quad (\text{AASHTO LRFD 6.10.9.3.2-5})$$

$$C = 0.70$$

Cálculo de C - Caso C:

$$\frac{D}{t_w} > 1.40 \sqrt{\frac{Ek}{F_{yw}}} \text{ APLICA}$$

$$C = \frac{1.57}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2} \left(\frac{Ek}{F_w}\right) \quad (\text{AASHTO LRFD 6.10.9.3.2-6})$$

$$C = 0.605$$

$$V_p = 0.58 F_{yw} D t_w$$

$$V_p = 406 \text{ ton}$$

$$V_n = C V_p \quad (\text{AASHTO LRFD 6.10.9.2-1}) \quad \text{APLICA}$$

$$V_n = V_p \left[C + \frac{0.87(1-C)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_0}{D}\right)^2}} \right] \quad (\text{AASHTO LRFD 6.10.9.3.2-2}) \quad \text{NO APLICA}$$

$$V_n = 305 \text{ ton}$$

$$\phi_v = 1.0 \quad \text{Factor de resistencia para corte}$$

$$\phi_v V_n = 305 \text{ ton}$$

$$V_{ui} = 77 \text{ ton} \quad \text{Ok} \quad V_u < \phi_v V_n \quad D/C = 0.25$$

Constructibilidad

Chequeo de la fluencia nominal del ala en compresión

$$R_b = 1.0 \quad \text{Factor de desprendimiento de alma}$$

$$\phi_f R_h F_{yc} = 3500 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{bu} = 67.84 \text{ ton-m}$$

$$\text{SNC top} = 12,351 \quad \text{cm}^3$$

$$f_{bu} = 549 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$f_l = 0.00 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$f_{bu} + f_l = 549.29 \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{Ok } f_{bu} + f_l < \phi_f R_h F_{yc}$$

Chequeo de la resistencia en flexión

clasificación del ala en compresión

$$\lambda_{pf} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}}$$

$$\lambda_{pf} = 9.15 \quad \text{Límite de esbeltez para un ala compacto}$$

$$\lambda_f = \frac{b_{fc}}{2t_{fc}} \quad \text{Relación de esbeltez para el ala en compresión}$$

$$\lambda_f = 7.00 \quad \text{El ala a compresión es } \mathbf{COMPACTO}$$

Alma en compresión compacto **APLICA**

$$F_{nc(FLB)} = R_b R_h F_{yc}$$

$$F_{nc(FLB)} = 50.0 \quad \text{ksi}$$

Alma en compresión no compacto **NO APLICA**

$$D_c = 53.20 \quad \text{cm} \quad \text{Profundidad del alma a compresión en el rango elástico}$$

$$r_t = \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{3} \frac{D_c t_w}{b_{fc} t_{fc}}\right)}} \quad \text{(AASHTO LRFD 6.10.8.2.3-9)}$$

$$r_t = 8.52 \quad \text{cm} \quad \text{Radio efectivo de giro para pandeo lateral torsional}$$

$$\lambda_{rf} = 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{yr}}}$$

$$F_{yr} = 35.0 \quad \text{ksi} \quad \text{Esfuerzo de fluencia del ala incluyendo efectos de esfuerzo residual}$$

$$\lambda_{rf} = 16.12 \quad \text{Límite de esbeltez para un ala compacto}$$

$$F_{nc(FLB)} = \left[1 - \left(1 - \frac{F_{yr}}{R_h F_{yc}} \right) \left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] R_b R_h F_{yc}$$

$$F_{nc}(FLB)2 = 54.6 \text{ ksi}$$

$$F_{nc}(FLB) = 50.0 \text{ ksi}$$

Clasificación de la longitud no arriostrada

$$L_p = 1.0r_t \sqrt{\frac{E}{F_{yc}}} \quad (\text{AASHTO LRFD 6.10.8.2.3-4})$$

$L_p = 205.3 \text{ cm}$ Límite de longitud no arriostrada de comportamiento plástico

$$L_r = \pi r_t \sqrt{\frac{E}{F_{yr}}} \quad (\text{AASHTO LRFD 6.10.8.2.3-4})$$

$L_r = 770.7 \text{ cm}$ Límite de longitud no arriostrada de comportamiento lateral inelástico

$L_b = 422 \text{ cm}$ Longitud no arriostrada

$L_p < L_b < L_r$ CASO 2: **La longitud no arriostrada es no compacta**

Caso 1: La longitud no arriostrada es compacta **NO APLICA**

$$F_{nc(LTB)} = R_b R_h F_{yc}$$

$$F_{nc(LTB)1} = 50.0 \text{ ksi}$$

Caso 2: la longitud no arriostrada es no compacta **APLICA**

$C_b = 1.00$ Gradiente de momento

$$F_{nc(LTB)} = C_b \left[1 - \left(1 - \frac{F_{yr}}{R_h F_{yc}} \right) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] R_b R_h F_{yc} \leq R_b R_h F_{yc}$$

$$F_{nc(LTB)2} = 44.3 \text{ ksi}$$

Caso 3: La longitud no arriostrada es esbelta **NO APLICA**

$$F_{cr} = \frac{C_b R_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t} \right)^2}$$

$$F_{cr} = 116.75 \text{ ksi}$$

$$F_{nc(LTB)} = R_b R_h F_{yc}$$

$$F_{nc(LTB)3} = 50.0 \text{ ksi}$$

$$F_{nc(LTB)} = 44.3 \text{ ksi}$$

$$F_{nc} = 44.3 \text{ ksi}$$

$$f_{bu} + f_{l/3} = 7.85 \text{ ksi} \quad \text{Ok} \quad f_{bu} + f_{l/3} < \phi_f R_h F_{yc}$$

Chequeo del pandeo lateral del alma (AASHTO LRFD 6.10.1.9)

$$5.7 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 137.3 \quad (\text{AASHTO LRFD 6.10.1.10.2-4})$$

$$2D_c/t_w = 53.20 \quad \text{El alma es no esbelta}$$

$$k = \frac{9}{\left(\frac{D_c}{D}\right)^2} \quad (\text{AASHTO LRFD 6.10.1.9.1-2})$$

$$k = 31.80$$

$$F_{crw} = \frac{0.9Ek}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2} \quad (\text{AASHTO LRFD 6.10.1.9.1-1})$$

$$F_{crw} = 3 \quad 31.95 \quad \text{ksi}$$

$$\phi_f F_{crw} = 331.95 \quad \text{ksi}$$

$$f_{bu} = 7.85 \quad \text{ksi} \quad \text{Ok} \quad f_{bu} < \phi_f F_{crw}$$

Chequeo de la fluencia nominal del ala en tensión

$$R_b = 1.0 \quad \text{Factor de desprendimiento de alma}$$

$$\phi_f R_h F_{yt} = 3500 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{bu} = 67.84 \text{ ton-m}$$

$$S_{NC \text{ bot}} = 13,956 \text{ cm}^3$$

$$f_{bu} = 486 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_l = 0.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{bu} + f_l = 486 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ok} \quad f_{bu} + f_l < \phi_f R_h F_{yc}$$

Verificación en estado límite de servicio

$$MD_1 = 54 \text{ ton-m}$$

$$MD_2 = 0.00 \text{ ton-m}$$

$$MDW = 9 \text{ ton-m}$$

MLL+IM = 112 ton-m

0.95 Rh Fy = 3325.00 kg/cm²

Para el ala inferior

SNC = 13,956 cm³ Módulo de sección no compuesta 852
in³

Sn = 20,596 cm³ Módulo de sección compuesta a corto plazo 1,257
in³

S3n = 18,412 cm³ Módulo de sección compuesta a largo plazo 1,124
in³

$$f_f = \frac{M_{D1}}{S_{NC}} + \frac{M_{D2} + M_{DW}}{S_{3n}} + \frac{1.3M_{LL+IM}}{S_n}$$

ff = 1,143.3 kg/cm²

ff + fl/2 = 1,143.3 kg/cm² Ok ff < 0.95 Rh Fy

Para el ala superior

SNC = 12,351 cm³ Módulo de sección no compuesta 754
in³

Sn = 119,740 cm³ Módulo de sección compuesta a corto plazo 7,307
in³

S3n = 38,377 cm³ Módulo de sección compuesta a largo plazo 2,342
in³

$$f_f = \frac{M_{D1}}{S_{NC}} + \frac{M_{D2} + M_{DW}}{S_{3n}} + \frac{1.3M_{LL+IM}}{S_n}$$

ff = 584 kg/cm² Ok ff < 0.95 Rh Fy

Verificación en estado límite de fatiga

Categoría = C'

(ΔF)TH = 12 ksi

$(\Delta F)_n =$	840	kg/cm ²	
MLL+IM máx. =	167.48	ton-m	
MLL+IM min =	0.00	ton-m	
$S_n =$	20,596	cm ³	Módulo de sección compuesta a corto plazo
$F_{max} =$	813.173	kg/cm ²	
$F_{min} =$	0.000	kg/cm ²	
$\Delta f =$	813.173	kg/cm ²	Ok $\Delta f < (\Delta F)_n$

4.1.5 Diseño de superestructura en el Software CSI Bridge v22

Para el diseño de la Super Estructura del Puente Vehicular del Acceso a Punta Negra, los datos para el diseño se ingresaron en el siguiente orden:

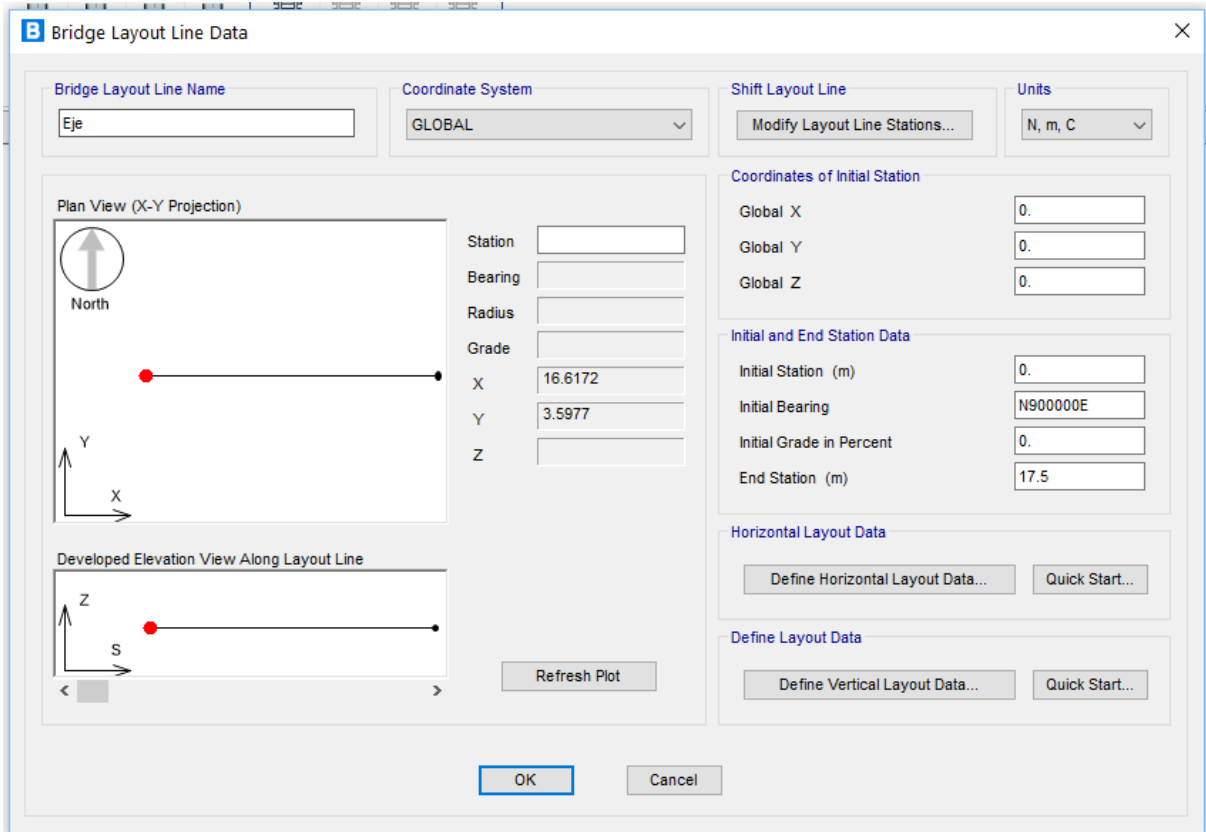


Figura 32. Definición del Eje.

Fuente: Propia

B Bridge Lane Data [Close]

General
 Lane Name: Notes...
 Coordinate System: GLOBAL
 Units: Tonf, m, C

Maximum Lane Load Discretization Lengths
 Along Lane:
 Across Lane:

Additional Lane Load Discretization Parameters Along Lane
 Discretization Length Not Greater Than 1/ of Span Length
 Discretization Length Not Greater Than 1/ of Lane Length

Lane Data

Bridge Layout Line	Station m	Centerline Offset m	Lane Width m	Radius m
Eje	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="0"/>
Eje	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="0"/>
Eje	<input type="text" value="17.5"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="0"/>

Buttons: Move Lane..., Add, Insert, Modify, Delete

Lane type
 Fixed Lane Floating Lane Set
 Floating Lanes Auto Floating Lane Width Define Floating Lanes

Plan View (X-Y Projection)

Layout Line:
 Station:
 Bearing:
 Radius:
 Grade:
 X:
 Y:
 Z:
 Snap To Layout Line Snap To Lane

Lane Edge Type
 Left Edge: Exterior
 Right Edge: Exterior

Objects Loaded By Lane
 Program Determined
 Group

Buttons: OK, Cancel

Figura 33. Definición de carriles.

Fuente: Propia

B Material Property Data ✕

General Data

Material Name and Display Color: A709Gr50 ■

Material Type: Steel ▼

Material Grade:

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume:

Mass per Unit Volume:

Units

▼

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E:

Poisson, U:

Coefficient Of Thermal Expansion, A:

Shear Modulus, G:

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy:

Minimum Tensile Stress, Fu:

Expected Yield Stress, Fye:

Expected Tensile Stress, Fue:

Switch To Advanced Property Display

Figura 34. Definición de materiales (Acero Estructural Viga).

Fuente: Propia

B Material Property Data ✕

General Data

Material Name and Display Color:

Material Type: Concrete ▼

Material Grade:

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume:

Mass per Unit Volume:

Units

▼

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E:

Poisson, U:

Coefficient Of Thermal Expansion, A:

Shear Modulus, G:

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c:

Expected Concrete Compressive Strength:

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

Figura 35. Definición de materiales (Concreto $F'_c = 280\text{kg/cm}^2$).

Fuente: Propia

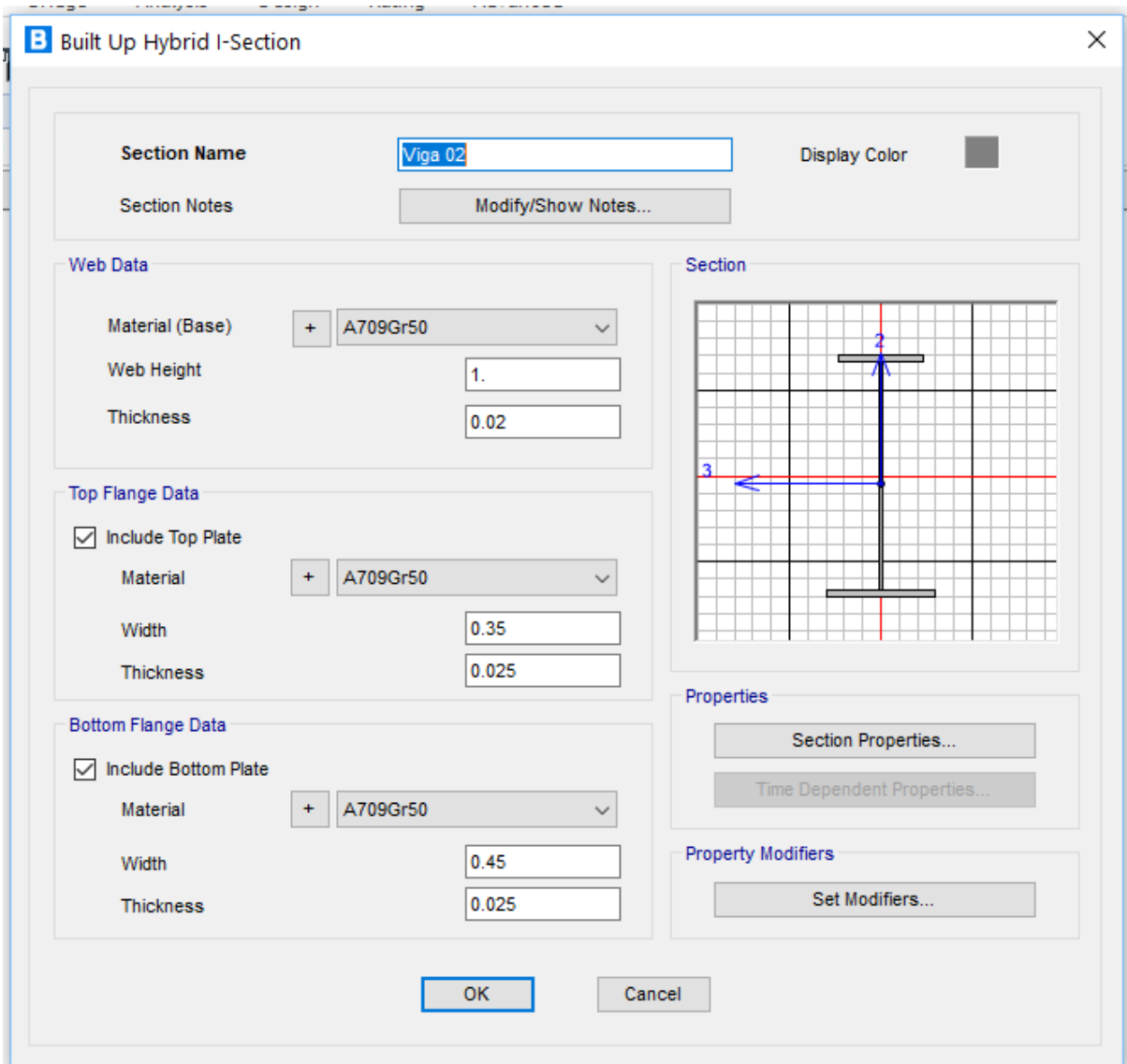


Figura 36. Definición de sección (Viga principal).

Fuente: Propia

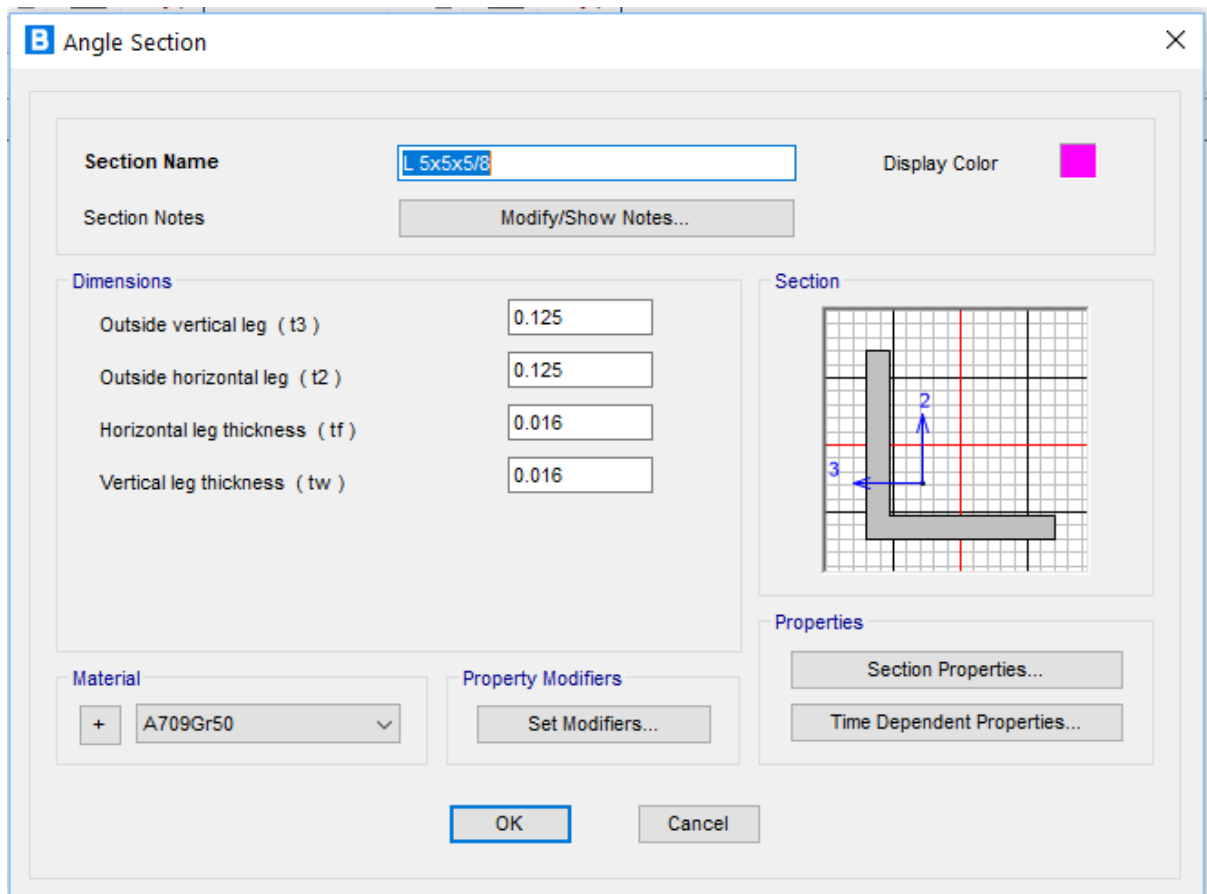


Figura 37. Definición de sección (Diafragma 01).

Fuente: Propia

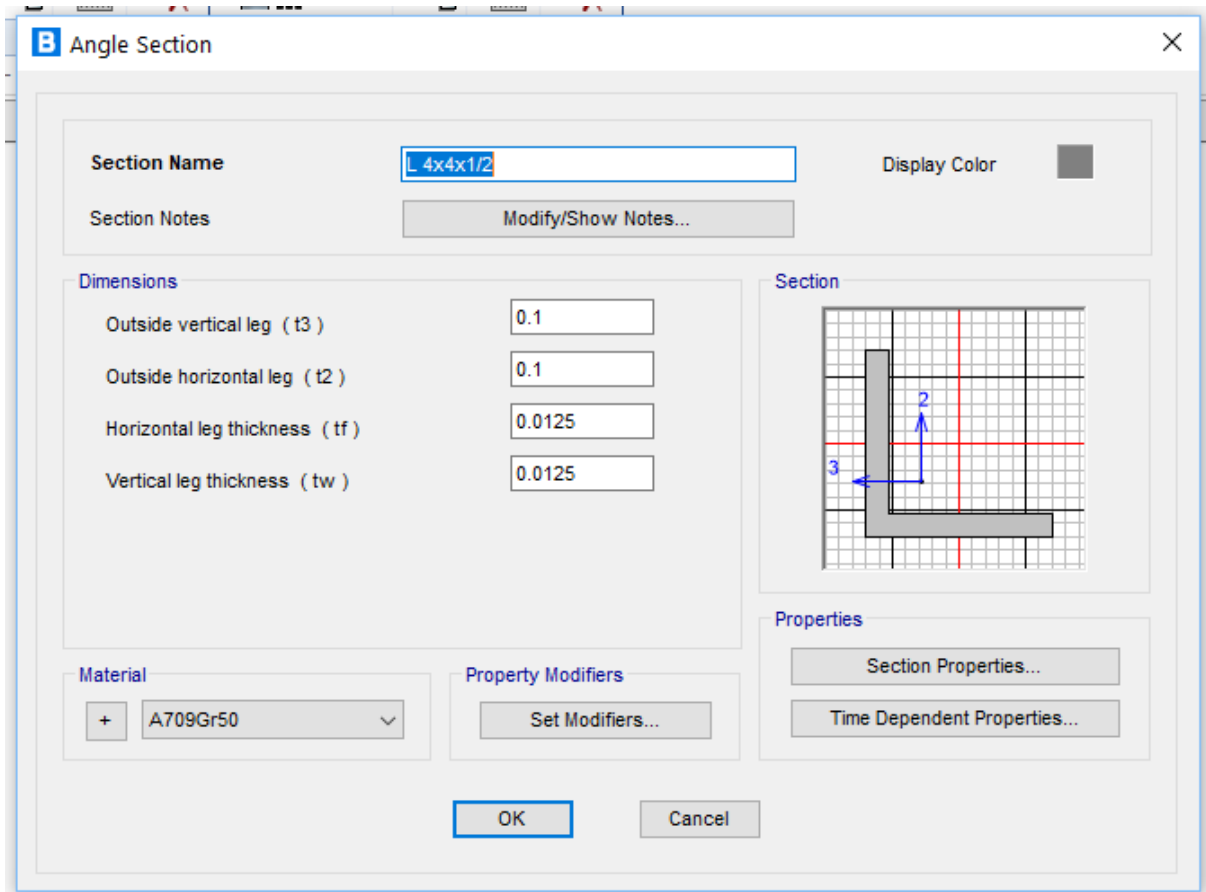


Figura 38. Definición de sección (Diafragma 02).

Fuente: Propia

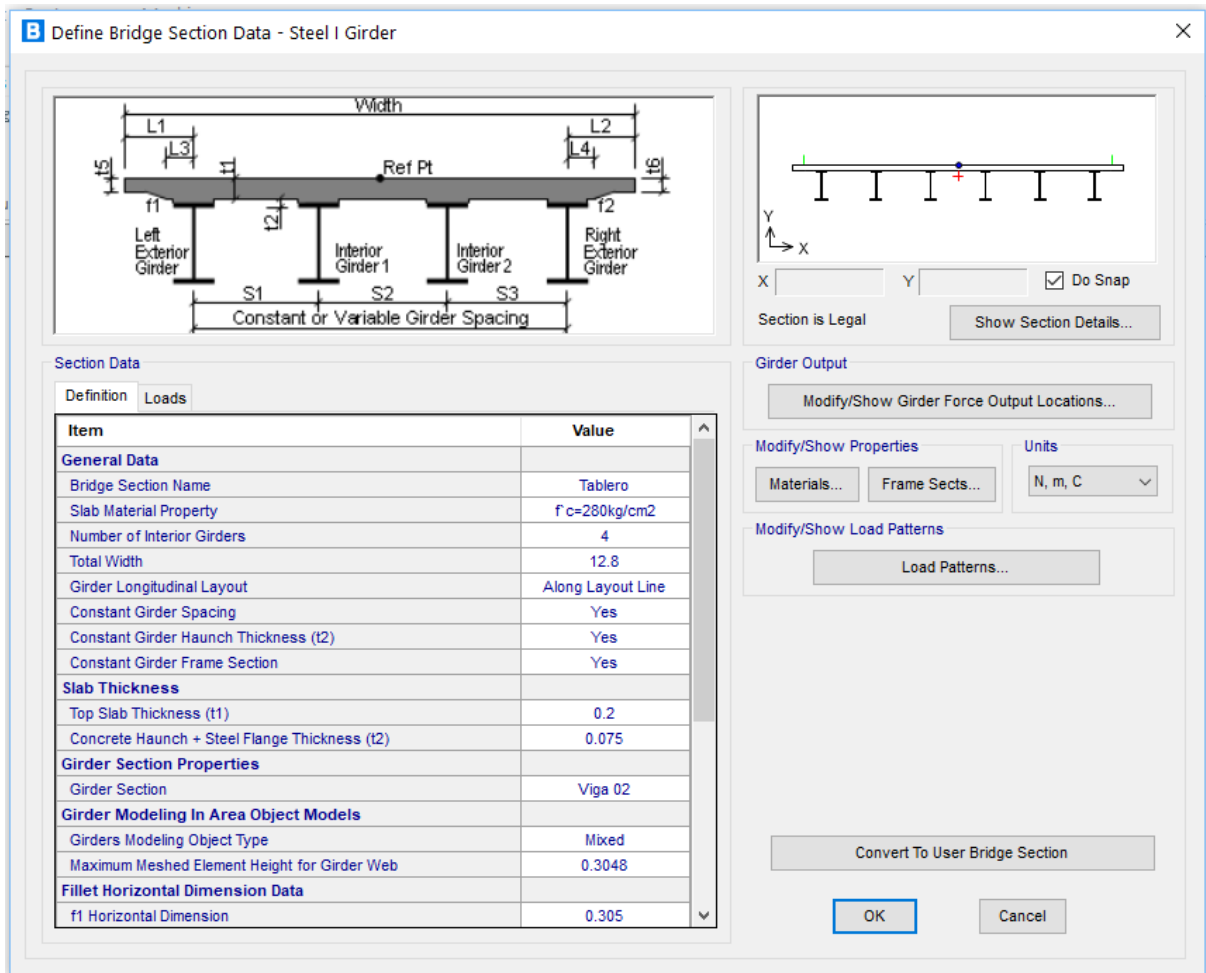


Figura 39. Definición tablero (01/02).

Fuente: Propia

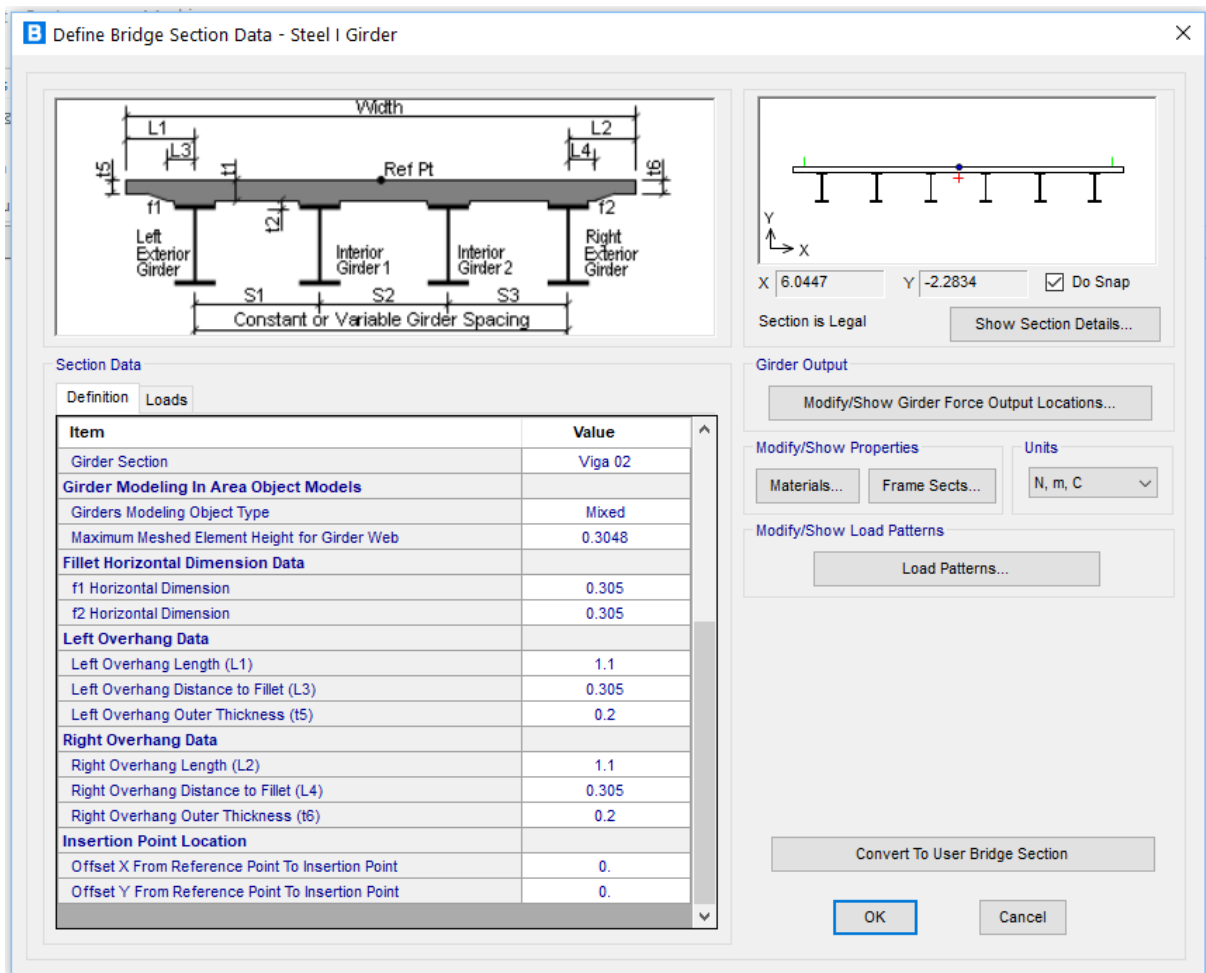


Figura 40. Definición tablero (02/02).

Fuente: Propia.

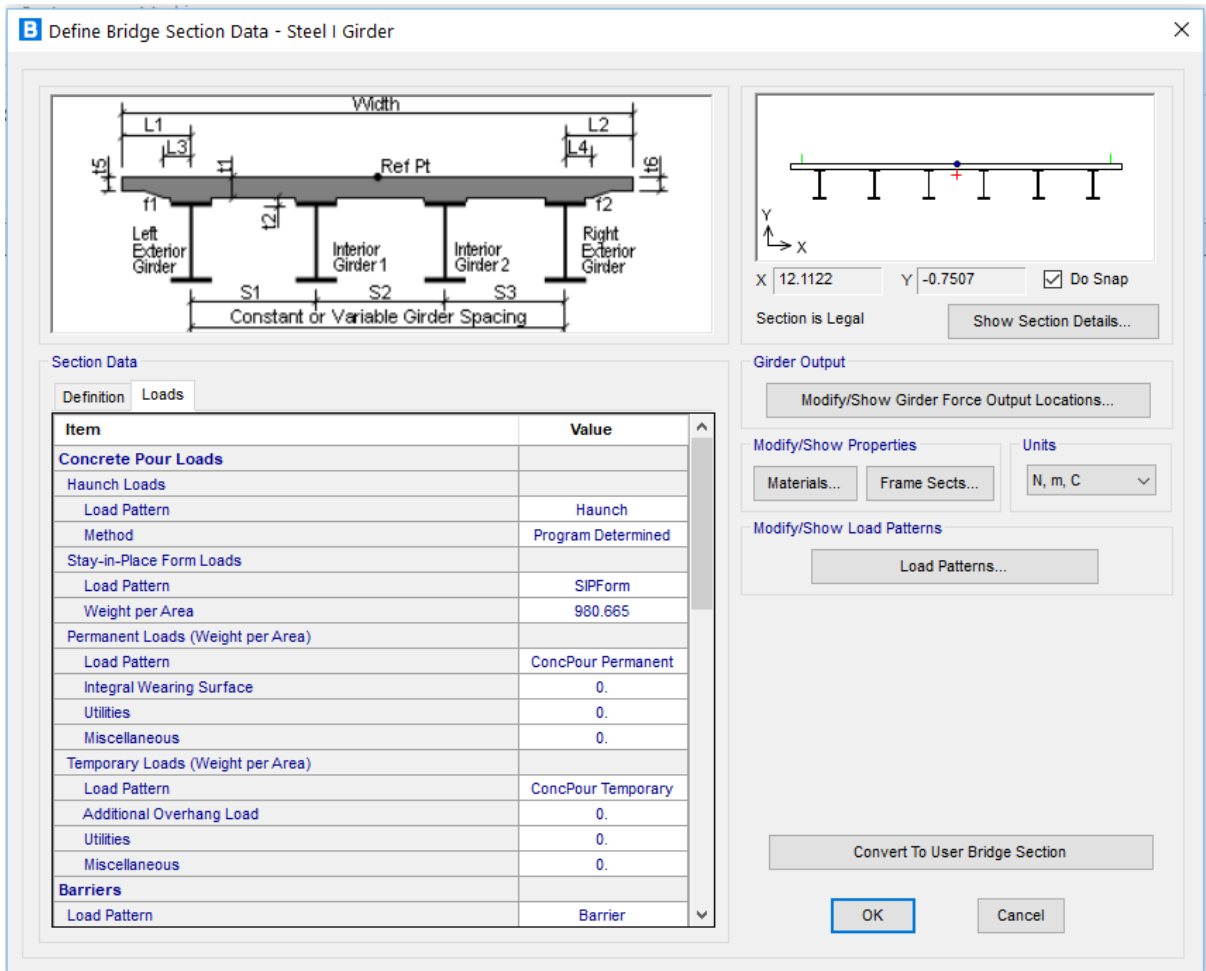


Figura 41. Definición cargas complementarias en tablero (01/03).

Fuente: Propia

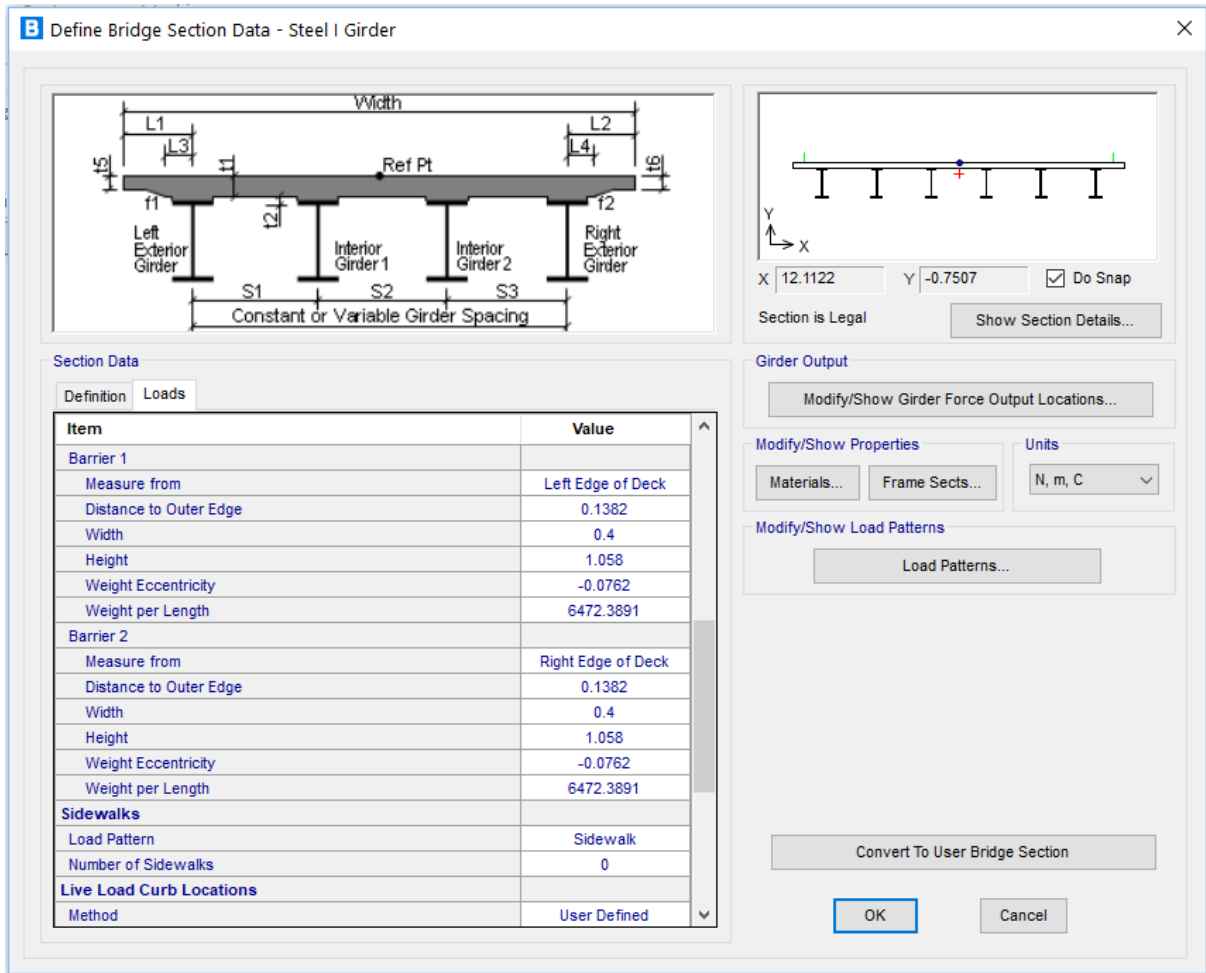


Figura 42. Definición cargas complementarias en tablero (02/03)

Fuente: Propia

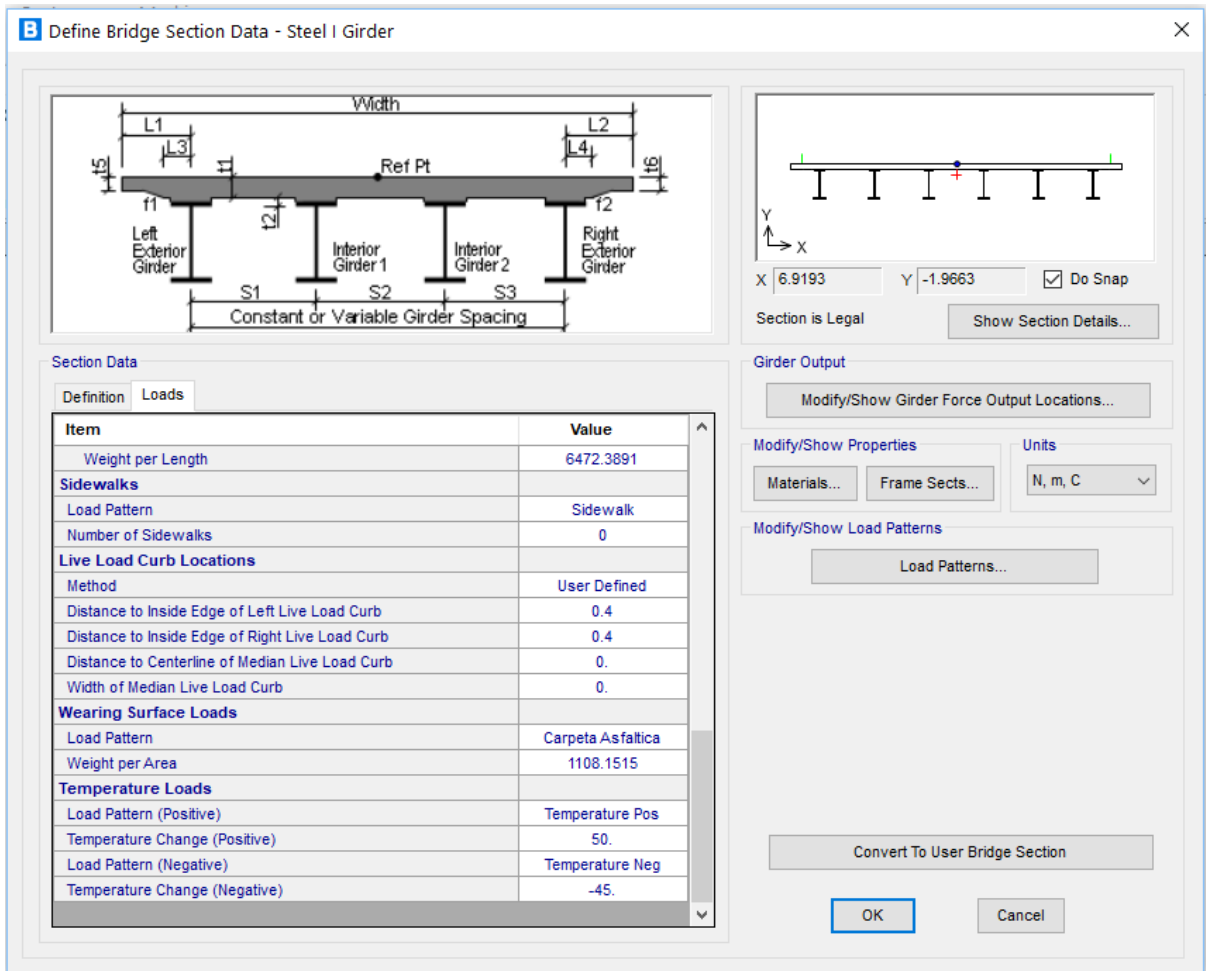


Figura 43. Definición cargas complementarias en tablero (03/03)

Fuente: Propia

B Bridge Diaphragm Property X

Diaphragm Name: Units:

Select Diaphragm Type


- Solid (Applies to Concrete Bridges and User Bridge Section Only)
- Chord and Brace (Applies to Steel and Precast Concrete I-Girder Bridges Only)
- Single Beam (Applies to Steel and Precast Concrete I-Girder Bridges Only)
- Steel Plate (Applies to Steel U Girder Internal Only)

Chord and Brace Diaphragm Parameters

Include Connection Plates

Include Horizontal Eccentricity

		Orientation <i>i</i>	Location <i>i</i>	Pinned
<input checked="" type="checkbox"/> Include Top Chord	+ <input type="text" value="L 5x5x5/8"/>	<input type="text" value="LL-Up"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Include Brace	+ <input type="text" value="L 4x4x1/2"/>	<input type="text" value="LL-Up"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="radio"/> V Brace <input type="radio"/> Inverted V Brace <input type="radio"/> X Brace Number of Pairs: <input type="text" value="1"/>				
<input checked="" type="checkbox"/> Include Bottom Chord	+ <input type="text" value="L 5x5x5/8"/>	<input type="text" value="LL-Up"/>	<input type="text"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Connection Plate Parameters

Plate Width: Material: +

Plate Thickness: Both Sides of Web

Gusset Plate Thickness: Location:

Brace Work Point Location

Elevation Change from Top Work Point to Top of Adjacent Girder:

Elevation Change from Bottom Work Point to Bottom of Adjacent Girder:

Figura 44. Definición de Diafragma

Fuente: Propia

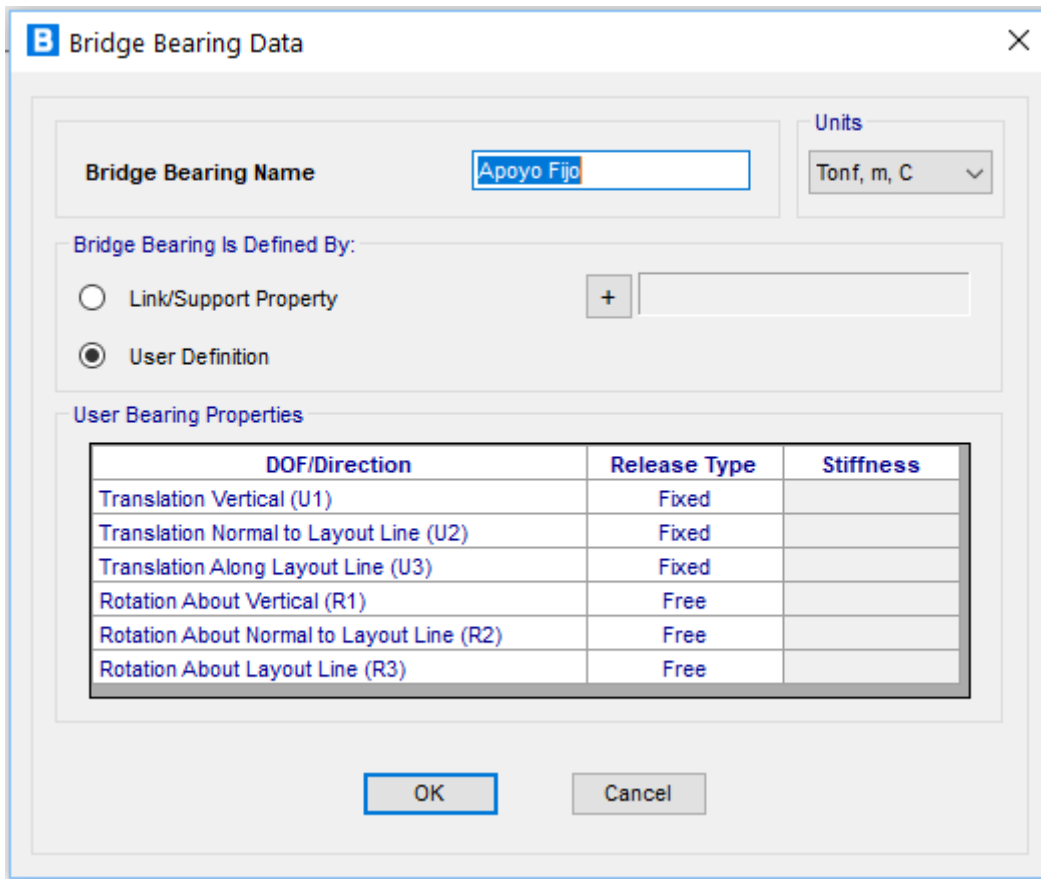


Figura 45. Definición de Apoyo Fijo

Fuente: Propia

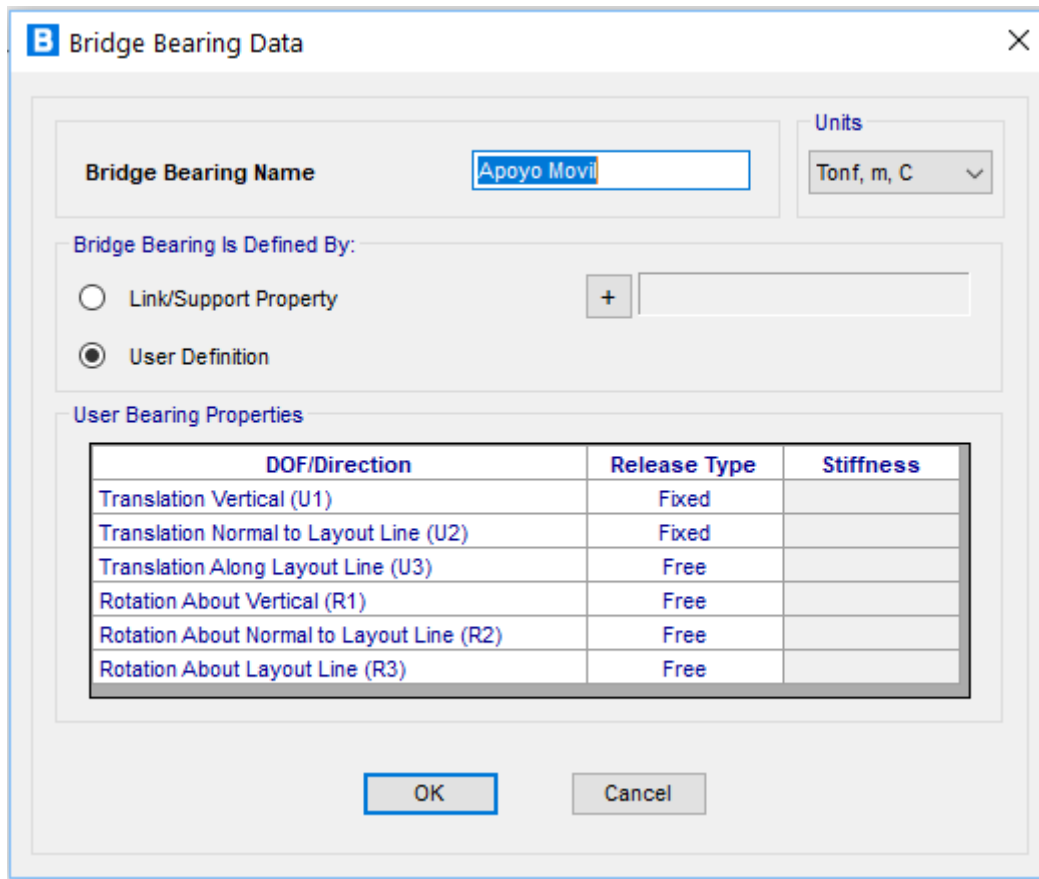


Figura 46. Definición de Apoyo Móvil

Fuente: Propia

B Bridge Abutment Data [X]

Bridge Abutment Name **Units**

Girder Support Condition

Integral

Connect to Girder Bottom Only

Substructure Type

Foundation Spring

Continuous Beam (Continuously Supported)

Section Property

Beam Length

Foundation Spring

Foundation Spring Property

Note: When substructure type is grade beam, foundation spring property represents a line spring.

Figura 47. Definición de Estribo

Fuente: Propia

B Vehicle Data [X]

Vehicle Name **Design Type** **Units**

Source **Notes**

Length Effects

Axle

Uniform

Vehicle Location in Lane

Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only

Straddle Reduction Factor

Vehicle Remains Fully in Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Usage

Lane Negative Moments at Supports

Interior Vertical Support Forces

All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge


Lane Interior Edge

Center of Gravity


Height - Axle Loads

Height - Uniform Loads

Load Plan



Load Elevation



Modify/Show Loads

Figura 48. Definición de Vehículo HL-93 Tándem

Fuente: Propia

B Vehicle Data - Vertical Loading

Uniform Load Scale Factor: 1 Axle Load Scale Factor: 1.33

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.9524	Fixed Width	3.048	11.3398	Two Points	1.8288
Leading Load	Infinite		0.9524	Fixed Width	3.048	11.3398	Two Points	1.8288
Fixed Length	1.2192		0.9524	Fixed Width	3.048	11.3398	Two Points	1.8288
Trailing Load	Infinite		0.9524	Fixed Width	3.048			

Add Insert Modify Delete

Floating Axle Loads

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0	One Point	1
For Other Responses	0	One Point	1

Floating Axle Load Scale Factor: 1

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Ignore Vertical Loads if Horizontal Centrifugal or Braking Loads are Defined

Superelevation Effects

Adjust Vertical Loads for Superelevation

Axle Load Factor:

Uniform Load Factor:

OK Cancel

Figura 49. Definición de Vehículo HL-93 Tándem – Carga y Factor de escala

Fuente: Propia

B Vehicle Data

Vehicle Name: HL-93K Design Type: Vehicle Live Units: Tonf, m, C

Source: AASHTO.xml Convert to User Defined Notes: Notes...

Length Effects

Axle: None Modify/Show...

Uniform: None Modify/Show...

Vehicle Location in Lane

Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only

Straddle Reduction Factor:

Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Usage

Lane Negative Moments at Supports

Interior Vertical Support Forces

All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: 0.3048

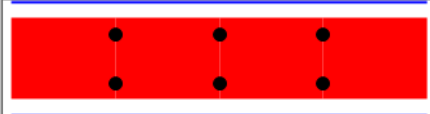
Lane Interior Edge: 0.6096

Center of Gravity


Height - Axle Loads: 0

Height - Uniform Loads: 0

Load Plan



Load Elevation



Modify/Show Loads

Vertical Loading... Horizontal Loading...

OK Cancel

Figura 50. Definición de Vehículo HL-93K Camión

Fuente: Propia

B Vehicle Data - Vertical Loading

Uniform Load Scale Factor: 1 Axle Load Scale Factor: 1.33

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.9524	Fixed Width	3.048	3.6287	Two Points	1.8288
Leading Load	Infinite		0.9524	Fixed Width	3.048	3.6287	Two Points	1.8288
Fixed Length	4.2672	9.144	0.9524	Fixed Width	3.048	14.515	Two Points	1.8288
Variable Length	4.2672		0.9524	Fixed Width	3.048	14.515	Two Points	1.8288
Trailing Load	Infinite		0.9524	Fixed Width	3.048			

Add Insert Modify Delete

Floating Axle Loads

For Lane Moments: Value: 0, Width Type: One Point, Axle Width: 1

For Other Responses: Value: 0, Width Type: One Point, Axle Width: 1

Floating Axle Load Scale Factor: 1

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Ignore Vertical Loads if Horizontal Centrifugal or Braking Loads are Defined

OK Cancel

Superelevation Effects

Adjust Vertical Loads for Superelevation

Axle Load Factor:

Uniform Load Factor:

Figura 51. Definición de Vehículo HL-93K Camión – Carga y Factor de escala

Fuente: Propia

B Vehicle Data

Vehicle Name: HL-93F Design Type: Vehicle Fatigue Units: Tonf, m, C

Source: AASHTO.xml Convert to User Defined Notes: Notes...

Length Effects

Axle: None Modify/Show...

Uniform: None Modify/Show...

Vehicle Location in Lane

Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only

Straddle Reduction Factor:

Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Usage

Lane Negative Moments at Supports

Interior Vertical Support Forces

All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: 0.3048

Lane Interior Edge: 0.6096

Center of Gravity

Height - Axle Loads: 0

Height - Uniform Loads: 0

Load Plan

Load Elevation

Modify/Show Loads

Vertical Loading... Horizontal Loading...

OK Cancel

Figura 52. Definición de Vehículo HL-93F, para fatiga

Fuente: Propia

Vehicle Data - Vertical Loading

Uniform Load Scale Factor: 1 Axle Load Scale Factor: 1.15

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.	Fixed Width	0.3048	3.6287	Two Points	1.8288
Leading Load	Infinite		0.	Fixed Width	0.3048	3.6287	Two Points	1.8288
Fixed Length	4.2672		0.	Fixed Width	0.3048	14.515	Two Points	1.8288
Fixed Length	9.144		0.	Fixed Width	0.3048	14.515	Two Points	1.8288

Add Insert Modify Delete

Floating Axle Loads

For Lane Moments: Value: 0, Width Type: One Point, Axle Width: 1

For Other Responses: Value: 0, Width Type: One Point, Axle Width: 1

Floating Axle Load Scale Factor: 1

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Ignore Vertical Loads if Horizontal Centrifugal or Braking Loads are Defined

Superelevation Effects

Adjust Vertical Loads for Superelevation

Axle Load Factor: []

Uniform Load Factor: []

OK Cancel

Figura 53. Definición de Vehículo HL-93 para fatiga – Carga y Factor de escala

Fuente: Propia

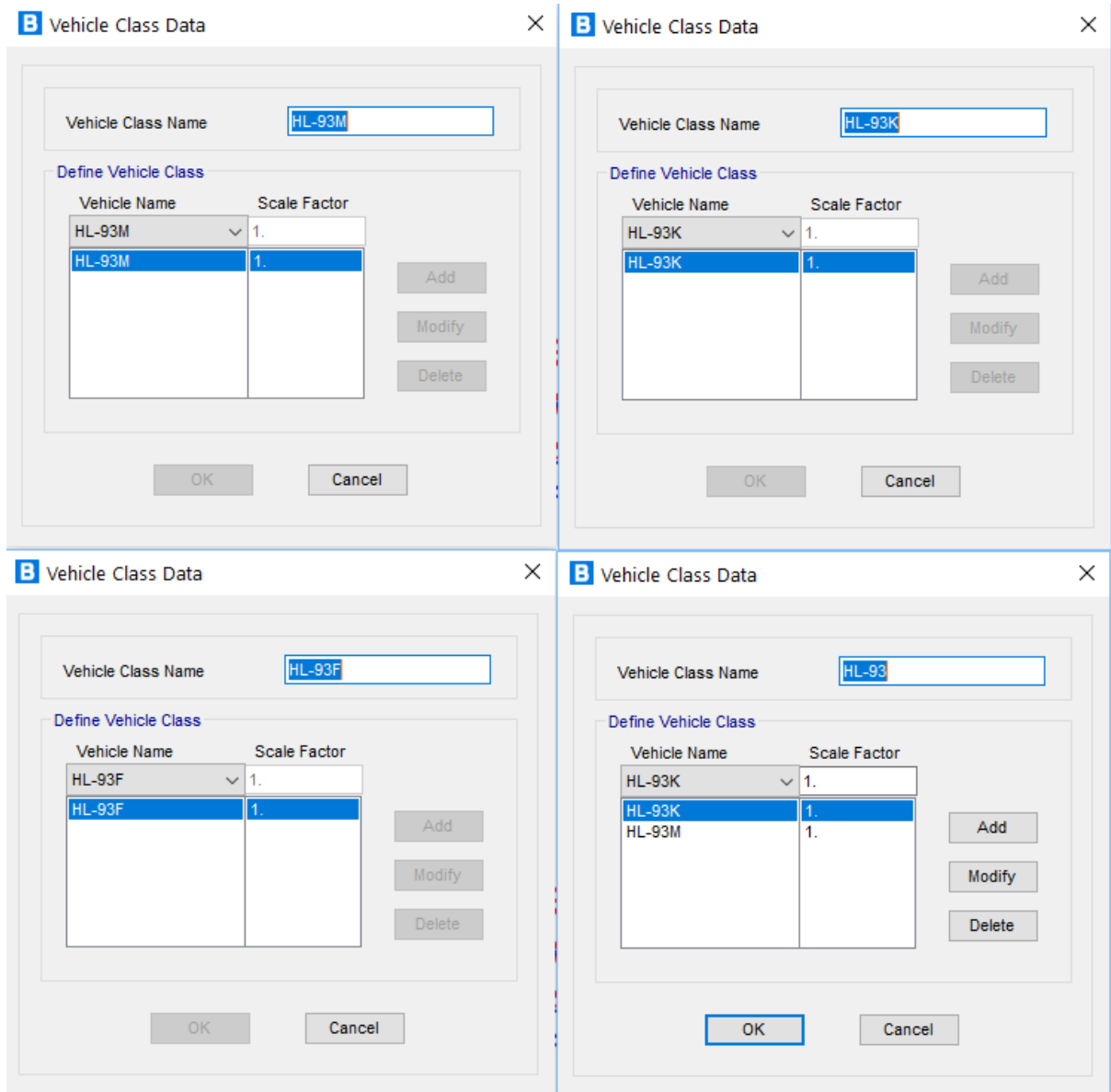


Figura 54. Definición de factores de escala en vehículos de diseño.

Fuente: Propia

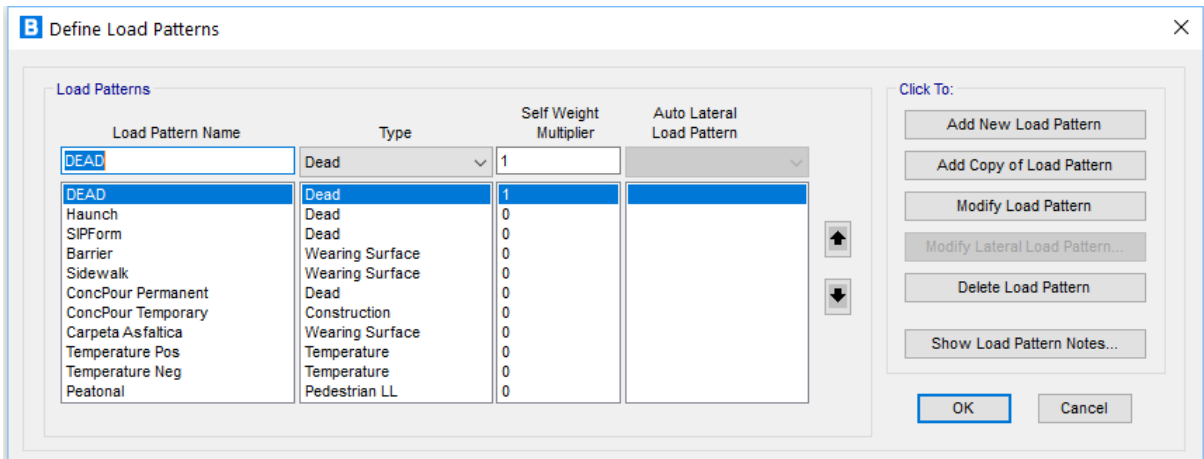


Figura 55. Definición de tipos de carga

Fuente: Propia

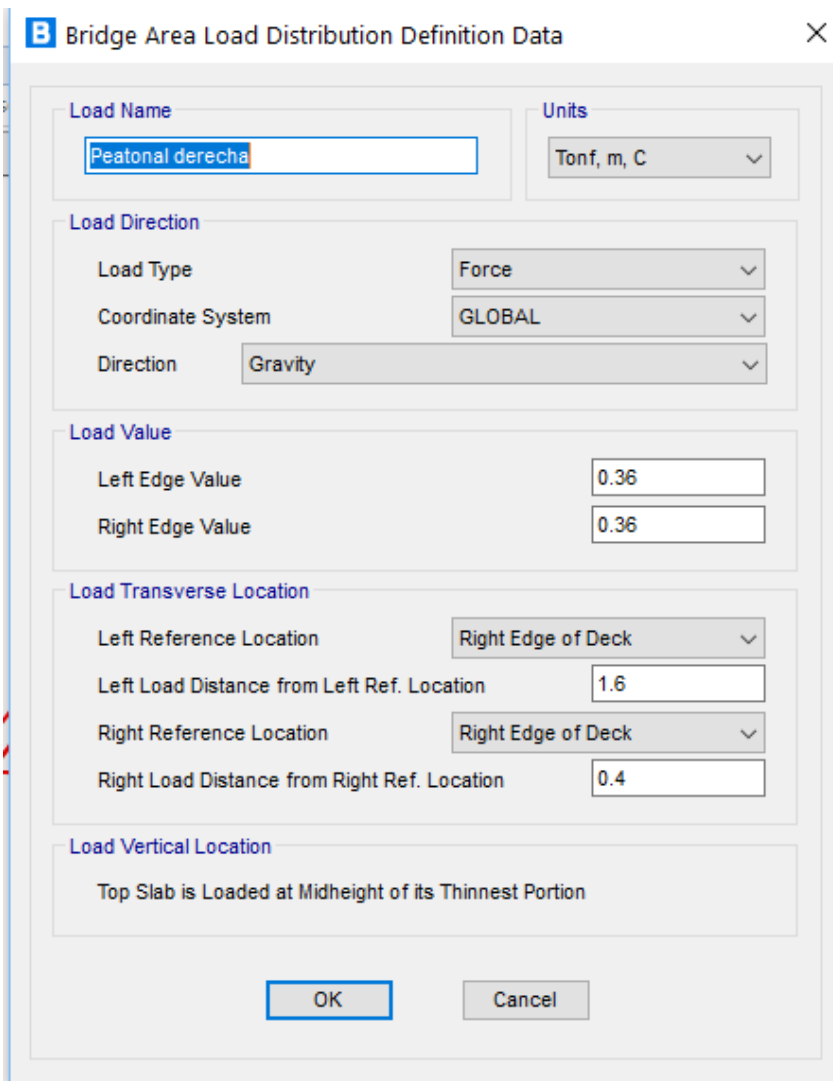


Figura 56. Definición de carga peatonal.

Fuente: Propia

B Bridge Object Data [X]

Bridge Object Name: Layout Line Name: Coordinate System: Units:

Define Bridge Spans

Span Label	Start Station m	Length m	End Station m	Start Support	End Support
Span 1	0.	17.5	17.5	Estribo	Estribo
Span 1	0.	17.5	17.5	Estribo	Estribo

By Station By Length

Add Modify Delete Delete All

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

Bridge Object Plan View (X-Y Projection)

Show Enlarged Sketch...

Modify/Show Assignments

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

Modify/Show...

Lock to Prevent Updating the Linked Model

OK Cancel

Figura 57. Integración de Puente

Fuente: Propia

Bridge Object Abutment Assignments [X]

Bridge Object Name: Puente P. Negra Units: Tonf, m, C

Start Abutment | End Abutment

Start Abutment

Superstructure Assignment

Support Name: Estribo 01

Abutment Direction (Bearing Angle): Default

Diaphragm Property: + Diafragma

Bearing Assignment

Girder-by-Girder General

Bearing Property: + Apoyo Fijo

Restrainer Property at Bearing: + None

Elevation at Layout Line (Global Z): -1.8

Rotation Angle from Bridge Default: 0.

Substructure Assignment

None

Abutment Property: + Estribo

Bent Property: +

Substructure Location

Elevation (Global Z): -2.4

Horizontal Offset: 0.

Note: Horizontal offset is from layout line to midlength of abutment.

Girder-by-Girder Overwrites

Modify/Show Overwrites... No Overwrites Exist

OK Cancel

Bridge Object Abutment Assignments [X]

Bridge Object Name: Puente P. Negra Units: Tonf, m, C

Start Abutment | End Abutment

End Abutment

Superstructure Assignment

Support Name: Estribo 02

Abutment Direction (Bearing Angle): Default

Diaphragm Property: + Diafragma

Bearing Assignment

Girder-by-Girder General

Bearing Property: + Apoyo Movil

Restrainer Property at Bearing: + None

Elevation at Layout Line (Global Z): -1.8

Rotation Angle from Bridge Default: 0.

Substructure Assignment

None

Abutment Property: + Estribo

Bent Property: +

Substructure Location

Elevation (Global Z): -2.4

Horizontal Offset: 0.

Note: Horizontal offset is from layout line to midlength of abutment.

Girder-by-Girder Overwrites for End Abutment

Modify/Show Overwrites... No Overwrites Exist

OK Cancel

Figura 58. Determinación de Condiciones de estribo

Fuente: Propia

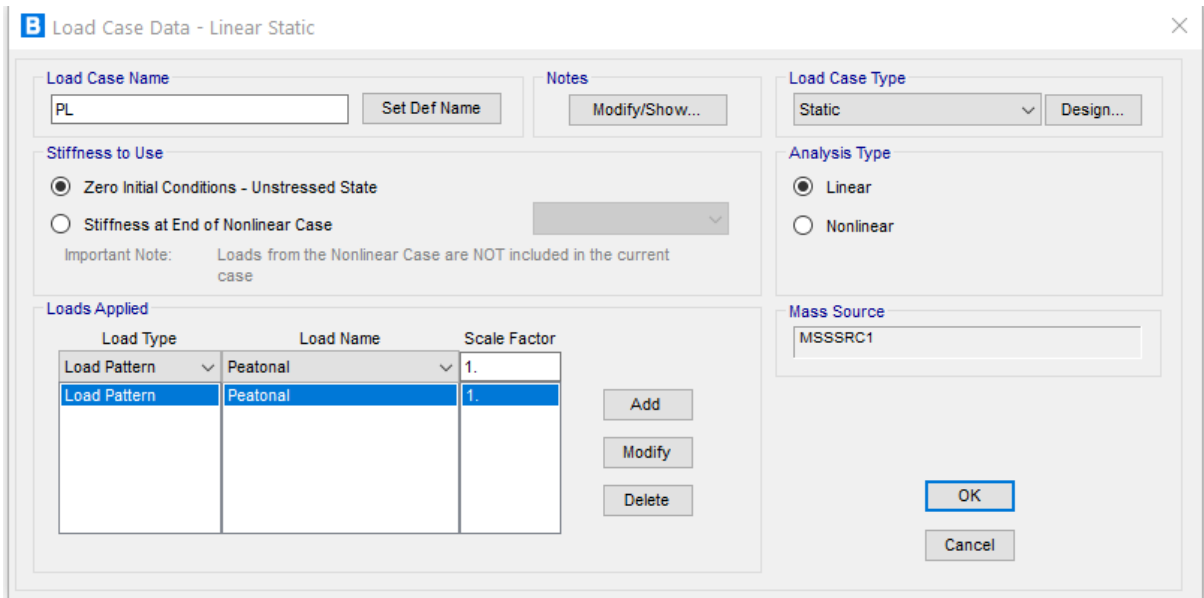


Figura 59. Casos de carga - peatonal

Fuente: Propia

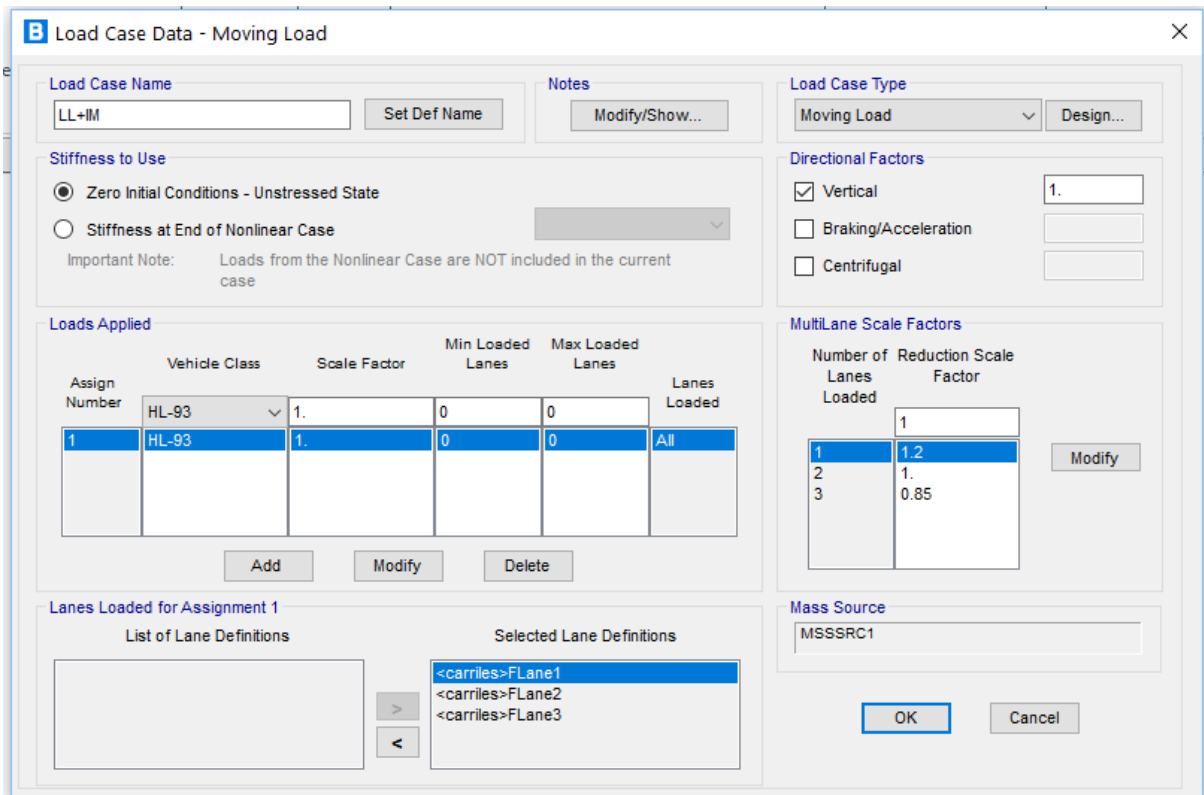


Figura 60. Casos de carga – Carga viva más impacto

Fuente: Propia

B Load Case Data - Staged Construction Staged Construction

Load Case Name: Notes:

Load Case Type:

Initial Conditions:
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
 Continue from State at End of Nonlinear Case
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Stage Definition

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
1	0.	Yes	Acero	
1	0.	Yes	Acero	

Expand Stage Definition

Geometric Nonlinearity Parameters:
 None
 P-Delta
 P-Delta plus Large Displacements

Mass Source:

Show Stages:

Data For Stage 1 (0. days; Output: Acero;)

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	<Puente P. Negra>ALL_	1.			
Add Structure	Group	<Puente P. Negra>ALL_BU	1.	Load Pattern	DEAD	1.
Load Objects	Group	<Puente P. Negra>GIRDER_				

Expand Stage Data Stage: << < 1 > >> of 1

Other Parameters:
 Results Saved:
 Nonlinear Parameters:
 Material Properties Are Time Dependent

Figura 61. Casos de carga – Vigas y Diafragmas

Fuente: Propia

B Load Case Data - Staged Construction Staged Construction

Load Case Name: Notes: Load Case Type:

Initial Conditions
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
 Continue from State at End of Nonlinear Case
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Stage Definition

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
1	0.	Yes	Losa fresca	
1	0.	Yes	Losa fresca	

Expand Stage Definition

Geometric Nonlinearity Parameters
 None
 P-Delta
 P-Delta plus Large Displacements

Mass Source:

Show Stages:

Data For Stage 1 (0. days; Output: Losa fresca,)

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	<Puente P. Negra>ALL_	1.			
Add Structure	Group	<Puente P. Negra>ALL_BU	1.			
Add Guide Structure	Group	<Puente P. Negra>SLAB				
Pour Concrete	Concrete Pour	<Puente P. Negra>CP_SLAT				

Expand Stage Data Stage: << < 1 > >> of 1

Other Parameters
 Results Saved:
 Nonlinear Parameters:
 Material Properties Are Time Dependent

Figura 62. Casos de carga – Losa fresca (no se asigna resistencia al concreto)

Fuente: Propia

B Load Case Data - Staged Construction Staged Construction X

Load Case Name
 Losa endure. Set Def Name Notes Modify/Show...

Load Case Type
 Staged Construction Design...

Initial Conditions
 Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
 Continue from State at End of Nonlinear Case Losa Fresca

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Stage Definition

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments	
1	0.	Yes	Losa endure.		↑
1	0.	Yes	Losa endure.		↓

Expand Stage Definition

Geometric Nonlinearity Parameters
 None
 P-Delta
 P-Delta plus Large Displacements

Mass Source
 Previous

Show Stages

Data For Stage 1 (0. days; Output: Losa endure.;

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Remove Forms	Concrete Poi	<Puente P. Negra>CP_S	1.			
Remove Forms	Concrete Pour	<Puente P. Negra>CP_SLA	1.			

Expand Stage Data Stage: << < 1 > >> of 1

Other Parameters

Results Saved: End of Final Stage Only Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

Material Properties Are Time Dependent

Figura 63. Casos de carga – Losa endurecida

Fuente: Propia

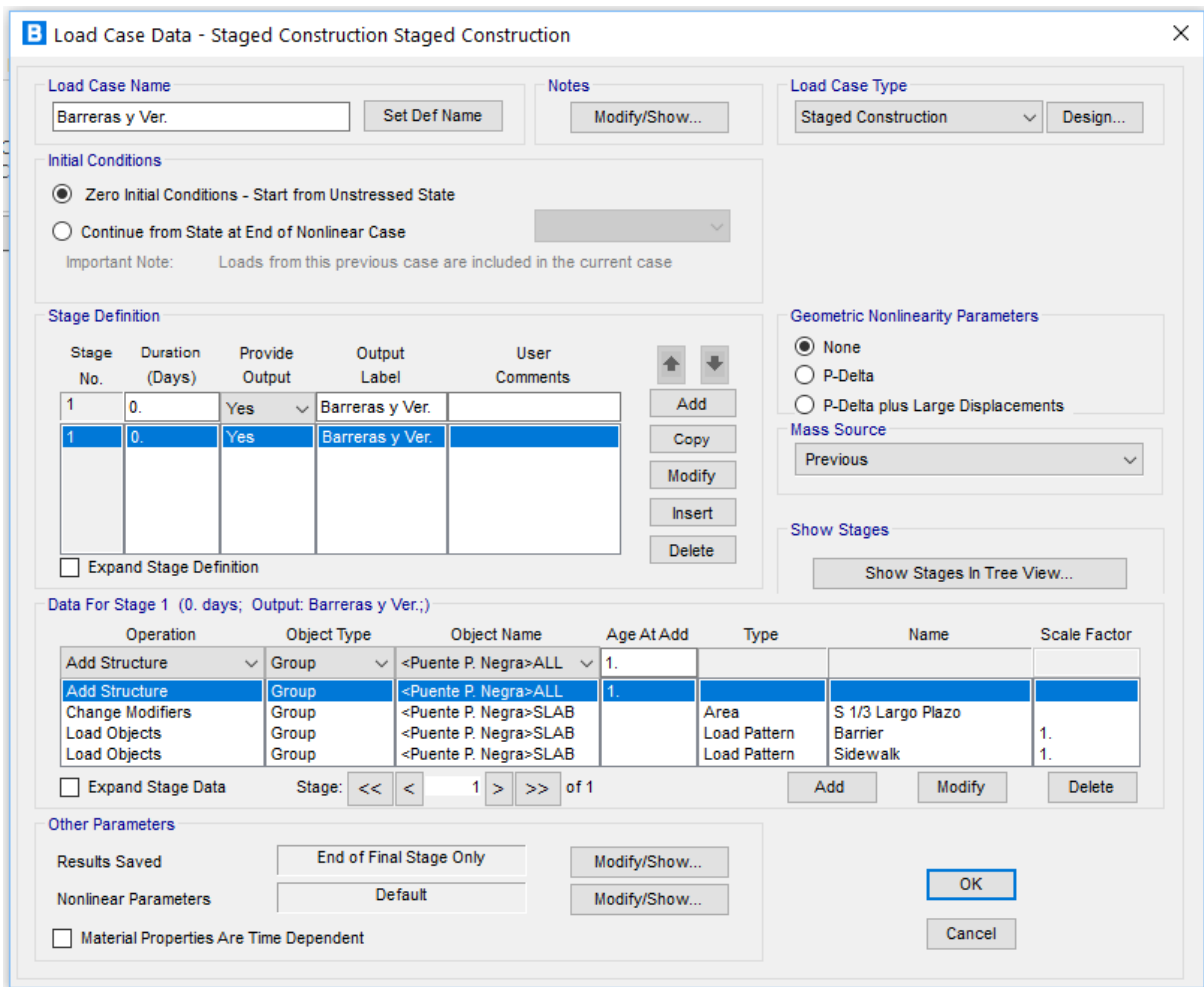


Figura 64. Casos de carga – Barreras y vereda

Fuente: Propia

B Load Case Data - Staged Construction Staged Construction

Load Case Name: Carpeta Asfalt. Set Def Name Modify/Show... Notes

Load Case Type: Staged Construction Design...

Initial Conditions: Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
 Continue from State at End of Nonlinear Case ▼
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Stage Definition

Stage No.	Duration (Days)	Provide Output	Output Label	User Comments
1	0.	Yes	Carpeta Asfalt.	
1	0.	Yes	Carpeta Asfalt.	

Expand Stage Definition Add Copy Modify Insert Delete

Geometric Nonlinearity Parameters: None
 P-Delta
 P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous ▼

Show Stages: Show Stages In Tree View...

Data For Stage 1 (0. days; Output: Carpeta Asfalt.):

Operation	Object Type	Object Name	Age At Add	Type	Name	Scale Factor
Add Structure	Group	<Puente P. Negra>ALL	1.			
Add Structure	Group	<Puente P. Negra>ALL	1.			
Change Modifiers	Group	<Puente P. Negra>SLAB		Area Load Pattern	S 1/3 Largo Plazo	
Load Objects	Group	<Puente P. Negra>SLAB			Carpeta Asfaltica	1.

Expand Stage Data Stage: << < 1 > >> of 1 Add Modify Delete

Other Parameters: Results Saved: End of Final Stage Only Modify/Show...
Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...
 Material Properties Are Time Dependent

OK Cancel

Figura 65. Casos de carga – Carpeta asfáltica

Fuente: Propia

B Load Case Data - Moving Load

Load Case Name:

Notes:

Load Case Type:

Stiffness to Use:

Zero Initial Conditions - Unstressed State

Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Directional Factors:

Vertical

Braking/Acceleration

Centrifugal

MultiLane Scale Factors:

Number of Lanes Loaded	Reduction Scale Factor
1	1
2	1.2
3	1.
	0.85

Mass Source:

OK

Loads Applied:

Assign Number	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Lanes	Max Loaded Lanes	Lanes Loaded
1	HL-93F	1.	0	0	Some

Lanes Loaded for Assignment 1

List of Lane Definitions:

Selected Lane Definitions:

Figura 66. Casos de carga – Carga viva más impacto para fatiga

Fuente: Propia

Para el diseño del puente se tomaron en cuenta los siguientes casos de combinaciones de carga:

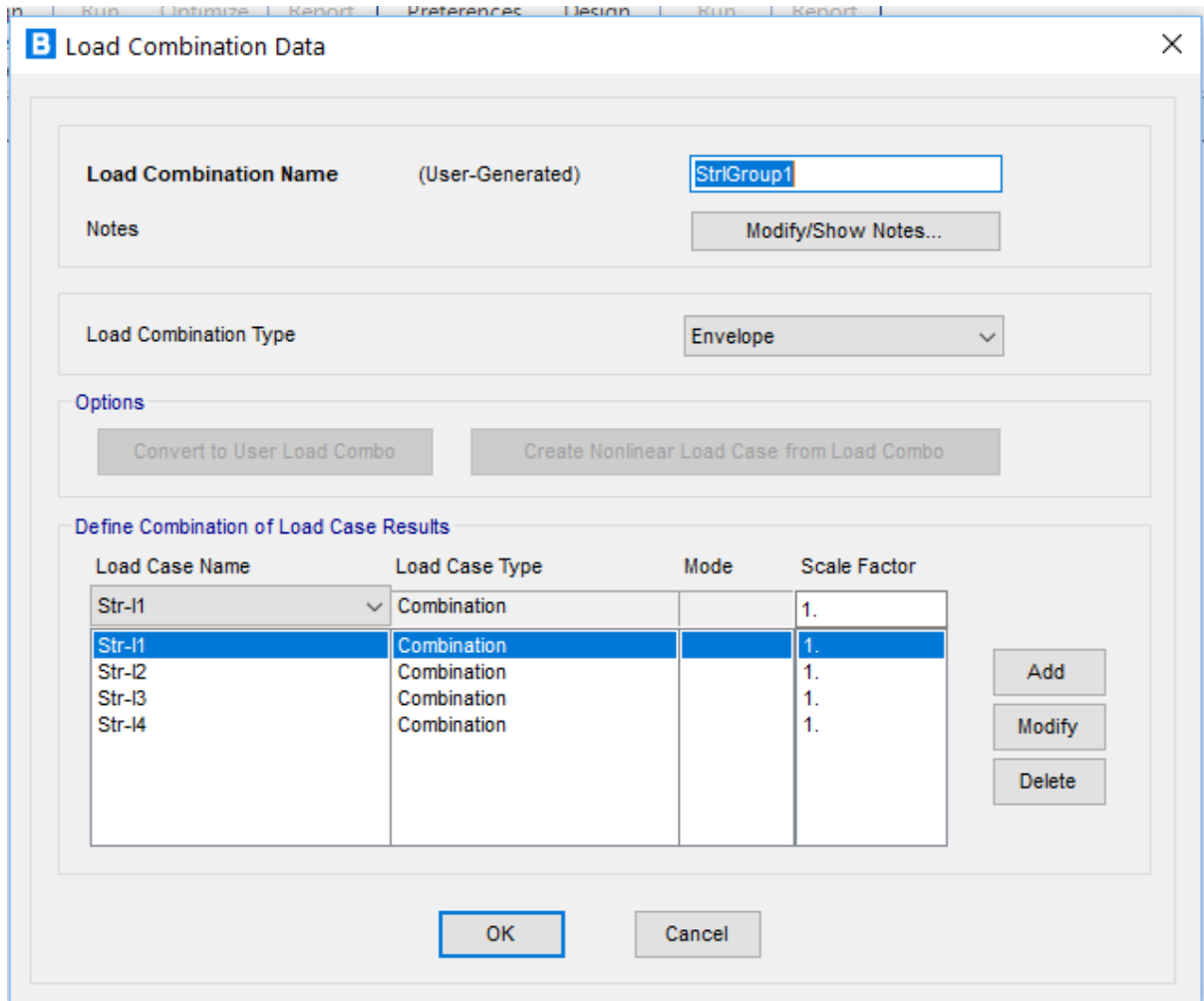


Figura 67. Combinaciones de carga – Resistencia I

Fuente: Propia

B Load Combination Data X

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
Ser-II1	Combination		1.
Ser-II1	Combination		1.

Figura 68. Combinaciones de carga – Servicio I
Fuente: Propia

B 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	Mode	Scale Factor
Vigas y Diafrag. ▾	Staged Construction		1.
Vigas y Diafrag.	Staged Construction		1.
Losa endur.	Staged Construction		1.
LL+IM	Moving Load		1.3
PL	Linear Static		1.3
Barreras y Ver.	Staged Construction		1.
Carpeta Asfalt.	Staged Construction		1.

Figura 69. Combinaciones de carga – Servicio II

Fuente: Propia

Run | Optimize | Report | Preferences | Design | Run | Report

B 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	Mode	Scale Factor
Fat-I1	Combination		1.
Fat-I1	Combination		1.

Figura 70. Combinaciones de carga – Fatiga I

Fuente: Propia

B Load Combination Data X

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
Vigas y Diafrag. <input type="button" value="v"/>	Staged Construction		1.25
Vigas y Diafrag.	Staged Construction		1.25
Losa Fresca	Staged Construction		1.25

Figura 71. Combinaciones de carga – Mdnc Resistencia

Fuente: Propia

B 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	Mode	Scale Factor
Barreras y Ver.	Staged Construction		1.5
Barreras y Ver.	Staged Construction		1.5
Carpeta Asfalt.	Staged Construction		1.5

Figura 72. Combinaciones de carga – Mdc Resistencia

Fuente: Propia

De la información ingresada en el Programa CSI Bridge v.22, se muestra la siguiente imagen de idealización del Puesto.

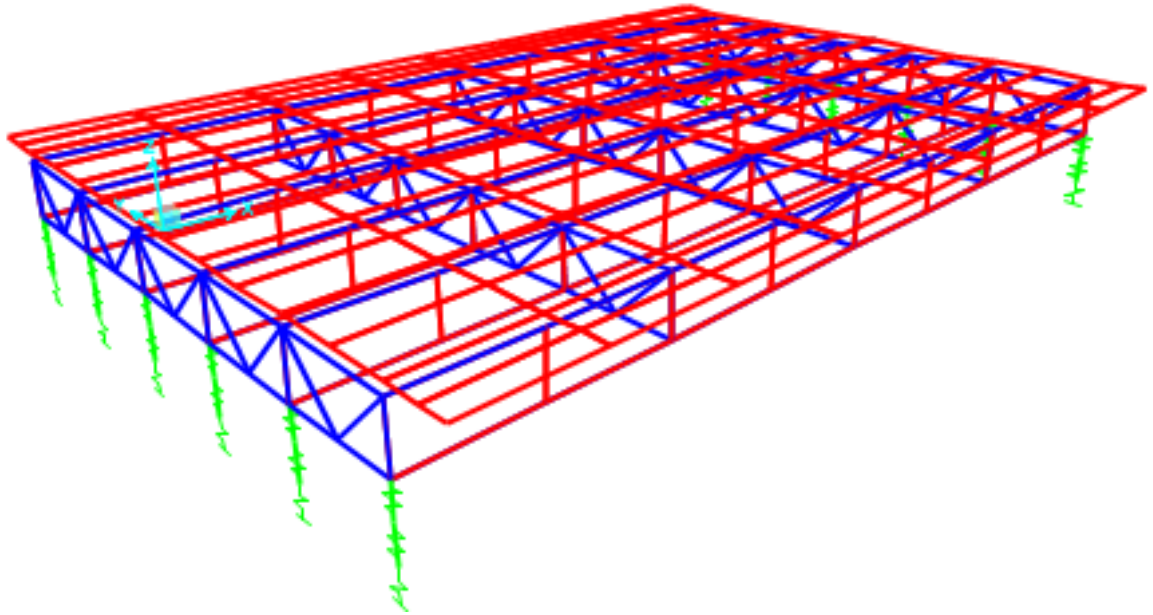


Figura 73. Visualización 3D del puente.

Fuente: Propia

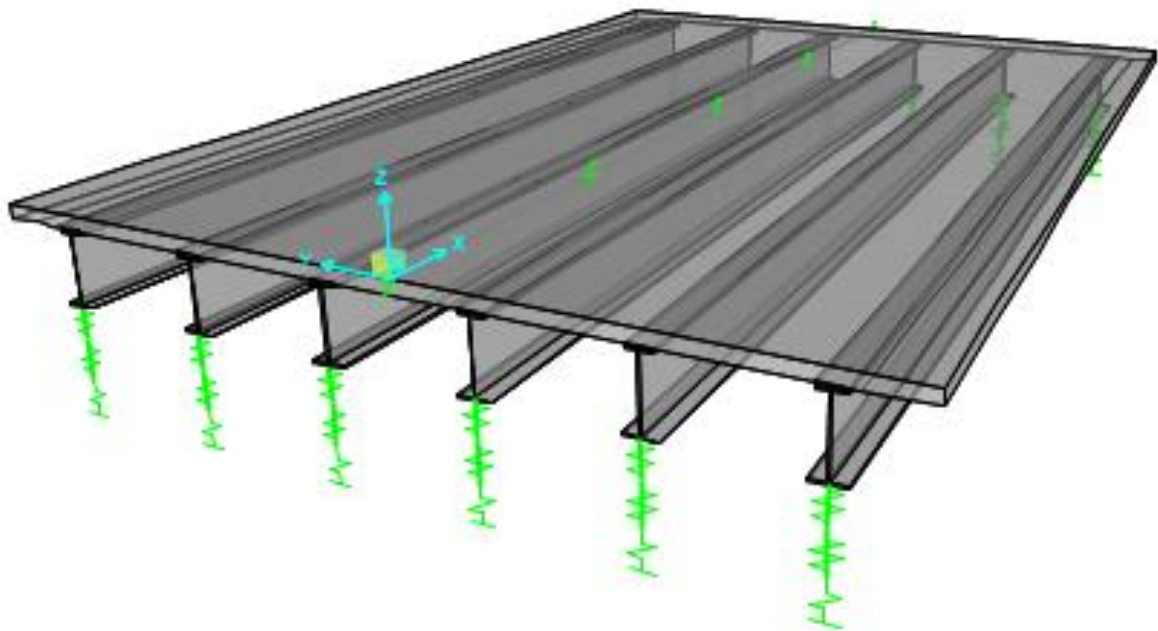


Figura 74. Visualización 3D del puente - Extruido

Fuente: Propia

Los resultados obtenidos al analizar la super estructura son

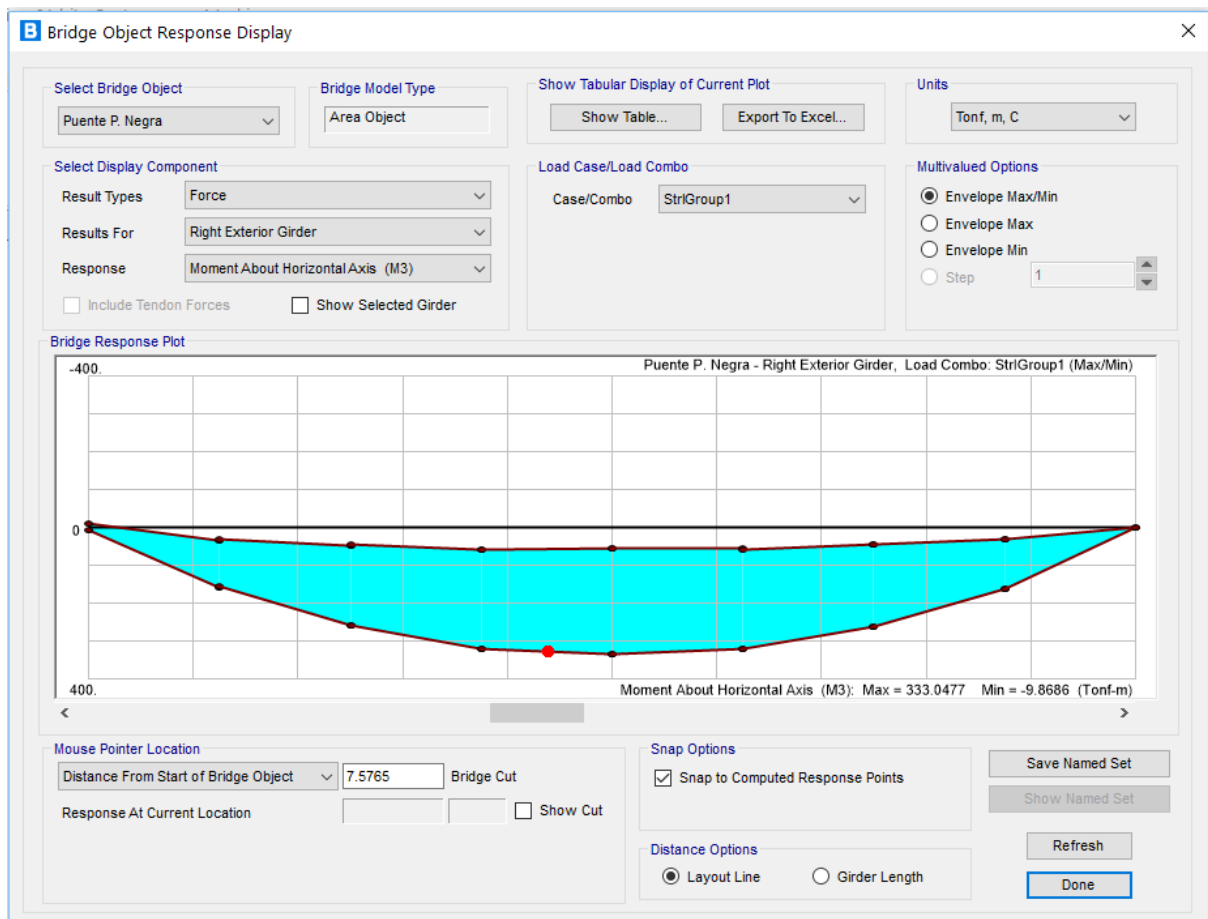


Figura 75. Resultados – Momentos en Esfuerzo I

Fuente: Propia

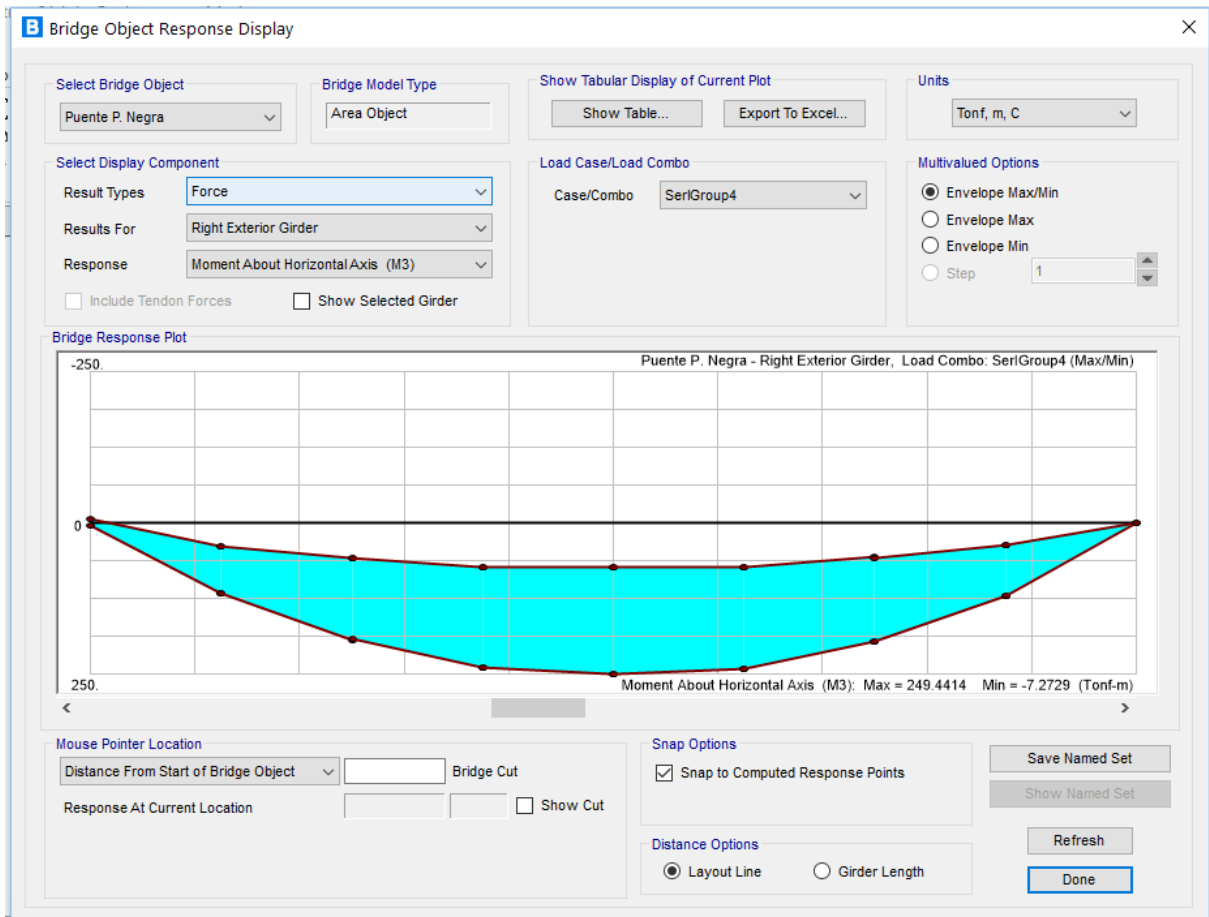


Figura 76. Resultados – Momentos en Servicio I

Fuente: Propia

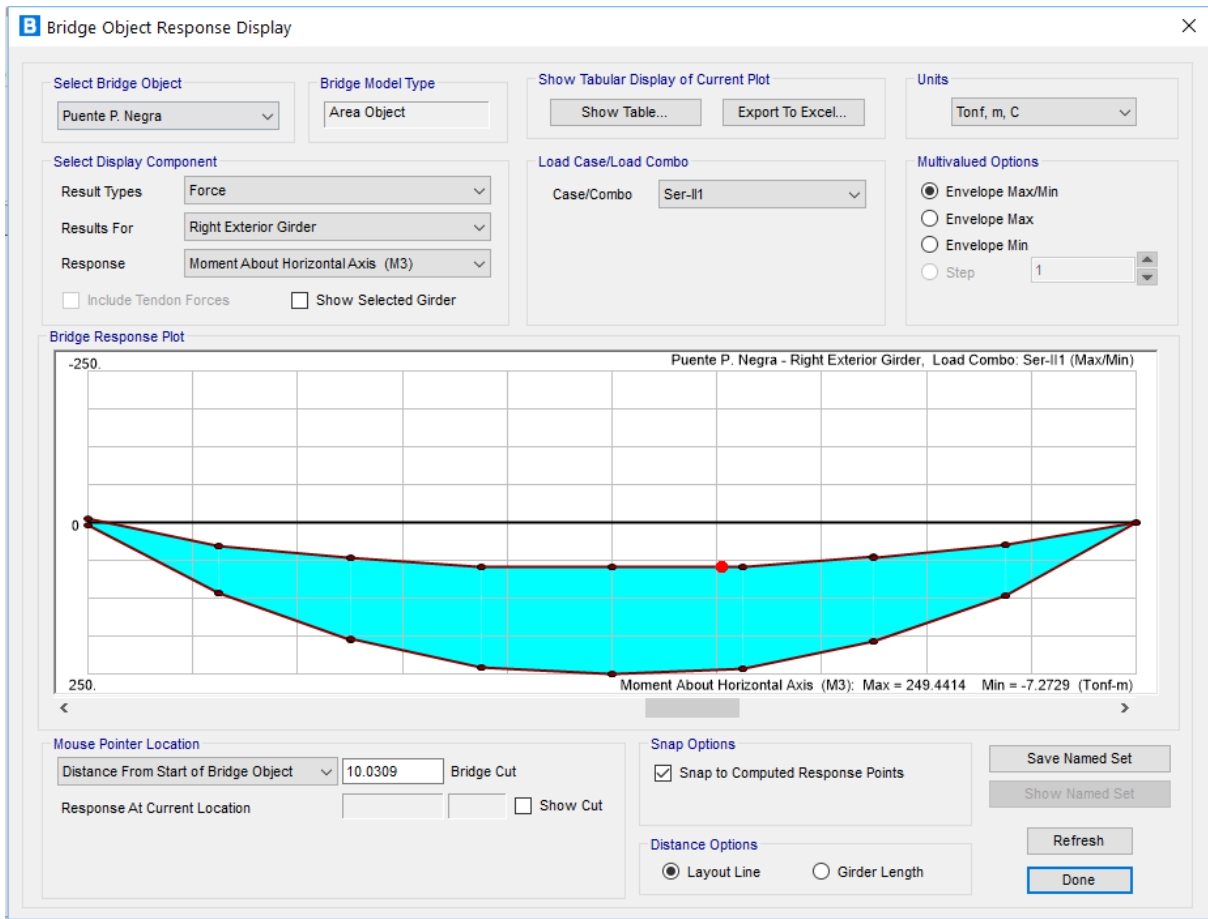


Figura 77. Resultados – Momentos en Servicio II

Fuente: Propia

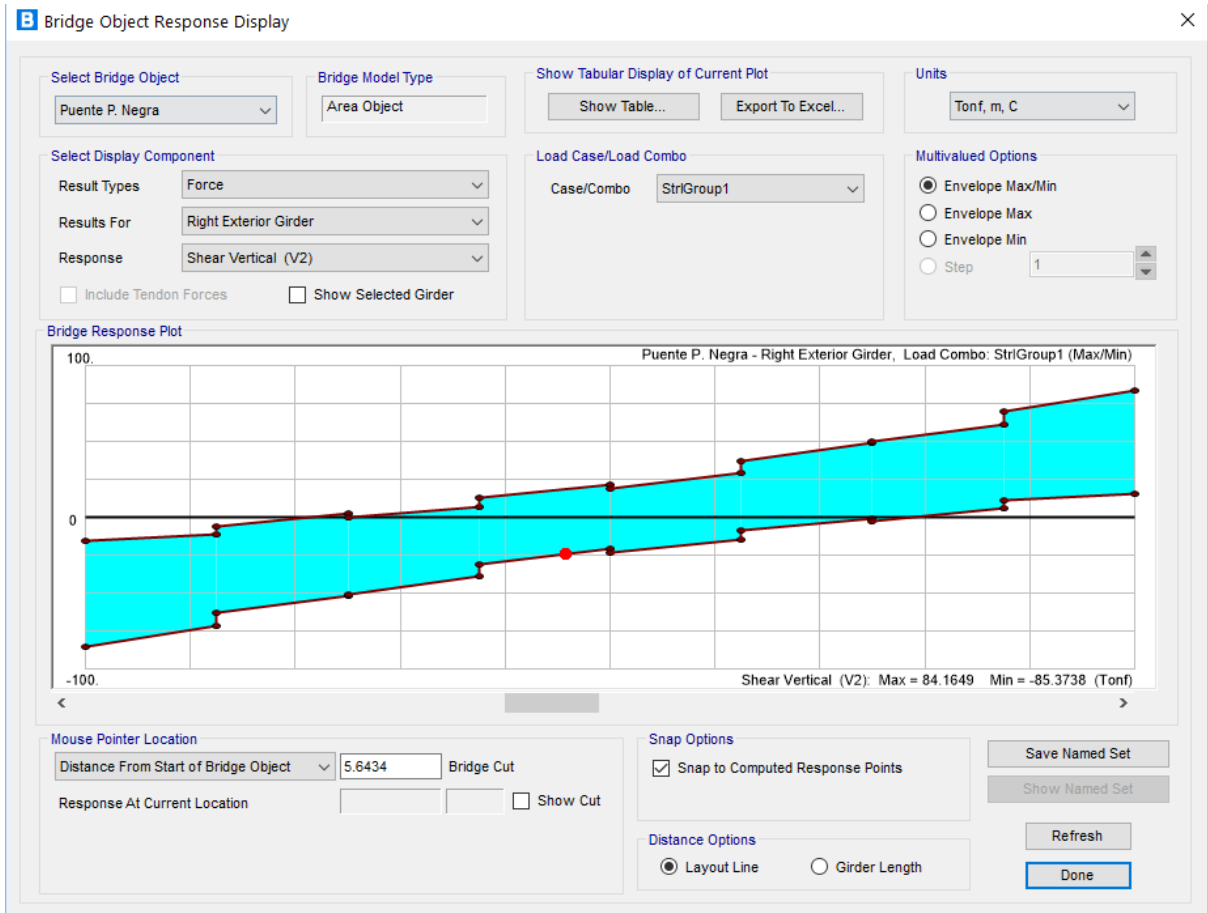


Figura 78. Resultados – Cortante en Esfuerzo I

Fuente: Propia

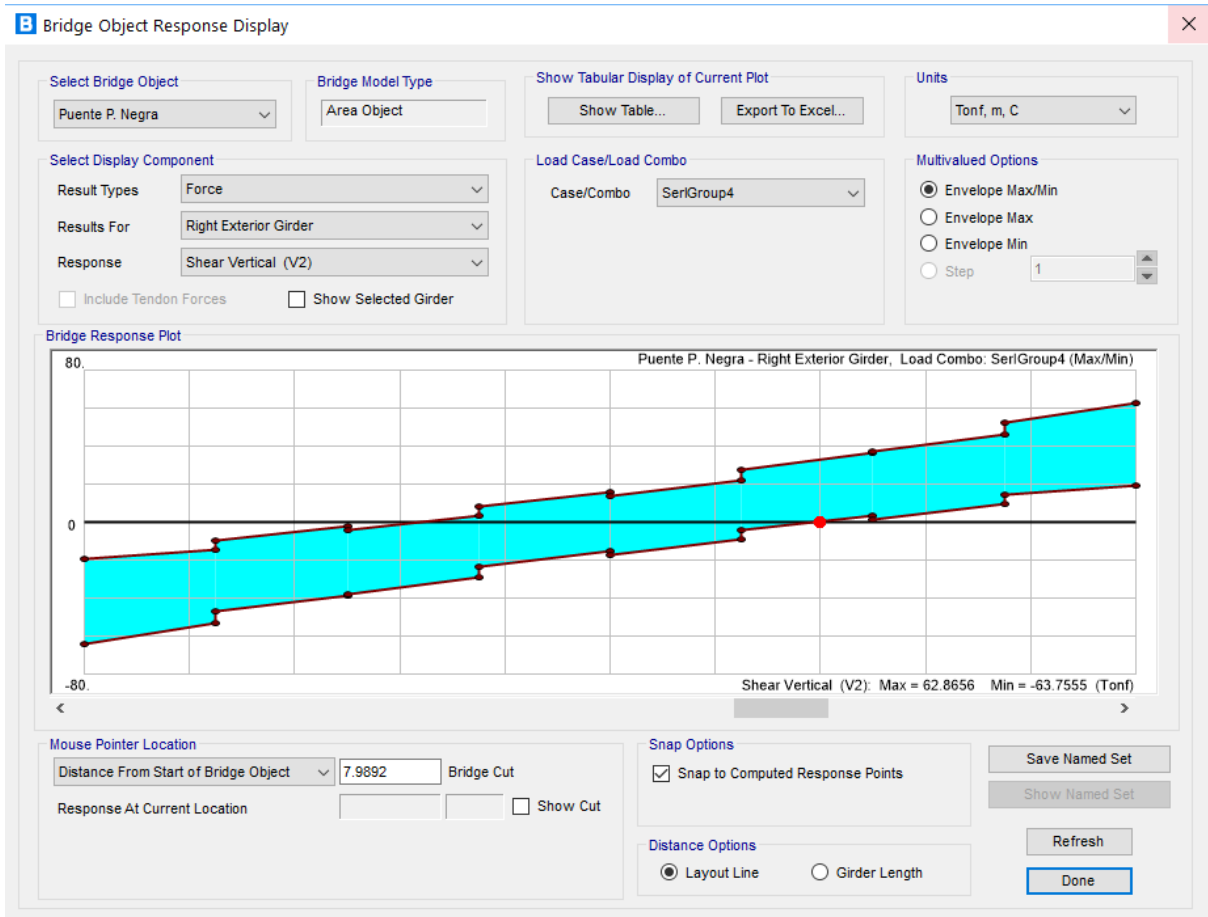


Figura 79. Resultados – Cortante en Servicio I

Fuente: Propia

Verificación de diseño, ratio de demanda entre la capacidad:

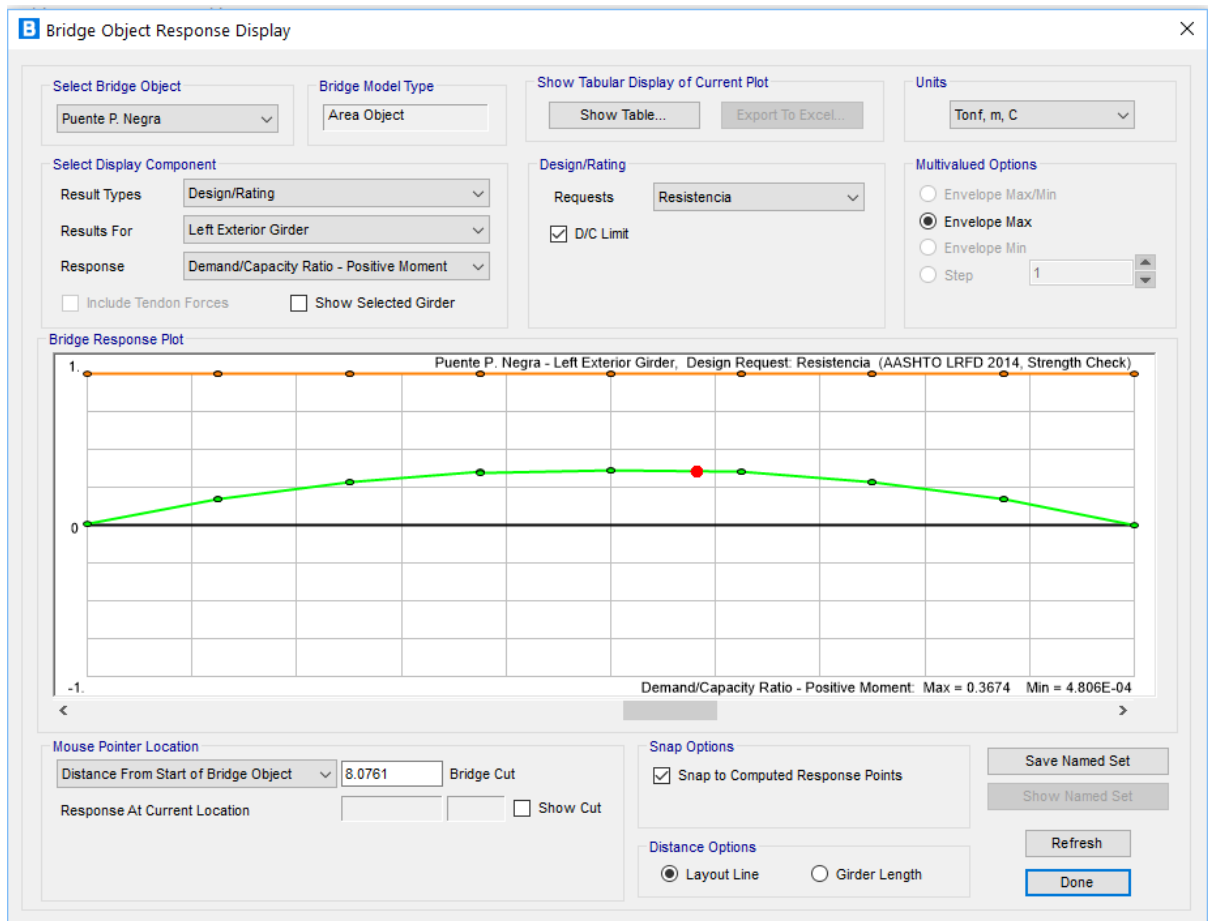


Figura 80. Resultados – ratio de demanda entre capacidad

Fuente: Propia

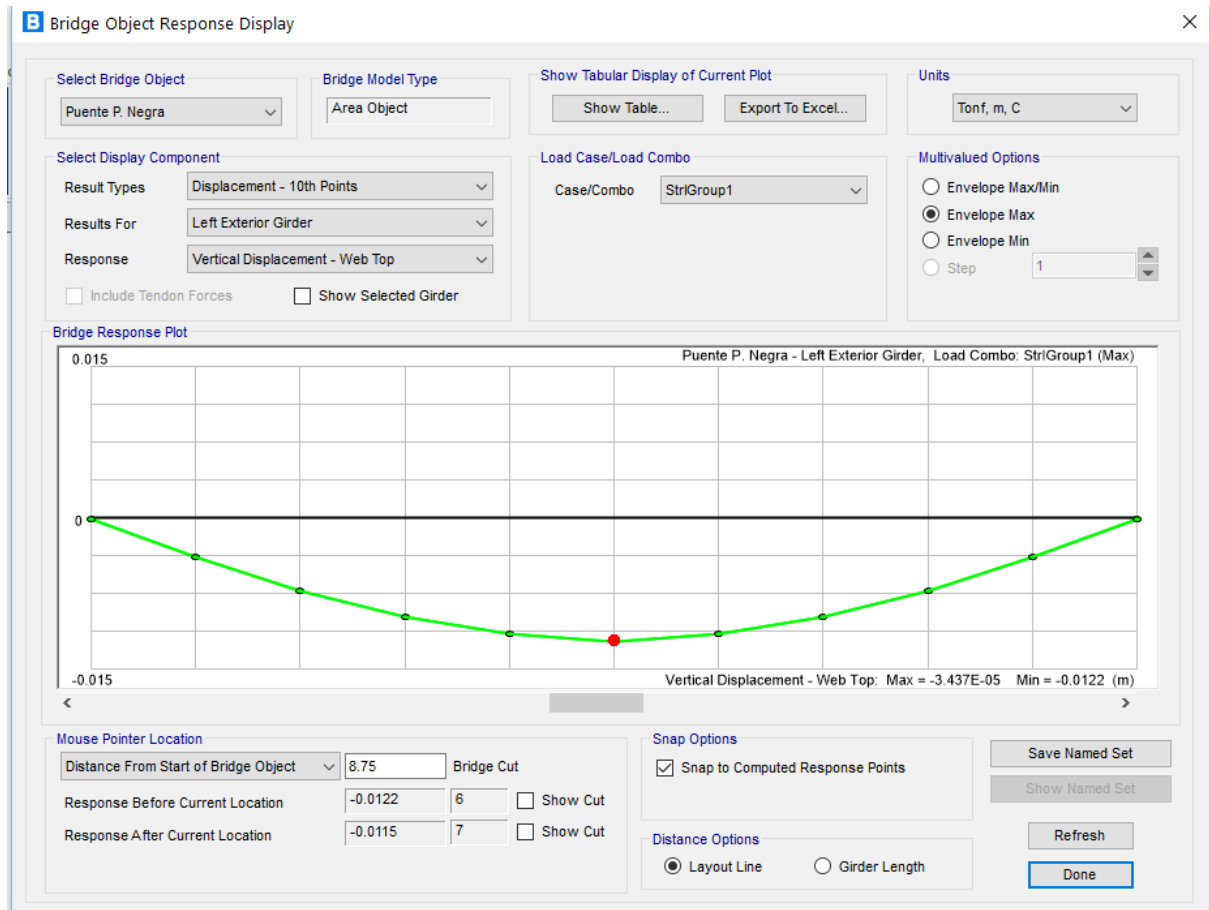


Figura 81. Máximo desplazamiento vertical.

Fuente: Propia

Se puede apreciar que, de los resultados obtenidos, el diseño de la superestructura se encuentra optima y que esta tiene holgura de resistencia, ya que esta no supera la ratio de 1.00 si no que está por debajo, y que al ser un puente que estará al servicio de una carretera de primera clase como lo es la Carretera Panamericana Sur su desempeño tiene que asegurar la continuidad de circulación de los usuarios.

V. DISCUSIÓN

El objetivo general planteado en la presente investigación, incluye la determinación del Diseño Geométrico y el Diseño de la Super Estructura del paso a desnivel del Puente Acceso Punta Negra.

La discusión del presente estudio será centrada en los softwares de ingeniería, los cuales fueron usados con el fin de agilizar, corroborar y diseñar los cálculos realizados de manera manual de acuerdo a las normativas (Manual de Puentes (2016) y el Manual de Carreteras DG-2018 y demás normativas vigentes), ya que el presente estudio atiende a los requerimientos obtenidos de una zona de estudio en específico, y los resultados son particulares para dicha zona de estudio.

Discusión sobre Determinación del Diseño Geométrico:

En la tesis titulada “Diseño del paso a desnivel en la intersección entre la Av. Escalón 1 y la Av. Maldonado, en el sur del Distrito Metropolitano de Quito, provincia de pichincha.”, de el país de Ecuador de los autores Juan Carlos Quilumba Chachapoya y Jhonny Fernando Quintana Osejo, tienen como objetivo específico “*Obtener el diseño geométrico más adecuado, que cumpla con todas las condiciones en donde se va a implantar la estructura*”, para satisfacer dicho objetivo hicieron uso de la herramienta Auto Cad Civil 3D para la importación y procesamiento de los puntos topográficos, así como para la obtención de los perfiles longitudinales, transversales, perfil de diseño y la compatibilización de empalme con la vía existente.

En el presente estudio se hizo uso del programa Auto Cad Civil 3D, con los mismos fines, tomando en consideración los cálculos hechos a mano de acuerdo a las solicitudes de la normativa DG-2018.

En ese sentido, se demuestra que el programa Auto Cad Civil 3D, es una herramienta muy útil y versátil que agiliza el procesamiento de la información obtenida del estudio topográfico, así como para diseñar las nuevas propuestas de Diseño Geométrico, finalmente en el mismo programa se puede emplantillar el diseño con el fin de obtener los planos de obras.

Discusión sobre Determinación del Diseño de la Super Estructura:

En la tesis titulada “Análisis y diseño de la Superestructura de un puente viga-losa de concreto armado de 20 metros de longitud, según normas de AASHTO STANDARD y AASHTO LRFD, mediante la aplicación de recursos informáticos”, de el país de Guatemala del autor Elioth Vinicio Santiago Gómez, tiene como objetivo general “Analizar un puente de 20 metros de longitud de concreto reforzado, bajo las normas AASHTO Standard y LRFD, para establecer un marco comparativo y proponer la utilización de un software especializado”, para satisfacer dicho objetivo hizo uso de la herramienta CSI Bridge versión 15, para el análisis y diseño de la superestructura de un puente viga-losa de concreto armado de 20 metros de longitud.

En el presente estudio hice uso del programa CSI Bridge versión 20, con los mismos fines, tomando en consideración los cálculos hechos a mano de acuerdo a las solicitudes del Manual de Puentes (2016).

El diseño realizado en el programa CSI Bridge v.22, demuestra que los resultados obtenidos están dentro del rango de más menos 10 % de variación respecto a los obtenidos en el diseño manual, y que en ambos casos para las verificaciones estas cumplen con los requerimientos de diseño de la ASSHTO LRFD

En ese sentido, se demuestra que el programa CSI Bridge, es una herramienta la cual proporciona mayor visualización al diseñador de puentes, determinando las condiciones de resultados más críticas a considerar, conforme a los tipos de combinación de estado límites (resistencia, evento extremo, servicio y fatiga), generando una serie de resultados para su diseño final (deformaciones, reacción de la superestructura, esfuerzos en la superestructura), junto a ello la reducción del tiempo de diseño de cálculo de un puente y con mayor precisión, siendo muy útil para el diseñador, obteniendo un criterio técnico para optimizar la generación de resultados.

VI. CONCLUSIONES

El nuevo diseño geométrico y superestructura del paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra, mejora la transitabilidad vehicular y peatonal cumpliendo con las normativas vigentes, ya que el proyecto permite acceder a los usuarios a Punta Negra desde la Panamericana Sur sentido sur y/o retornar a Lima, así como la ampliación de carril a la Panamericana Sur de 02 carriles a 03 carriles por sentido.

El nuevo diseño geométrico en base a la normatividad vigente mejoró la transitabilidad vehicular y peatonal, permitiendo así la transitabilidad de los usuarios.

El nuevo diseño de la superestructura en base a la normatividad vigente, mejoro la transitabilidad vehicular y peatonal cumpliendo con las normativas vigentes, el puente diseñado es un puente de sección compuesta losa de concreto y vigas metálicas, con un ancho de 12.80 m y 17.50m de largo, el puente cuenta con un ancho de rodadura de 12.00 m.

VII. RECOMENDACIONES

Cuando se realice el diseño Geométrico de una carretera, siempre hacerlo de acuerdo a la normativa vigente y dentro de los rangos permitidos, y cuando se haga el uso del AutoCAD Civil 3D ingresar los parámetros indicados por la DG 2018, a fin que el programa verifique y analice el diseño de acuerdo a la norma ingresada.

Cuando se haga uso de los recursos informáticos como el CSI Bridge, tener mucho cuidado con la información que se ingresa, las dimensiones y las unidades ya que estas pueden inducir al error de los cálculos y resultados.

Al usar una herramienta tan versátil como lo es el CSI Bridge, se requiere tener conocimientos de cuáles son los procedimientos y secuencia de pasos, ya que esta herramienta facilita la labor del diseñador, sin embargo, tiene muchas funciones que de acuerdo a cada diseño son particulares y el ingreso de los datos se tiene que realizar de manera constructiva a fin de hacer un análisis más preciso.

VIII. Referencias

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2012). *Norma AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*.
- Instituto Nacional de Estadísticas e Informática. (2014). *Estudio Poblacional de la Municipalidad de Lima. Promedio de Población y visitantes*. Lima: INEI.
- Fonseca, R. y Linares, O. (2015). *Diseño de un puente con vigas prefabricadas*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2009). *Vulnerabilidad de Peatones en Lima*. Lima: MTC.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico*. Lima: MTC.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016). *Manual de Puentes*. Lima: MTC.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Lima: MTC.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2003). *Manual de Diseño de Puentes*. Lima: MTC.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: MVCS.
- Parella, S. y Martins, F. (2010). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Vargas – Gutiérrez, A. (2016). *Experiencia en la gestión y construcción del puente Vilca sobre el río Chancay: Carretera Huaral – Acos*. Universidad de Piura, Perú.
- Vences, M. (2004). *Diseño estructural del puente Lima sobre el canal vía, Sullana*. Universidad de Piura, Perú.
- González, X. y Guzmán, X. (2008). *Consideraciones de Diseño en la Infraestructura de Puentes Carreteros*. Universidad de Oriente, Venezuela.

I. ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

ANEXO 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 03: TABLAS COMPLEMENTARIAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

ANEXO 04: REPORTE DE DISEÑO - CSI BRIDGE

ANEXO 05: PLANO TOPOGRÁFICO

ANEXO 06: PLANOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

ANEXO 07: PLANOS DE ESTRUCTURA EXISTENTE

ANEXO 08: PLANOS DE ESTRUCTURA PROYECTADA

ANEXO 09: TURNITIN - PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS

ANEXO 01:

“MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES”

MATRIZ OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA PARA MEJORAMIENTO DEL PASO A DESNIVEL PUENTE ACCESO PUNTA NEGRA KM 41+350 PANAMERICANA SUR”

	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Independiente	DISEÑO GEOMETRICO PUENTE ACCESO PUNTA NEGRA	El Diseño Geométrico del paso a desnivel permite a los usuarios ingresar a Punta Negra desde la panamericana Sur, así mismo a través de este paso a desnivel les permite acceder a la panamericana Sur o realizar retornos. Este Diseño atiende a los volúmenes vehiculares proyectados en la Panamericana Sur, por lo que el puente dispone de 3 carriles por sentido y en la parte inferior cuenta con carriles de 3.60m y bermas de 3.00m en las cuales pueden circular vehículos pesados y el galibo cumple con los 5.50m de altura. (Manual de Carreteras MTC -Diseño Geométrico DG-2018).	Para el Diseño Geométrico a paso a desnivel nos guiaremos de acuerdo a normas vigentes, para tener en cuenta los diferentes criterios que se deberán adoptar para definir el Diseño Geométrico a paso a desnivel de la carretera, además de tener en cuenta las características del terreno con la finalidad de definir la geometría de la vía.	Estudio Topográfico	Área de Estudio	Razón (m2)
					Inclinación del Terreno	Intervalo (m)
					Secciones Transversales	Intervalo Grados
					Perfil Longitudinal	Intervalo (m)
					Cotas	Intervalo m.s.n.m
				Diseño Geométrico paso a desnivel	Radio de las Curvas	Razón (m)
					Longitud de Curva	Intervalo (m)
					Velocidad de Diseño	Intervalo (km/h)
					Longitud de Transición	Intervalo (m)
					Pendientes	Intervalo (%)
	DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA PUENTE ACCESO PUNTA NEGRA	El Diseño de la Superestructura es un puente de sección compuesta. En la cual la losa es de concreto armado y las vigas de acero estructural, las vigas trabajan a flexión y cortante y la losa de concreto transmite las cargas a las vigas, se diseñó la superestructura que pase las verificaciones y las combinaciones de carga Esfuerzo 1 Servicio, Fatiga y Servicio de acuerdo a los requerimientos del Manual de Puentes 2018- MTC.	Para el Diseño de la Super estructura nos guiaremos de acuerdo a normas vigentes nacionales e Internacionales, el diseño estructural solo contempla a la superestructura, por lo que se conceptualiza que esta ira apoyada en vigas que a su vez estarán apoyados sobre estribos.	Diseño de Losa	Metrado de Cargas	Intervalo (ton/m2)
					Carga Permanente	Intervalo (ton/m)
					Carga Viva	Intervalo (ton/m)
Diseño de Viga				Peralte Estructural	Razón (m)	
				Sección Metálica (Viga)	Intervalo (cm)	
				Cargas Actuales	Razón (ton)	
				Resistencia a Flexión	Razón (ton / m)	
				Cortante	Razón (cm)	
				Combinaciones de Carga	Intervalo (ton/m)	
MEJORAMIENTO DEL PASO A DESNIVEL KM 41+350 PANAMERICANA SUR	Consiste en mejorar o ampliar las características técnicas y geométricas de las carreteras con variaciones en el eje transversal o eje vertical, ampliación de curvas y cambios en las características de la superficie de rodadura respecto al diseño de la carretera (Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial 2006)	Nivel de servicio de transitabilidad vehicular y peatonal mejora la vía según clasificación	Transporte Vial	Beneficiarios	Nominal	
				Vehículo Proyectado	Nominal	
				camino	Nominal	

ANEXO 02:

“MATRIZ DE CONSISTENCIA”

ANEXO N°2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

“DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA PARA MEJORAMIENTO DEL PASO A DESNIVEL PUENTE ACCESO PUNTA NEGRA KM 41+350 PANAMERICANA SUR”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA
General	General	General	VI: DISEÑO GEOMÉTRICO PUENTE ACCESO PUNTA NEGRA	Tipo descriptivo con propositivo no experimental	Diseño de Investigación
¿Cómo influirá el diseño geométrico y el diseño de la superestructura en el mejoramiento del paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra?	Determinar el diseño geométrico y el diseño de la superestructura para el mejoramiento del paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra	El diseño geométrico y el diseño de la superestructura mejorará la transitabilidad en el desplazamiento vehicular y peatonal de los usuarios del paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra.			OBSERVACIONAL Tipo de Investigación APLICATIVA
Específicos	Específicos	Específicos	VI= DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA PUENTE ACCESO PUNTA NEGRA		Nivel de Investigación EXPLICATIVA Enfoque de Investigación CUANTITATIVO
¿Cómo influye el Diseño Geométrico en el mejoramiento del paso a desnivel del puente acceso Punta Negra?	Diseñar la geometría del paso a desnivel del Puente Acceso Punta Negra para el mejoramiento de la transitabilidad.	El nuevo diseño geométrico del paso a desnivel Puente Acceso Punta Negra, mejorará la transitabilidad vehicular y peatonal cumpliendo con las normativas vigentes.		VD=MEJORAMIENTO DEL PASO A DESNIVEL KM 41+350 PANAMERICANA SUR	Población: PUNTA NEGRA Muestra: PUENTE DE ACCESO PUNTA NEGRA
¿Cómo influye el Diseño de la superestructura en el mejoramiento del paso a desnivel del puente acceso Punta Negra?	Diseñar la superestructura del paso a desnivel del Puente Acceso Punta Negra para el mejoramiento de la transitabilidad.	El nuevo diseño de la superestructura del Puente Acceso Punta Negra, mejorará la transitabilidad vehicular y peatonal cumpliendo con las normativas vigentes.			

ANEXO 03:

“TABLAS COMPLEMENTARIAS DE DISEÑO GEOEMÉTRICO”

Tabla 302.02					
Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras					
Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.10	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
	120	4.00	0.09	872.2	875
Área rural (con peligro de hielo)	130	4.00	0.08	1,108.9	1,110
	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.9	255
	90	6.00	0.13	335.9	335
	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
Área rural (plano u ondulada)	120	6.00	0.09	755.9	755
	130	6.00	0.08	950.5	950
	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
Área rural (accidentada o escarpada)	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
	130	8.00	0.08	831.7	835
	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
100	12.00	0.12	328.1	330	
110	12.00	0.11	414.2	415	
120	12.00	0.09	539.9	540	
130	12.00	0.08	665.4	665	

Fuente: DG 2018 MTC.

Tabla 303.01
Pendientes máximas
(%)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera					
Vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400					
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase					
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Velocidad de diseño: 30 km/h																					10.00	10.00
40 km/h																	9.00	8.00	9.00	10.00		
50 km/h											7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	8.00		
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00				
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00				
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00		6.00	6.00			7.00	7.00				
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00			6.00				6.00	6.00				
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00									
110 km/h	4.00	4.00			4.00																	
120 km/h	4.00	4.00			4.00																	
130 km/h	3.50																					

Notas:

1. En caso que se desee pasar de carreteras de Primera o Segunda Clase, a una autopista, las características de éstas se deberán adecuar al orden superior inmediato.
2. De presentarse casos no contemplados en la presente tabla, su utilización previo sustento técnico, será autorizada por el órgano competente del MTC.

Fuente: DG 2018 MT

Tabla 205.01 -A						
Distancia de visibilidad de parada con pendiente (metros)						
Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	283	293	304	234	223	214
130	310	338	375	267	252	238

Fuente: DG 2018 MTC.

Tabla 502.03
Valores en giros mínimos en intersecciones canalizadas

Vehículo tipo	Ángulo de giro (°)	Curva compuesta de tres centros simétrica (Ver Figura 502.03)		Ancho del ramal (m)	Tamaño aproximado de la isla (m ²)
		Radios (m)	Desplazamiento (m)		
VL	75	45---22.5---45	1.05	4.20	5.50
VP		45---22.5---45	1.50	5.40	4.50
VA		54---27.0---54	1.05	6.00	4.50
VL	90	45---15.0---45	0.90	4.20	4.50
VP		45---15.0---45	1.50	5.40	7.50
VA		54---19.5---54	1.80	6.00	11.50
VL	105	36---12.0---36	0.60	4.50	6.50
VP		30---10.5---30	1.50	6.60	4.50
VA		54---13.5---54	2.40	9.00	5.50
VL	120	30.0 ---9.0---30.0	0.75	4.80	11.00
VP		30.0 ---9.0---30.0	1.50	7.20	8.40
VA		54---12.0---54	2.55	10.40	20.40
VL	135	30.0 ---9.0---30.0	0.75	4.80	43.00
VP		30.0 ---9.0---30.0	1.50	7.90	34.50
VA		48---10.5---48	2.70	10.70	60.00
VL	150	30.0 ---9.0---30.0	0.75	4.80	130.00
VP		30.0 ---9.0---30.0	1.80	9.00	110.00
VA		48---10.5---48	2.15	11.60	160.00

(*) Radio del borde inferior del pavimento en la curva

Fuente: DG 2018 MTC.

Tabla 502.07 Anchos de calzada en ramales de giro									
(m)	Anchos de calzada en ramales (m)								
	Caso I 1 carril 1 sentido Sin adelantar			Caso II 1 carril 1 sentido Con adelantar			Caso III 2 Carriles 1 o 2 Sin adelantar		
	Características del tránsito								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5.5	5.5	7	7	7.6	8.8	9.4	10.6	12.8
20	5	5.3	6.2	6.6	7.2	8.4	9	10.2	11.7
22.5	4.8	5.1	5.8	6.4	7	8.2	8.8	10	11.2
25	4.7	5	5.7	6.3	6.9	8	8.7	9.8	11
30	4.5	4.9	5.4	6.1	6.7	7.6	8.5	9.4	10.6
40	4.3	4.9	5.2	5.9	6.5	7.4	8.3	9.2	10.2
45	4.2	4.8	5.1	5.8	6.4	7.3	8.2	9.1	10
60	4	4.8	4.9	5.8	6.4	7	8.2	8.8	9.4
80	4	4.7	4.9	5.6	6.2	6.8	8	8.6	9.2
90	3.9	4.6	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	9.1
100	3.9	4.6	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	9
120	3.9	4.5	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	8.8
150	3.7	4.5	4.6	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	8.8
250	3.7	4.5	4.4	5.4	6	6.6	7.6	8.3	8.5
Tangente	3.7	4	4	5.2	5.8	6.4	7.4	8	8

Fuente: DG 2018 MTC.

Tabla 502.08 Modificación de anchos de calzada por efecto de bermas y sardinel			
Características	Caso I	Caso II	Caso III
Bermas sin pavimento	Sin modificación	Sin modificación	Sin modificación
Sardinel a nivel	Sin modificación	Sin modificación	Sin modificación
Sardinel Elevado	Un lado	Añadir 0,30	Sin modificación
	Dos lados	Añadir 0,30	Añadir 0,30
Berma pavimentada en uno o ambos lados	Sin modificación	Deducir ancho de las bermas Ancho mínimo similar al caso I.	Deducir 0,60 dónde la berma sea de 1,20 m como mínimo

Fuente: DG 2018 MTC.

Tabla 502.03
Valores en giros mínimos en intersecciones canalizadas

Vehículo tipo	Ángulo de giro (°)	Curva compuesta de tres centros simétrica (Ver Figura 502.03)		Ancho del ramal (m)	Tamaño aproximado de la isla (m ²)
		Radios (m)	Desplazamiento (m)		
VL VP VA	75	45---22.5---45 45---22.5---45 54---27.0---54	1.05 1.50 1.05	4.20 5.40 6.00	5.50 4.50 4.50
VL VP VA	90	45---15.0---45 45---15.0---45 54---19.5---54	0.90 1.50 1.80	4.20 5.40 6.00	4.50 7.50 11.50
VL VP VA	105	36---12.0---36 30---10.5---30 54---13.5---54	0.60 1.50 2.40	4.50 6.60 9.00	6.50 4.50 5.50
VL VP VA	120	30.0 ---9.0---30.0 30.0 ---9.0---30.0 54---12.0---54	0.75 1.50 2.55	4.80 7.20 10.40	11.00 8.40 20.40
VL VP VA	135	30.0 ---9.0---30.0 30.0 ---9.0---30.0 48---10.5---48	0.75 1.50 2.70	4.80 7.90 10.70	43.00 34.50 60.00
VL VP VA	150	30.0 ---9.0---30.0 30.0 ---9.0---30.0 48---10.5---48	0.75 1.80 2.15	4.80 9.00 11.60	130.00 110.00 160.00

(*) Radio del borde inferior del pavimento en la curva

Fuente: DG 2018 MTC.

ANEXO 04:

“REPORTE DE DISEÑO - CSI BRIDGE”

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

Designer: ____; Date: mar. 22 2021

Checker: ____; Date: mar. 22 2021

Steel I Beam with Composite Slab

Ultimate Design

Live Load Distribution Factors

Design Standard:
AASHTO LRFD 7th Edition, 2014
with 2015 Interim Revisions

Designer: ____; Date: mar. 22 2021

Checker: ____; Date: mar. 22 2021

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

Live Load Distribution Factors were not calculated since the option was not selected in the design request.

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

Designer: ____; Date: mar. 22 2021

Checker: ____; Date: mar. 22 2021

Steel I Beam with Composite Slab

Ultimate Design

1. Demands

Design Standard:
AASHTO LRFD 7th Edition, 2014
with 2015 Interim Revisions

Designer: ___; Date: mar. 22 2021

Checker: ___; Date: mar. 22 2021

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

Summary of Positive Moment Demands

Location	Combination	Moment MNonComp	Moment MCompLongT	Moment MCompShortT	Moment Mu (zero if neg)
Left Exterior Girder	Str-I1	0kN-m	-7kN-m	68kN-m	61kN-m
Interior Girder 1	Str-I1	0kN-m	2kN-m	49kN-m	51kN-m
Interior Girder 2	Str-I1	0kN-m	5kN-m	29kN-m	34kN-m
Interior Girder 3	Str-I1	0kN-m	5kN-m	27kN-m	32kN-m
Interior Girder 4	Str-I1	0kN-m	2kN-m	42kN-m	44kN-m
Right Exterior Girder	Str-I1	0kN-m	-7kN-m	55kN-m	48kN-m

Summary of Negative Moment Demands

Location	Combination	Moment MNonComp	Moment MCompLongT	Moment MCompShortT	Moment Mu (zero if pos)
Left Exterior Girder	Str-I1	0kN-m	-7kN-m	-77kN-m	-84kN-m
Interior Girder 1	Str-I1	0kN-m	2kN-m	-41kN-m	-39kN-m
Interior Girder 2	Str-I1	0kN-m	5kN-m	-21kN-m	-16kN-m
Interior Girder 3	Str-I1	0kN-m	5kN-m	-24kN-m	-19kN-m
Interior Girder 4	Str-I1	0kN-m	2kN-m	-48kN-m	-46kN-m
Right Exterior Girder	Str-I1	0kN-m	-7kN-m	-90kN-m	-97kN-m

Summary of Demands Controlling Shear D/C

Designer: ____; Date: mar. 22 2021

Checker: ____; Date: mar. 22 2021

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

Location	Combination	Shear Vu
Left Exterior Girder	Str-I1 Max	789kN
Interior Girder 1	Str-I1 Max	651kN
Interior Girder 2	Str-I1 Max	574kN
Interior Girder 3	Str-I1 Max	579kN
Interior Girder 4	Str-I1 Max	661kN
Right Exterior Girder	Str-I1 Max	838kN

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

Designer: ____; Date: mar. 22 2021

Checker: ____; Date: mar. 22 2021

Steel I Beam with Composite Slab

Ultimate Design

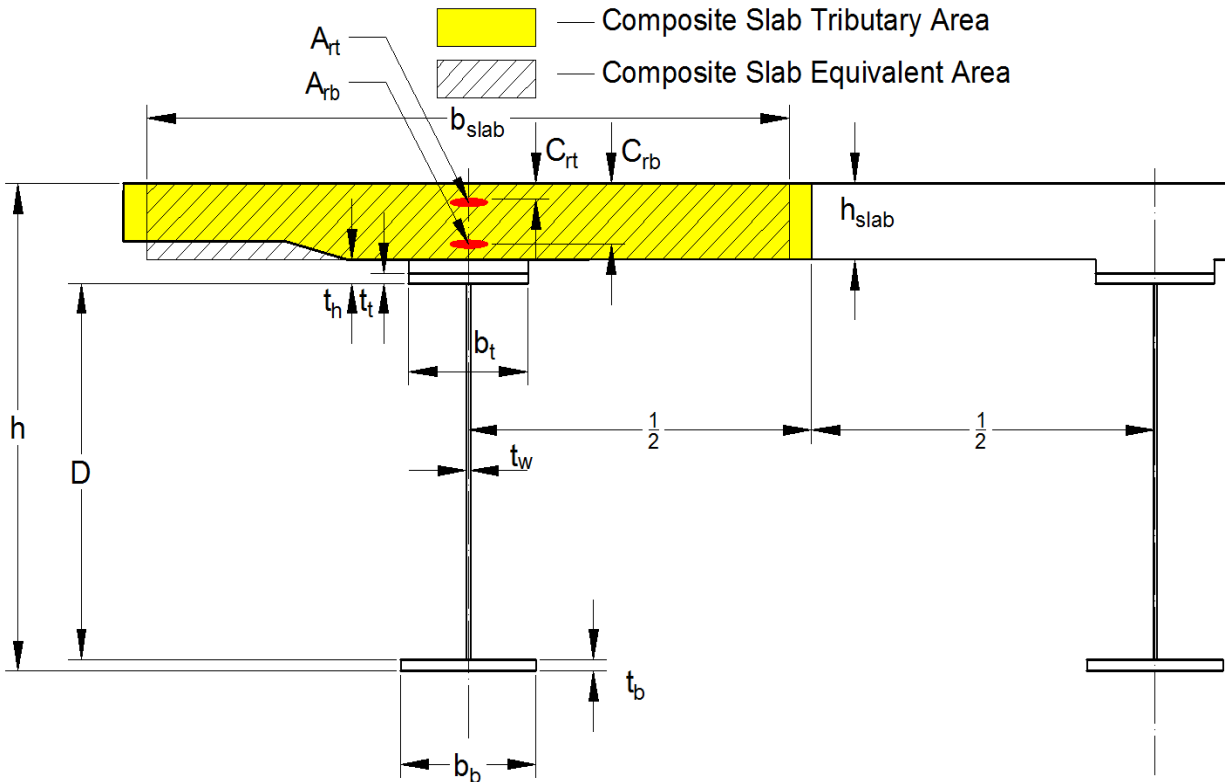
2. Resistance

Design Standard:
AASHTO LRFD 7th Edition, 2014
with 2015 Interim Revisions

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
 Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

Geometry and Materials - Left Exterior Girder



$\phi_f = 1.00$
 $\phi_v = 1.00$
 $f_{cslab} = 27.5 \text{ MPa}$
 $E_{cslab} = 24622.9 \text{ MPa}$
 $f_y = 413.8 \text{ MPa}$
 $b_{slab} = 2160 \text{ mm}$
 $h_{slab} = 200 \text{ mm}$
 $t_h = 75 \text{ mm}$
 $A_{rt} = 0 \text{ mm}^2$
 $A_{rb} = 0 \text{ mm}^2$
 $C_{rt} = 0 \text{ mm}$
 $C_{rb} = 0 \text{ mm}$

$t_t = 25 \text{ mm}$
 $b_t = 350 \text{ mm}$
 $f_{yt} = 344.9 \text{ MPa}$
 $D = 1000 \text{ mm}$
 $t_w = 20 \text{ mm}$
 $f_{yw} = 344.9 \text{ MPa}$
 $t_b = 25 \text{ mm}$
 $b_b = 450 \text{ mm}$
 $f_{yb} = 344.9 \text{ MPa}$
 $E_s = 196200.0 \text{ MPa}$
 Is beam rolled? - No
 Does web has longitudinal stiffeners? - No

$I_{xxbeam} = 6879793294 \text{ mm}^4$
 $S_{xxbeamtop} = 12350821 \text{ mm}^3$
 $S_{xxbeambot} = 13955841 \text{ mm}^3$

Cross Section Proportion Limits

Verify web proportions:

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

$$\frac{D}{t_w} = \frac{1000}{20} = 50 \leq 150 \quad \text{O.K.}$$

LRFD eq. 6.10.2.1.1-1

Verify top flange proportions:

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{350}{2 \times 25} = 7 \leq 12.0 \quad \text{O.K.}$$

LRFD eq. 6.10.2.2-1

$$b_f \geq \frac{D}{6} \Rightarrow 350 \geq \frac{1000}{6} = 167 \quad \text{O.K.}$$

LRFD eq. 6.10.2.2-2

$$t_f \geq 1.1t_w \Rightarrow 25 \geq 1.1 \times 20 = 22 \quad \text{O.K.}$$

LRFD eq. 6.10.2.2-3

Verify bottom flange proportions:

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{450}{2 \times 25} = 9 \leq 12.0 \quad \text{O.K.}$$

LRFD eq. 6.10.2.2-1

$$b_f \geq \frac{D}{6} \Rightarrow 450 \geq \frac{1000}{6} = 167 \quad \text{O.K.}$$

LRFD eq. 6.10.2.2-2

$$t_f \geq 1.1t_w \Rightarrow 25 \geq 1.1 \times 20 = 22 \quad \text{O.K.}$$

LRFD eq. 6.10.2.2-3

Moment of inertia of flanges about the vertical axis in the plane of the web

$$\text{Top flange: } I_{yftop} = \frac{1}{12} t_f b_f^3 = \frac{1}{12} 25 \times 350^3 = 89322917 \text{mm}^4$$

$$\text{Bottom flange: } I_{yfbot} = \frac{1}{12} t_f b_f^3 = \frac{1}{12} 25 \times 450^3 = 189843750 \text{mm}^4$$

Verify equation LRFD eq. 6.10.2.2-4 for positive moment

$$0.1 \leq \frac{I_{yftop}}{I_{yfbot}} \leq 10 \Rightarrow 0.1 \leq \frac{89322917}{189843750} = 0.47 \leq 10 \quad \text{O.K.}$$

Verify equation LRFD eq. 6.10.2.2-4 for negative moment

$$0.1 \leq \frac{I_{yfbot}}{I_{yftop}} \leq 10 \Rightarrow 0.1 \leq \frac{189843750}{89322917} = 2.13 \leq 10 \quad \text{O.K.}$$

Plastic Section PropertiesPlastic Moment Capacity for Positive Bending

Per LRFD D6.1 the forces in longitudinal reinforcement are conservatively neglected.

Calculate forces in elements:

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia

Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

$$P_s = 0.85f'_{cslab}b_{slab}h_{slab} = 0.85 \times 27.5 \times 2160 \times 200 = 10086.2kN$$

$$P_c = f_{yt}b_t t_t = 344.9 \times 350 \times 25 = 3017.5kN$$

$$P_w = f_{yw}Dt_w = 344.9 \times 350 \times 25 = 6897.1kN$$

$$P_t = f_{yb}b_b t_b = 344.9 \times 450 \times 25 = 3879.6kN$$

Calculate position of plastic neutral axis:

Since $P_t + P_w + P_c \geq P_s = 3879.6 + 6897.1 + 3017.5 = 13794.2kN \geq 10086.2kN$ plastic neutral axis is located in the top flange.

$$\bar{Y} = \left(\frac{t_c}{2}\right) \left(\frac{P_w + P_t - P_s}{P_c} + 1\right) = \left(\frac{25}{2}\right) \left(\frac{6897.1 + 3879.6 - 10086.2}{3017.5} + 1\right) = 15mm \text{ measured from top of top flange}$$

Calculate distances from the element force to the plastic neutral axis.

$$d_s = \frac{h_{slab}}{2} + t_h - t_t + \bar{Y} = \frac{200}{2} + 75 - 25 + 15 = 165mm$$

$$d_w = t_t + \frac{D}{2} - \bar{Y} = 25 + \frac{1000}{2} - 15 = 510mm$$

$$d_t = \frac{t_b}{2} + D + t_t - \bar{Y} = \frac{25}{2} + 1000 + 25 - 15 = 1022mm$$

$$\begin{aligned} M_{pPos} &= \frac{P_c}{2t_t} (\bar{Y}^2 + (t_t - \bar{Y})^2) + (P_s d_s + P_w d_w + P_t d_t) \\ &= \frac{1}{1000} \left(\frac{3017.5}{2 \times 25} (15^2 + (25 - 15)^2) \right. \\ &\quad \left. + (10086.2 \times 165 + 6897.1 \times 510 + 3879.6 \times 1022) \right) = 9168.3kNm \end{aligned}$$

Verify ductility requirement per LRFD 6.10.7.3-1. Per LRFD C6.10.7.3-1 neglect haunch when calculating D_t .

$$D_p \leq 0.42D_t \Rightarrow 265 \leq 0.42 \times 1250 = 525 \quad \text{O.K.}$$

Depth of web in compression at positive plastic moment per LRFD D6.3.2.

Since PNA is not located within the web $D_{cpPos}=0$

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior GirderPlastic Moment Capacity for Negative Bending

Calculate forces in elements:

$$P_c = f_{yb} b_b t_b = 344.9 \times 450 \times 25 = 3879.6 \text{ kN}$$

$$P_w = f_{yw} D t_w = 344.9 \times 350 \times 25 = 6897.1 \text{ kN}$$

$$P_t = f_{yt} b_t t_t = 344.9 \times 350 \times 25 = 3017.5 \text{ kN}$$

$$P_{rt} = f_y A_{rt} = 413.8 \times 0 = 0.0 \text{ kN}$$

$$P_{rb} = f_y A_{rb} = 413.8 \times 0 = 0.0 \text{ kN}$$

Calculate position of plastic neutral axis:

Since $P_c + P_w \geq P_t + P_{rb} + P_{rt} \Rightarrow 3879.6 + 6897.1 = 10776.7 \text{ kN} \geq 3017.5 + 0.0 + 0.0 = 3017.5 \text{ kN}$ plastic neutral axis is located in the web.

$$\bar{Y} = \frac{D}{2} \left(\frac{P_c - P_t - P_{rt} - P_{rb}}{P_w} + 1 \right) = \frac{1000}{2} \left(\frac{3879.6 - 3017.5 - 0.0 - 0.0}{6897.1} + 1 \right) = 563 \text{ mm measured from top of web}$$

Calculate distances from the element force to the plastic neutral axis.

$$d_{rt} = h_{slab} + t_h - C_{rt} + \bar{Y} = 200 + 75 - 0 + 563 = 838 \text{ mm}$$

$$d_{rb} = h_{slab} + t_h - C_{rb} + \bar{Y} = 200 + 75 - 0 + 563 = 838 \text{ mm}$$

$$d_t = \bar{Y} + \frac{t_t}{2} = 563 + \frac{25}{2} = 575 \text{ mm}$$

$$d_c = D - \bar{Y} + \frac{t_b}{2} = 1000 - 563 + \frac{25}{2} = 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pNeg} &= \frac{P_w}{2D} (\bar{Y}^2 + (D - \bar{Y})^2) + (P_{rt} d_{rt} + P_{rb} d_{rb} + P_t d_t + P_c d_c) \\ &= \frac{1}{1000} \left(\frac{6897.1}{2 \times 1000} (563^2 + (1000 - 563)^2) \right. \\ &\quad \left. + (0.0 \times 838 + 0.0 \times 838 + 3017.5 \times 575 + 3879.6 \times 450) \right) = 5232.1 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Depth of web in compression at negative plastic moment per LRFD D6.3.2.

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia

Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

$$\begin{aligned}
 D_{cpNeg} &= \frac{D}{2f_{yw}t_w D} (f_{yt}t_t b_t + f_{yw}t_w D + f_y(A_{rt} + A_{rb}) - f_{yb}t_b b_b) \\
 &= \frac{1000}{2 \times 344.9 \times 20 \times 1000} (344.9 \times 25 \times 350 + 344.9 \times 20 \times 1000 \\
 &\quad + 413.8 \times (0 + 0) - 344.9 \times 25 \times 450) = 438mm
 \end{aligned}$$

Elastic Section Properties

$$\text{Short term modular ratio } n_{short} = \frac{E_s}{E_{cslab}} = \frac{196,200}{24,623} = 7.97$$

$$\text{Long term modular ratio } n_{long} = 3.00n_{short} = 3.00 \times 7.97 = 23.90$$

$$A_{beam} = t_t b_t + t_w D + t_b b_b = 25 \times 350 + 20 \times 1000 + 25 \times 450 = 40000mm^2$$

$$y_{cgbeam} = \frac{I_{xxbeam}}{S_{xxbeambot}} = \frac{6879793294}{13955841} = 493mm$$

$$A_{slab} = h_{slab} b_{slab} = 200 \times 2160 = 432000mm^2$$

$$y_{cgslab} = t_b + D + t_h + \frac{h_{slab}}{2} = 25 + 1000 + 75 + \frac{200}{2} = 1200mm$$

$$h_{beam} = t_b + D + t_t = 25 + 1000 + 25 = 1050mm$$

$$h_{girder} = t_b + D + t_h + h_{slab} = 25 + 1000 + 75 + 200 = 1300mm$$

$$A_{compPos} = A_{beam} + \frac{A_{slab}}{n_{short}} = 40000 + \frac{432000}{7.97} = 94216mm^2$$

$$A_{compNeg} = A_{beam} + A_{rt} + A_{rb} = 40000 + 0 + 0 = 40000mm^2$$

Short Term Composite Section - Positive Bending

Center of gravity (measured from the bottom) and moment of inertia:

$$d_s = \frac{A_{beam}y_{cgbeam} + \frac{A_{slab}}{n_{short}}y_{cgslab}}{A_{beam} + \frac{A_{slab}}{n_{short}}} = \frac{40000 \times 493 + \frac{432000}{7.97} \times 1200}{40000 + \frac{432000}{7.97}} = 900mm$$

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia

Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

$$\begin{aligned}
 I_{xxCompShort} &= I_{xxbeam} + A_{beam}(d_s - y_{cgbeam})^2 + \frac{I_{xxslab}}{n_{short}} + \frac{A_{slab}}{n_{short}}(d_s - y_{cgslab})^2 \\
 &= 6,879,793,294 + 40000 \times (900 - 493)^2 + \frac{1,440,000,000}{7.97} \\
 &\quad + \frac{432000}{7.97} \times (900 - 1200)^2 = 18,566,887,596 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Steel based short term section modulus at bottom flange of the composite section for positive bending.

$$S_{xxShortBotPos} = \frac{I_{xxCompShort}}{d_s} = \frac{18566887596}{900} = 20,633,910 \text{ mm}^3$$

Steel based short term section modulus at top flange of the composite section for positive bending.

$$S_{xxShortTopPos} = \frac{I_{xxCompShort}}{t_b + D + t_t - d_s} = \frac{18566887596}{25 + 1000 + 25 - 900} = 123,634,207 \text{ mm}^3$$

Concrete based short term section modulus at top of slab of the composite section for positive bending.

$$S_{xxShortSlabTopPos} = \frac{I_{xxCompShort} n_{short}}{t_b + D + t_h + h_{slab} - d_s} = \frac{18,566,887,596 \times 7.97}{25 + 1000 + 75 + 200 - 900} = 369,698,621 \text{ mm}^3$$

Hybrid factor Rh for positive flexure.

Per C6.10.1.10.1 the D_n is conservatively taken as the distance from the neutral axis of the short term composite section to the inside face of the bottom flange.

$$D_n = \max(0, d_s - t_b) = \max(0, 900 - 25) = 875 \text{ mm}$$

$$D_n = \min(D_n, D) = \min(875, 1000) = 875 \text{ mm}$$

$$\rho = \min\left(1, \frac{f_{yw}}{f_{yb}}\right) = \min\left(1, \frac{344.9}{344.9}\right) = 1.00$$

$$\beta = \frac{2D_n t_w}{t_b b_b} = \frac{2 \times 875 \times 20}{25 \times 450} = 3.11$$

$$R_{hPos} = \frac{12 + \beta(3\rho - \rho^3)}{12 + 2\beta} = \frac{12 + 3.11 \times (3 \times 1.00 - 1.00^3)}{12 + 2 \times 3.11} = 1.00$$

Check if strength of the web steel is higher than strength of the flanges steel:

$$\text{if } f_{yw} > \min(f_{yt}, f_{yb}) \text{ then } R_{hPos} = 1 \Rightarrow 344.9 = \min(344.9, 344.9) = 344.9 \Rightarrow R_{hPos} = 1.00$$

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia

Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

Long Term Composite Section - Positive Bending

Center of gravity (measured from the bottom) and moment of inertia:

$$d_s = \frac{A_{beam}y_{cgbeam} + \frac{A_{slab}}{n_{Long}}y_{cgslab}}{A_{beam} + \frac{A_{slab}}{n_{Long}}} = \frac{40000 \times 493 + \frac{432000}{23.90} \times 1200}{40000 + \frac{432000}{23.90}} = 713mm$$

$$\begin{aligned} I_{xxCompLong} &= I_{xxbeam} + A_{beam}(d_s - y_{cgbeam})^2 + \frac{I_{xxslab}}{n_{Long}} + \frac{A_{slab}}{n_{Long}}(d_s - y_{cgslab})^2 \\ &= 6,879,793,294 + 40000 \times (713 - 493)^2 + \frac{1,440,000,000}{23.90} \\ &\quad + \frac{432000}{23.90} \times (713 - 1200)^2 = 13,162,666,868mm^4 \end{aligned}$$

Steel based long term section modulus at bottom flange of the composite section for positive bending.

$$S_{xxLongBotPos} = \frac{I_{xxCompLong}}{d_s} = \frac{13162666868}{713} = 18,461,078mm^3$$

Steel based long term section modulus at top flange of the composite section for positive bending.

$$S_{xxLongTopPos} = \frac{I_{xxCompLong}}{t_b + D + t_t - d_s} = \frac{13162666868}{25 + 1000 + 25 - 713} = 39,057,847mm^3$$

Composite Section - Negative Bending

Center of gravity (measured from the bottom) and moment of inertia:

$$\begin{aligned} d_s &= \frac{A_{beam}y_{cgbeam} + A_{rt}(t_b + D + t_h + h_{slab} - C_{rt}) + A_{rb}(t_b + D + t_h + h_{slab} - C_{rb})}{A_{beam} + A_{rt} + A_{rb}} \\ &= \frac{40000 \times 493 + 0 \times (25 + 1000 + 75 + 200 - 0) + 0 \times (25 + 1000 + 75 + 200 - 0)}{40000 + 0 + 0} = 493mm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{xxCompNeg} &= I_{xxbeam} + A_{beam}(d_s - y_{cgbeam})^2 + A_{rt}(h_{girder} - C_{rt} - d_s)^2 \\ &\quad + A_{rb}(h_{girder} - C_{rb} - d_s)^2 \\ &= 6,879,793,294 + 40000 \times (493 - 493)^2 + 0 \times (1300 - 0 - 493)^2 \\ &\quad + 0 \times (1300 - 0 - 493)^2 = 6,879,793,294mm^4 \end{aligned}$$

Steel based section modulus at the top flange for negative bending:

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

$$S_{xxTopNeg} = \frac{I_{xxCompNeg}}{h_{beam} - d_s} = \frac{6,879,793,294}{1050 - 493} = 12,350,821 mm^3$$

Steel based section modulus at the bottom flange for negative bending:

$$S_{xxBotNeg} = \frac{I_{xxCompNeg}}{d_s} = \frac{6,879,793,294}{493} = 13,955,841 mm^3$$

Depth of web in compression in elastic range for negative moment:

$$D_{cNeg} = \text{Min}(D, \text{Max}(0, d_s - t_b)) = \text{Min}(1000, \text{Max}(0, 493 - 25)) = 468 mm$$

Flange Classification

Top flange slenderness:

$$F_{yrTop} = \text{Max}(0.5f_{yt}, \text{Min}(0.7f_{yt}, f_{yw})) = \text{Max}(0.5 \times 344.9, \text{Min}(0.7 \times 344.9, 344.9)) = 241.4 MPa$$

$$\lambda_{fTop} = \frac{b_t}{2t_t} = \frac{350}{2 \times 25} = 7.00$$

$$\lambda_{pfTop} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_{yt}}} = 0.38 \sqrt{\frac{196,200}{344.9}} = 9.06$$

$$\lambda_{rfTop} = 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{yrTop}}} = 0.56 \sqrt{\frac{196,200}{241.4}} = 15.97$$

Bottom flange slenderness:

$$F_{yrBot} = \text{Max}(0.5f_{yb}, \text{Min}(0.7f_{yb}, f_{yw})) = \text{Max}(0.5 \times 344.9, \text{Min}(0.7 \times 344.9, 344.9)) \\ = 241.4 MPa$$

$$\lambda_{fBot} = \frac{b_b}{2t_b} = \frac{450}{2 \times 25} = 9.00$$

$$\lambda_{pfBot} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_{yb}}} = 0.38 \sqrt{\frac{196,200}{344.9}} = 9.06$$

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia

Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

$$\lambda_{rfBot} = 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{yrBot}}} = 0.56 \sqrt{\frac{196,200}{241.4}} = 15.97$$

Bottom flange local buckling coefficient for built-up sections per LRFD A6.3.2-6:

$$k_{cBot} = 0.35 \leq \frac{4}{\sqrt{\frac{D}{t_w}}} \leq 0.76 = 0.35 \leq \frac{4}{\sqrt{\frac{1000}{20}}} \leq 0.76 = 0.57$$

Bottom flange effective radius of gyration for lateral torsional buckling per LRFD C6.10.8.2.3-1:

$$h = h_{beam} - 0.5(t_t + t_b) = 1050 - 0.5 \times (25 + 25) = 1025mm$$

$$r_{tBot} = \frac{b_b}{\sqrt{12 \left(\frac{h}{h_{beam}} + \frac{1}{3} \frac{D_{cneg} t_w D^2}{b_b t_b h h_{beam}} \right)}} = \frac{450}{\sqrt{12 \left(\frac{1025}{1050} + \frac{1}{3} \times \frac{468 \times 20 \times 1000^2}{450 \times 25 \times 1025 \times 1050} \right)}} = 117mm$$

Yield moment for composite section in positive flexure:

$$M_{D1} = -5Nmm$$

$$M_{D2} = -7,004,395Nmm$$

$$\begin{aligned} M_{ADBot} &= \left(f_{yb} - \frac{M_{D1}}{S_{xxBeamBot}} - \frac{M_{D2}}{S_{xxLongBotPos}} \right) S_{xxShortBotPos} \\ &= \left(344.9 - \frac{-5}{13,955,841} - \frac{-7,004,395}{18,461,078} \right) \times 20,633,910 = 7,123,549,151Nmm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ADTop} &= \left(f_{yt} - \frac{M_{D1}}{S_{xxBeamTop}} - \frac{M_{D2}}{S_{xxLongTopPos}} \right) S_{xxShortTopPos} \\ &= \left(344.9 - \frac{-5}{12,350,821} - \frac{-7,004,395}{39,057,847} \right) \times 123,634,207 = 42,658,126,862Nmm \end{aligned}$$

$$M_{ADPos} = \min(M_{ADBot}; M_{ADTop}) = \min(7,123,549,151; 42,658,126,862) = 7,123,549,151Nmm$$

$$\begin{aligned} M_{yPos} &= M_{D1} + M_{D2} + M_{ADPos} = -5 + -7,004,395 + 7,123,549,151 = 7,116,544,751Nmm \\ &= 7117kNm \end{aligned}$$

Yield moment for composite section in negative flexure:

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia

Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

$$M_{D1} = -5Nmm$$

$$M_{D2} = -7,004,395Nmm$$

$$\begin{aligned} M_{ADBot} &= \left(f_{yb} + \frac{M_{D1}}{S_{xxBeamBot}} + \frac{M_{D2}}{S_{xxBotNeg}} \right) S_{xxBotNeg} \\ &= \left(344.9 + \frac{-5}{13,955,841} + \frac{-7,004,395}{13,955,841} \right) \times 13,955,841 = 4,805,746,103Nmm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ADTop} &= \left(f_{yt} + \frac{M_{D1}}{S_{xxBeamTop}} + \frac{M_{D2}}{S_{xxTopNeg}} \right) S_{xxTopNeg} \\ &= \left(344.9 + \frac{-5}{12,350,821} + \frac{-7,004,395}{12,350,821} \right) \times 12,350,821 = 4,252,246,045Nmm \end{aligned}$$

$$M_{ADNeg} = \min(M_{ADBot}; M_{ADTop}) = \min(4,805,746,103; 4,252,246,045) = 4,252,246,045Nmm$$

$$\begin{aligned} M_{yNeg} &= -M_{D1} - M_{D2} + M_{ADNeg} = -(-5) - (-7,004,395) + 4,252,246,045 = 4,259,250,445Nmm \\ &= 4259kNm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{yNegTop} &= -M_{D1} - M_{D2} + M_{ADNegTop} = -(-5) - (-7,004,395) + 4,252,246,045 \\ &= 4,259,250,445Nmm = 4259kNm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{yNegBot} &= -M_{D1} - M_{D2} + M_{ADNegBot} = -(-5) - (-7,004,395) + 4,805,746,103 \\ &= 4,812,750,503Nmm = 4813kNm \end{aligned}$$

Flange strength reduction hybrid factor R_h for negative flexure:

$$\text{Since } f_{yw} = 344.9MPa \geq \max(f_{yt} = 344.9MPa; f_{yb} = 344.9MPa) = 344.9MPa \Rightarrow R_{hNeg} = 1$$

Web load shedding factor. Per C6.10.1.10.2 RbPos for positive moment in composite sections is equal to

1.0. Calculate RbNeg for negative flexure per 6.10.1.10.2-3:

$$\lambda_{rw} = 5.7 \sqrt{\frac{E_s}{f_{yb}}} = 5.7 \times \sqrt{\frac{196200}{344.9}} = 135.96$$

$$a_{wc} = \frac{2D_{cNeg}t_w}{b_b t_b} = \frac{2 \times 468.0 \times 20}{450 \times 25} = 1.66$$

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

$$R_{bNeg} = \min \left(1.0; 1 - \left(\frac{a_{wc}}{1200 + 300a_{wc}} \right) \left(\frac{2D_{cNeg}}{t_w} - \lambda_{rw} \right) \right)$$

$$= \min \left(1.0; 1 - \left(\frac{1.66}{1200 + 300 \times 1.66} \right) \left(\frac{2 \times 468.0}{20} - 135.96 \right) \right) = 1.000$$

Classify section for positive bending per 6.10.6.2.2:

a) Bridge is not kinked (chorded) continuous or horizontally curved

O.K.

b) $\max(f_{yt}; f_{yb}) = \max(344.9; 344.9) = 344.9 \leq 482.6 \text{ MPa}$

O.K.

c) $\frac{2D_{cpPos}}{t_w} = \frac{2 \times 0}{20} = 0.00 \leq 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_{yt}}} = 3.76 \sqrt{\frac{196200}{344.9}} = 89.68$

O.K.

d) $\frac{D}{t_w} = \frac{1000}{20} = 50.00 \leq 150$

O.K.

» Section is classified as compact for positive flexure

Composite section in negative flexure - verify if section qualifies to be proportioned according to Appendix A6:

a) Bridge is not kinked (chorded) continuous or horizontally curved

O.K.

b) Supports are not skewed more than 20deg from normal

O.K.

c) $\max(f_{yt}; f_{yb}) = \max(344.9; 344.9) = 344.9 \leq 482.6 \text{ MPa}$

O.K.

d) $\frac{2D_{cNeg}}{t_w} = \frac{2 \times 468}{20} = 46.80 \leq 5.7 \sqrt{\frac{E}{f_{yb}}} = 5.7 \sqrt{\frac{196200}{344.9}} = 135.96$

O.K.

e) $\frac{I_{yb}}{I_{yt}} = \frac{\frac{1}{12} t_b b^3}{\frac{1}{12} t_t b^3} = \frac{\frac{1}{12} \times 25 \times 450^3}{\frac{1}{12} \times 25 \times 350^3} = 2.13 \geq 0.3$

O.K.

» Section does qualify to be proportioned according to Appendix A6

Flexural Resistance - Composite Section in Positive Flexure

Compact Section - Nominal Flexural Resistance per 6.10.7.1.2

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia

Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

$$\begin{aligned} \text{since } D_p = 265\text{mm} > 0.1D_t = 0.1 \times 1300 = 130\text{mm} &\Rightarrow M_n = M_{pPos} \left(1.07 - 0.7 \frac{D_p}{D_t}\right) \\ &= 9168.3 \times \left(1.07 - 0.7 \times \frac{265}{1300}\right) = 8500.0\text{kNm} \end{aligned}$$

$$S_{xt} = \frac{M_{yPos}}{f_{ybot}} = \frac{7,116,544,751}{344.9} = 20636300\text{mm}^3$$

$$DoverC_{PosMu} = \frac{\max(0; M_u) + \frac{1}{3} f_l S_{xt}}{\phi_f M_n} = \frac{\max(0; 61,036,501) + \frac{1}{3} \times 0.2 \times 20636300}{1.00 \times 8,500,032,414} = 0.007$$

Lateral bending stresses in discretely braced flanges per 6.10.1.6-1

$$DoverC_{Posfl} = \frac{f_l}{0.6 f_{yb}} = \frac{0.2}{0.6 \times 344.9} = 0.001$$

$$DoverC_{Pos} = \max(DoverC_{PosMu}; DoverC_{Posfl}) = \max(0.007; 0.001) = 0.007 \leq 1.0$$

O.K.

Net Section Fracture per 6.10.1.8 - Positive Flexure

Bottom Flange Tensile Stress

$$\begin{aligned} f_{buBot} &= \max\left(0; \frac{P}{A_{compPos}} + \frac{M_{NonComp}}{S_{xxbeambot}} + \frac{M_{CompLongT}}{S_{xxLongBotPos}} + \frac{M_{CompShortT}}{S_{xxShortBotPos}}\right) \\ &= \max\left(0; \frac{48120}{94216} + \frac{0}{13955840.6} + \frac{-6,867,376}{18,461,078} + \frac{67,903,876}{20,633,910}\right) = 3.4\text{MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DoverC_{FracPosBot} &= \frac{f_{buBot}}{\min\left(f_{yb}; 0.84 \left(\frac{A_{nBot}}{A_{gBot}}\right) f_{ub}\right)} = \frac{3.4}{\min\left(344.9; 0.84 \times \left(\frac{11250}{11250}\right) \times 448.3\right)} = 0.010 \\ &\leq 1.0 \end{aligned}$$

O.K.Flexural Resistance - Composite Section in Negative Flexure

Bottom Flange Flexural Resistance per 6.10.8.2.

Bottom flange is laterally restrained at downstation diaphragm located at section cut 1 and at upstation diaphragm located at section cut 4. The bottom flange unbraced length is $L_b=4.38\text{m}$.

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

The bottom flange member is prismatic within the unbraced length.

The value of the moment gradient modifier specified in input of the design request is $C_b=1.00$

Classify bottom compression flange per 6.10.8.2.2

$$\lambda_f = \frac{b_b}{2t_b} = \frac{450}{2 \times 25} = 9.00$$

$$\lambda_{pf} = 0.38 \sqrt{\frac{E_s}{f_{yb}}} = 0.38 \sqrt{\frac{196200}{344.9}} = 9.06$$

Local Buckling Resistance per 6.10.8.2.2

since $\lambda_f = 9.00 \leq \lambda_{pf} = 9.06$ the bottom flange is classified as compact

$$F_{yr} = \max(0.5f_{yb}; \min(0.7f_{yb}; f_{yw})) = \max(0.5 \times 344.9; \min(0.7 \times 344.9; 344.9)) = 241.4 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rf} = 0.56 \sqrt{\frac{E_s}{F_{yr}}} = 0.56 \sqrt{\frac{196200}{241.4}} = 15.97$$

$$F_{nc(FLB)} = R_{bNeg} R_{hNeg} f_{yb} = 1.00 \times 1.00 \times 344.9 = 344.9 \text{ MPa}$$

Lateral Torsional Buckling Resistance per 6.10.8.2.3

$$L_p = 1.0 r_{tBot} \sqrt{\frac{E_s}{f_{yb}}} = 1.0 \times 117 \times \sqrt{\frac{196200.0}{344.9}} = 2789 \text{ mm} = 2.789 \text{ m}$$

$$L_r = \pi r_{tBot} \sqrt{\frac{E_s}{F_{yr}}} = \pi \times 117 \times \sqrt{\frac{196200.0}{241.4}} = 10474 \text{ mm} = 10.474 \text{ m}$$

since $L_b = 4.375 \leq L_r = 10.474$

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia

Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

$$\begin{aligned}
 F_{nc(LTB)} &= \min \left(R_{bNeg} R_{hNeg} f_{yb}; C_b \left[1 - \left(1 - \frac{F_{yr}}{R_{hNeg} f_{yb}} \right) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] R_{bNeg} R_{hNeg} f_{yb} \right) \\
 &= \min \left(1.00 \times 1.00 \times 344.9; 1.00 \times \left[1 - \left(1 - \frac{241.4}{1.00 \times 344.9} \right) \left(\frac{4.375 - 2.789}{10.474 - 2.789} \right) \right] \right. \\
 &\quad \left. \times 1.00 \times 1.00 \times 344.9 \right) = 323.5 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Bottom Flange Lateral Bending Stress f_l .

Note: In the subsequent calculation the bottom flange lateral bending stress is obtained directly from the model by using the transverse bending moment M_2 in the bottom flange only. This is much more accurate than using M_2 for the entire girder, which assumes plane sections remain plane and would therefore ignore warping effects.

Verify if flange lateral bending stress f_l may be determined directly from first-order elastic analysis per 6.10.1.6-3. M_u is the largest value of the major-axis bending moment throughout the unbraced length causing compression in the bottom flange. $M_{yNegBot}$ is the yield moment with respect to the bottom flange at the current cut. Since

$$L_b = 4.38 \text{ m} \leq 1.2 L_p \sqrt{\frac{C_b R_b}{\frac{M_u}{M_{yNegBot}}}} = 1.2 \times 2.79 \times \sqrt{\frac{1.00 \times 1.00}{\frac{83.8}{4812.8}}} = 25.37 \text{ m}$$

the flange lateral bending stress f_l may be determined directly from first-order elastic analysis.

Controlling Buckling Resistance

$$F_{nc} = \min(F_{nc(FLB)}; F_{nc(LTB)}) = \min(344.9; 323.5) = 323.5 \text{ ksi}$$

$$\begin{aligned}
 f_{buBot} &= \min \left(0; \frac{P}{A_{compNeg}} + \frac{M_{NonComp}}{S_{xxBeamBot}} + \frac{M_{CompLongT}}{S_{xxBotNeg}} + \frac{M_{CompShortT}}{S_{xxBotNeg}} \right) \\
 &= \min \left(0; \frac{-58,307}{40000} + \frac{0}{13955841} + \frac{-6,867,376}{13955841} + \frac{-76,887,079}{13955841} \right) = -7.5 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$f_l = 0.2 \text{ MPa}$ (bottom flange lateral bending stress at the cut obtained directly from the model and amplified to account for second-order effects per 6.10.1.6-5 where applicable)

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia

Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

$f_{lPanelMax} = 6.2MPa$ (maximum bottom flange lateral bending stress throughout the unbraced length obtained directly from the model and amplified to account for second-order effects per 6.10.1.6-5 where applicable)

$$DoverC_{NegBot} = \frac{f_{buBot} + \frac{1}{3}f_{lPanelMax}}{\phi_f F_{nc}} = \frac{-7.5 + \frac{1}{3} \times 6.2}{1.00 \times 323.5} = 0.029$$

Lateral bending stresses in discretely braced flanges per 6.10.1.6-1

$$DoverC_{Negfl} = \frac{f_l}{0.6f_{yb}} = \frac{0.2}{0.6 \times 344.9} = 0.001$$

Resistance of continuously braced top flange in tension per 6.10.8.1.3-1

$$f_{buTop} = \max\left(0; \frac{P}{A_{compNeg}} - \frac{M_{NonComp}}{S_{xxbeamtop}} - \frac{M_{CompLongT}}{S_{xxTopNeg}} - \frac{M_{CompShortT}}{S_{xxTopNeg}}\right)$$

$$= \max\left(0; \frac{-58,307}{40000} - \frac{0}{12350821} - \frac{-6,867,376}{12350821} - \frac{-76,887,079}{12350821}\right) = 5.3MPa$$

$$DoverC_{NegTop} = \frac{f_{buTop}}{\phi_f R_{hNeg} f_{yt}} = \frac{5.3}{1.00 \times 1.00 \times 344.9} = 0.015$$

Controlling demand over capacity ratio for composite section in negative flexure

$$DoverC_{Neg} = \max(DoverC_{NegBot}; DoverC_{Negfl}; DoverC_{NegTop}) = \max(0.029; 0.001; 0.015) = 0.029 \leq 1.0$$

O.K.

Net Section Fracture per 6.10.1.8 - Negative Flexure

$$DoverC_{FracNegTop} = \frac{f_{buTop}}{\min\left(f_{yt}; 0.84\left(\frac{A_{nTop}}{A_{gTop}}\right)f_{ut}\right)} = \frac{5.3}{\min\left(344.9; 0.84 \times \left(\frac{8750}{8750}\right) \times 448.3\right)} = 0.015$$

$$\leq 1.0$$

O.K.

Nominal Shear Force for Shear Connectors Design per 6.10.10.4.2.

Project: _____

Item: Superstructure Ultimate Design; Request Name: Resistencia
 Section Cut No. 1; Station: 0m; Location: After; Left Exterior Girder

Since the section cut is located in a simple span the total nominal shear force P is determined from eq. 6.10.10.4.2-1.

$$\begin{aligned}
 P_p &= \min(0.85f'_{cslab}b_{slab}h_{slab} ; f_{yw}Dt_w + f_{yt}b_t t_t + f_{yb}b_b t_b) \\
 &= \max(0.85 \times 27.5 \times 2160 \times 200 ; 344.9 \times 1000 \times 20 + 344.9 \times 350 \times 25 \\
 &\quad + 344.9 \times 450 \times 25) = 10086.2kN
 \end{aligned}$$

Arc length between an end of the girder and an adjacent point of maximum positive live load assumed as half span length.

$$L_p = 0.5 \times L_{span} = 0.5 \times 17.500 = 8.750m$$

$$F_p = P_p \frac{L_p}{R} = 10086.2 \times \frac{8.750}{\infty} = 0.0kN$$

$$P = \sqrt{P_p^2 + F_p^2} = \sqrt{10086.2^2 + 0.0^2} = 10086.2kN$$

Shear Resistance per 6.10.9.

As defined in the design request parameters the web panel does not have longitudinal stiffener. A web panel is defined as section of the web between adjacent diaphragms or supports. A web subpanel length is defined as a distance between adjacent transverse stiffeners or a distance between panel end and adjacent transverse stiffener. If transverse stiffeners are not present the sub panel length is equal to the panel length.

The length of the sub panel is $d_0=4375mm$. This length does not satisfy criteria for stiffened end panels per 6.10.9.1 and the panel is therefore classified as unstiffened. The shear resistance is evaluated per 6.10.9.2.

$$k = 5 + \frac{5}{\left(\frac{d_0}{D}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{4375}{1000}\right)^2} = 5.00; \text{ use } k = 5 \text{ for unstiffened webs per 6.10.9.2}$$

$$\text{Since } \frac{D}{t_w} = \frac{1000}{20} = 50.00 \leq 1.12 \sqrt{\frac{E_s k}{f_{yw}}} = 1.12 \times \sqrt{\frac{196200.0 \times 5.00}{344.9}} = 59.74 \Rightarrow C = 1.0$$

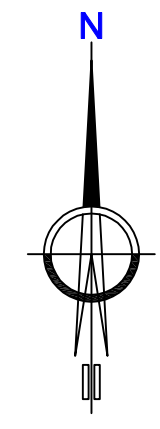
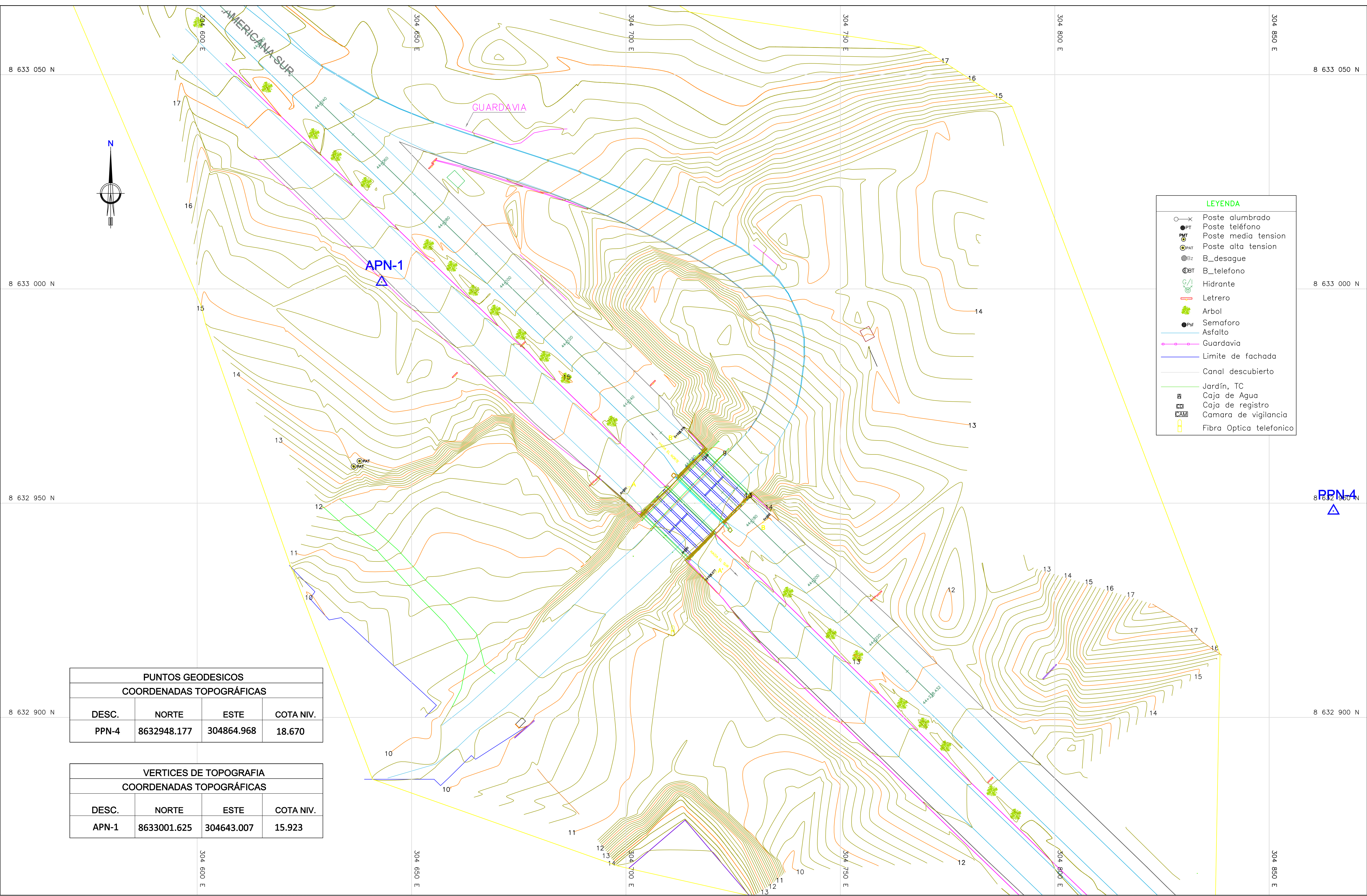
$$V_p = 0.58f_{yw}Dt_w = 0.58 \times 344.9 \times 1000 \times 20/1000 = 4000.3kN$$

$$\text{Dover } C_{shear} = \frac{V_u}{\phi_v C V_p} = \frac{788.7}{1.00 \times 1.00 \times 4000.3} = 0.20 \leq 1.0$$

O.K.

ANEXO 05:

“PLANO TOPOGRÁFICO”



LEYENDA

- Poste alumbrado
- Poste teléfono
- Poste media tension
- Poste alta tension
- B_desague
- B_telefono
- Hidrante
- Letrero
- Arbol
- Semaforo
- Asfalto
- Guardavia
- Limite de fachada
- Canal descubierto
- Jardín, TC
- Caja de Agua
- Caja de registro
- Camara de vigilancia
- Fibra Optica telefonico

PUNTOS GEODESICOS COORDENADAS TOPOGRAFICAS			
DESC.	NORTE	ESTE	COTA NIV.
PPN-4	8632948.177	304864.968	18.670

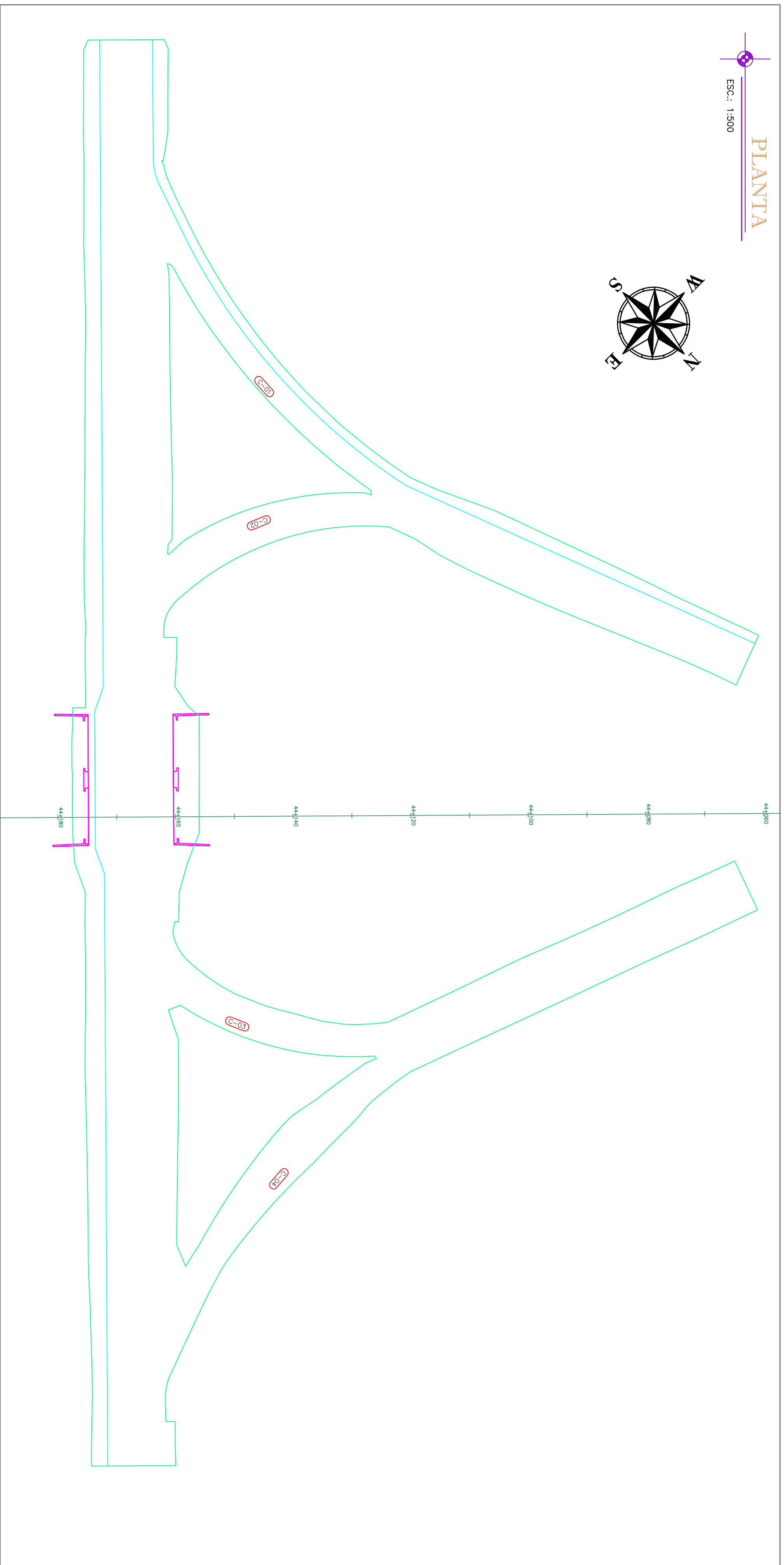
VERTICES DE TOPOGRAFIA COORDENADAS TOPOGRAFICAS			
DESC.	NORTE	ESTE	COTA NIV.
APN-1	8633001.625	304643.007	15.923

PPN-4
▲

PROYECTISTA:	DISEÑO : R.H.S	REVISIONES	PROYECTO:	PLANO:	ESCALA (A1):	HOJA:
	DIBUJO : R.H.S	Nº FECHA DESCRIPCIÓN	"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA		1/400	1
	REVISADO :		PARA MEJORAMIENTO DEL PASO A DESNIVEL PUNTE	TOPOGRAFÍA	FECHA :	DICIEMBRE 2020
	APROBADO :		ACCESO PUNTA NEGRA KM 41+350 PANAMERICANA SUR"		CODIGO :	UCV-PAPN-TOP-01-001

ANEXO 06:

“PLANOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO”



PERFIL LONGITUDINAL

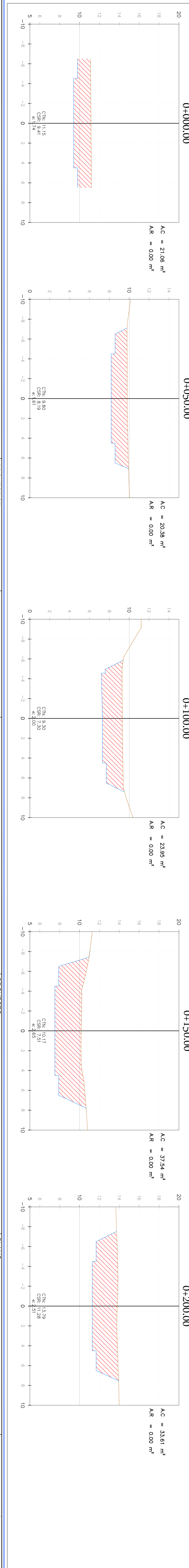
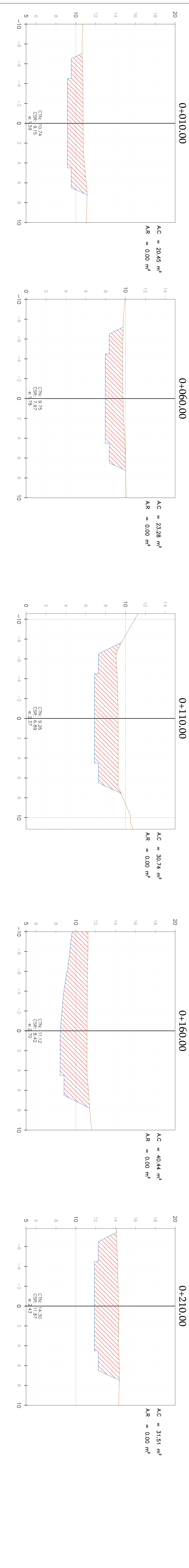
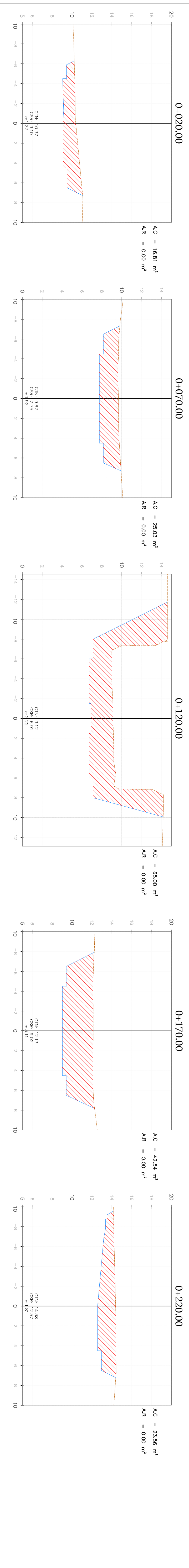
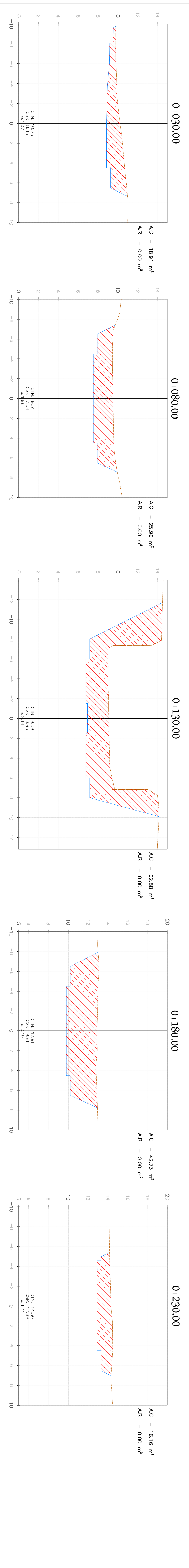
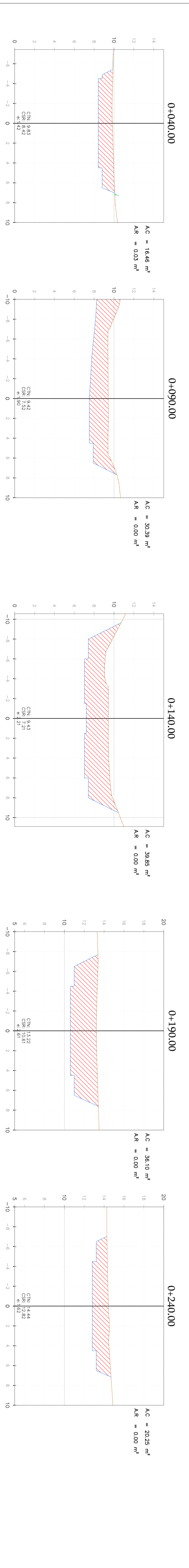
ESC.: H 1:1000 - V 1:100

PI #	RADIO	L. CURVA	T	F	E	L. CURVA	PI	PC	PT	
C-01	30'50'12"	109.46	58.91	30.19	4.09	3.94	58.21	0+095.64	0+065.45	0+124.36
C-02	57°52'01"	50.00	50.50	27.64	7.13	6.24	48.38	0+092.83	0+065.19	0+115.69
C-03	57°52'01"	50.00	50.50	27.64	7.13	6.24	48.38	0+092.83	0+065.19	0+115.69
C-04	30'50'12"	109.46	58.91	30.19	4.09	3.94	58.21	0+095.64	0+065.45	0+124.36

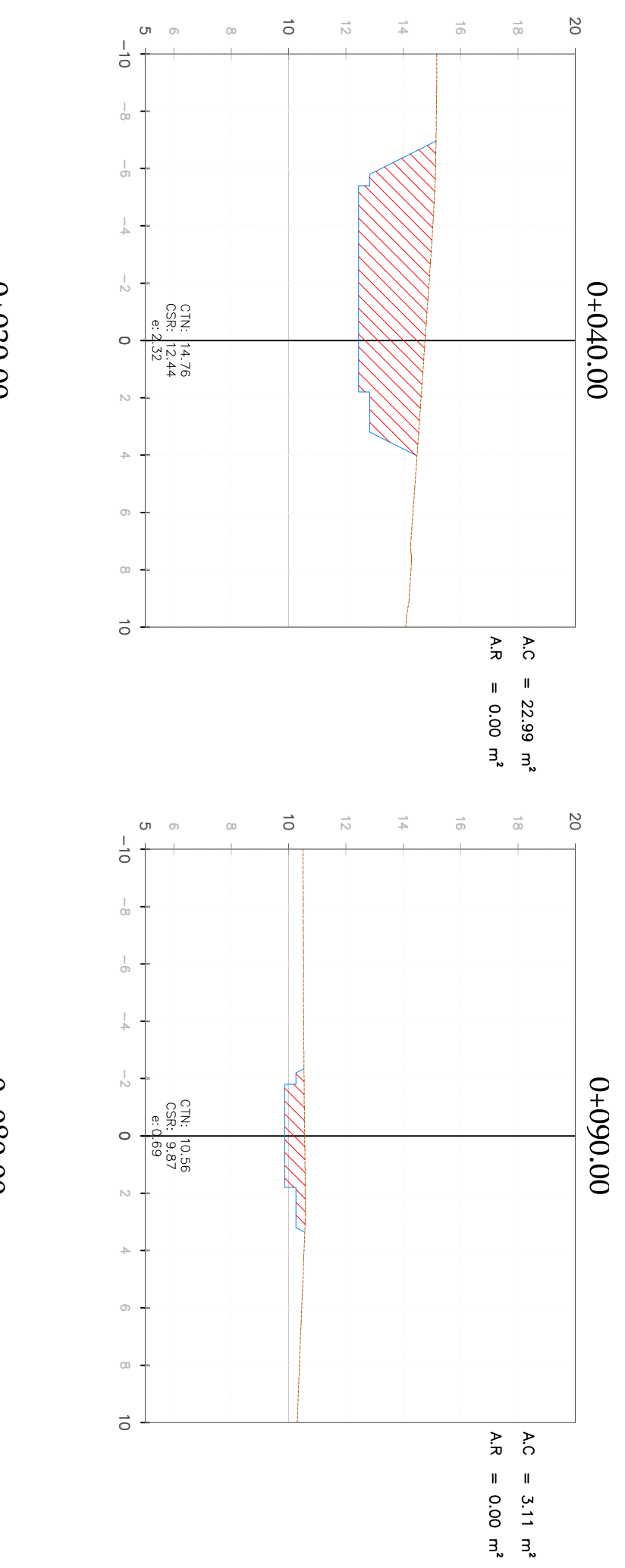
LEYENDA

PLANTA	
	CURVAS MAESTRAS
	CURVAS SECUNDARIAS
	BORDE DE VIA EXISTENTE
	LIMITE DE PROPIEDAD
	EJE PRINCIPAL - PROYECTADO
	EJE PAN. ANTIGUA - PROYECTADO
	ELES AUXILIARES - PROYECTADOS
	CALZADA
	VEREDA PROYECTADA
PERFIL LONGITUDINAL	
	TERRENO NATURAL
	PASANTE
	SUBRASANTE

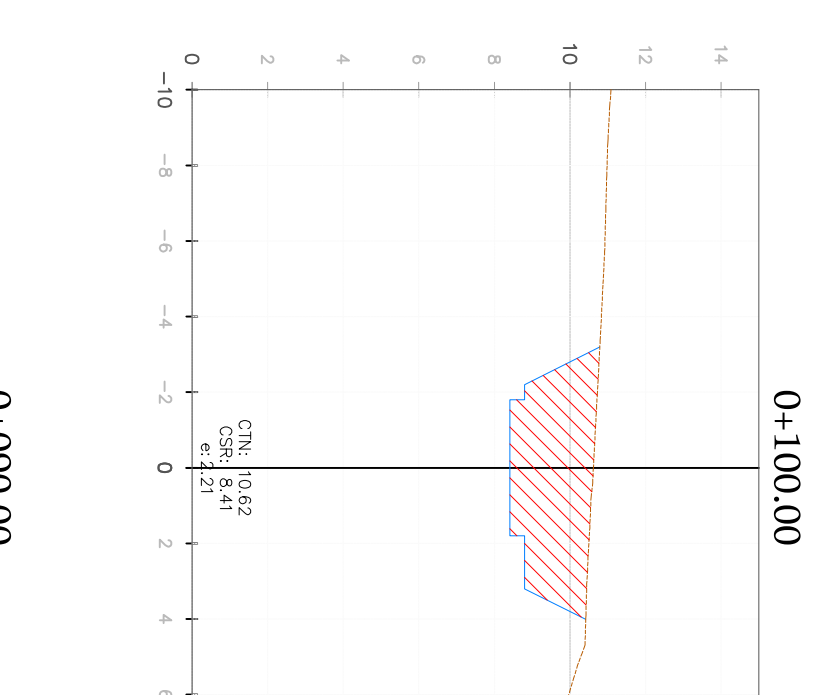
PROYECTISTA:	DISEÑO: R.H.S	Nº	FECHA	REVISIONES	PROYECTO:	PLANO:	ESCALA (A1):	HOLJA:
	DIBUJO: R.H.S			DESCRIPCION	"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA PARA MEJORAMIENTO DEL PASO A DESNIVEL PUENTE ACCESO PUNTA NEGRA KM 41+350 PANAMERICANA SUR"	DISEÑO GEOMÉTRICO PLANTA Y PERFILES	INDICADA	1
	REVISADO:						FECHA:	DICIEMBRE 2020
	APROBADO:						CODIGO:	UCV-PAPN_DGT_01_001



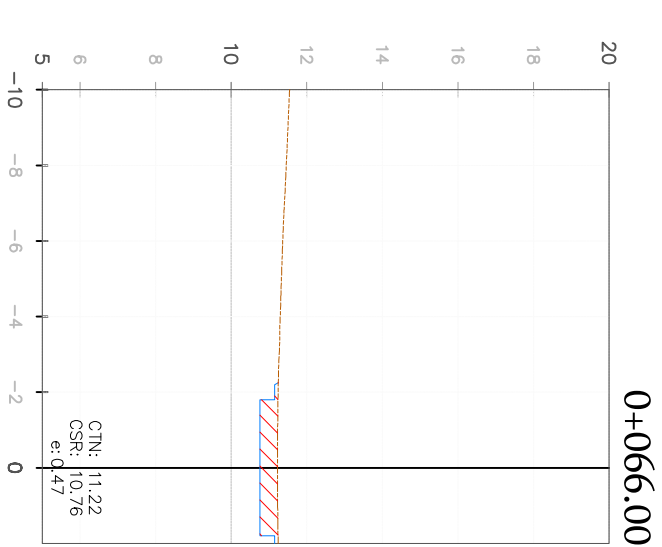
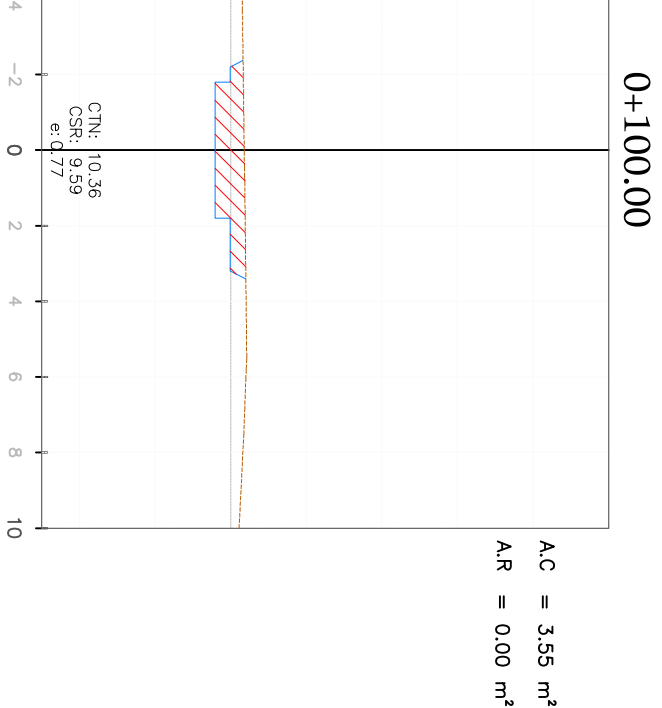
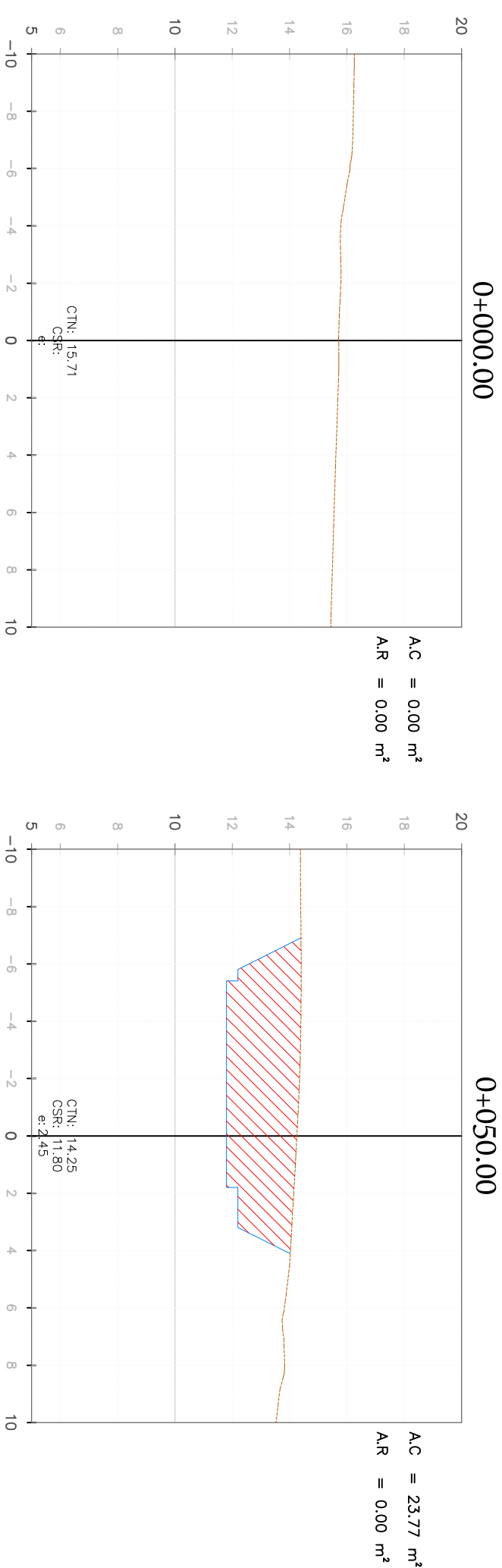
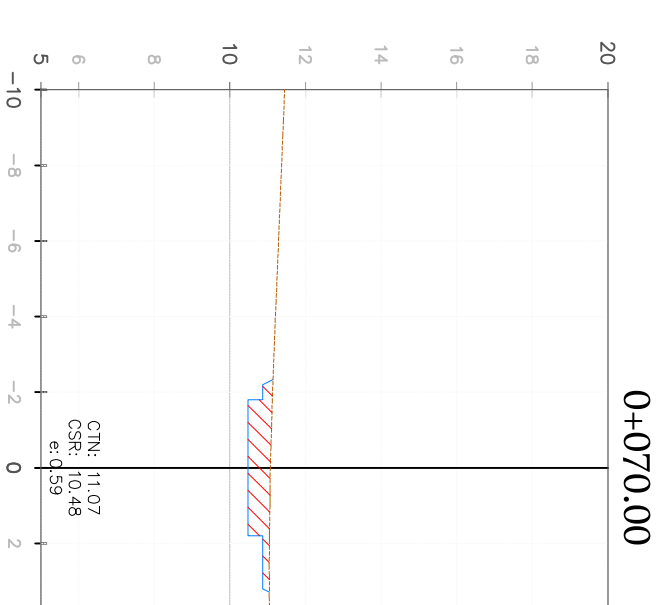
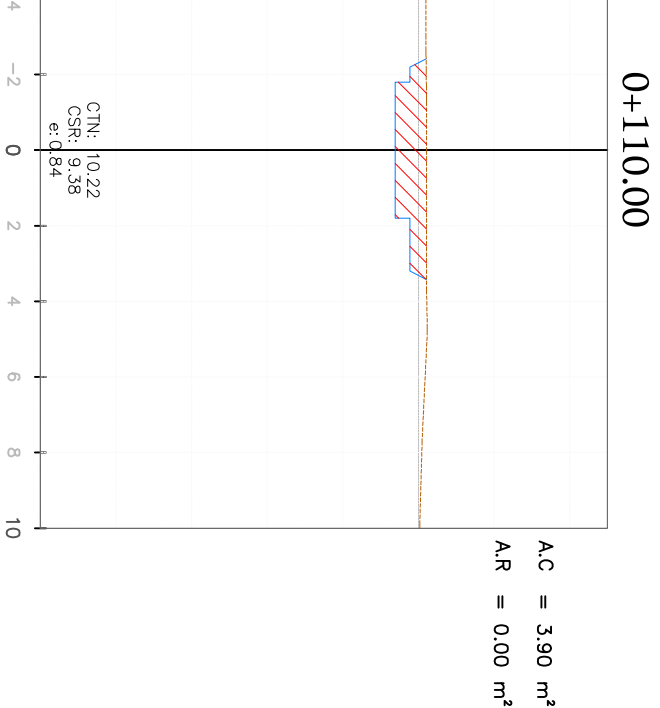
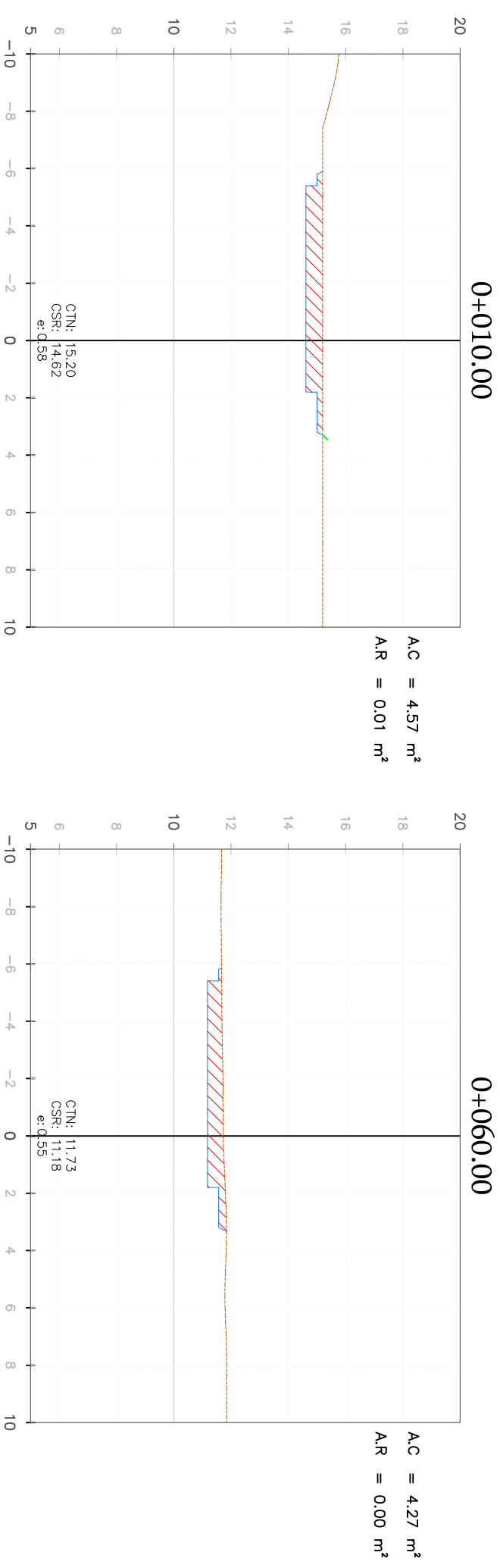
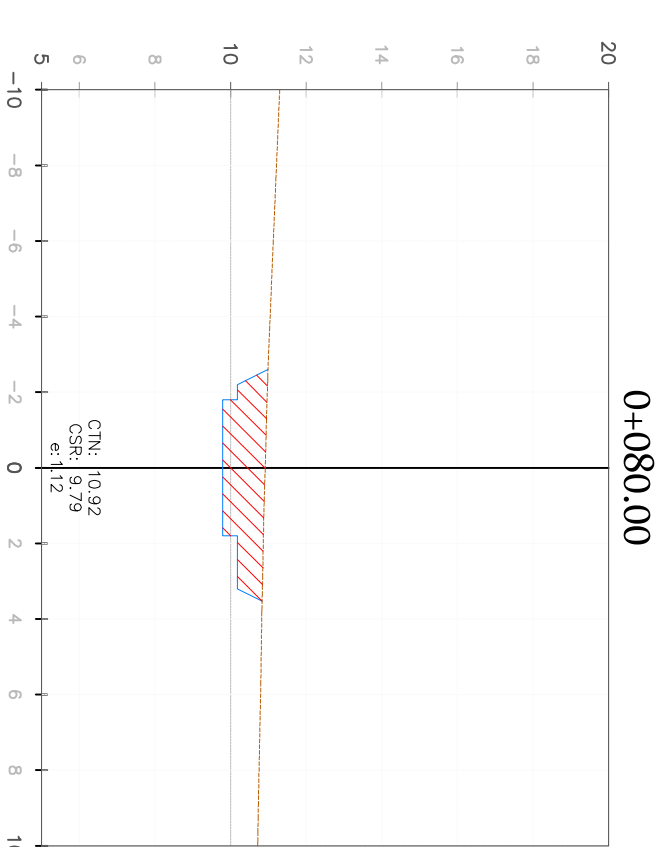
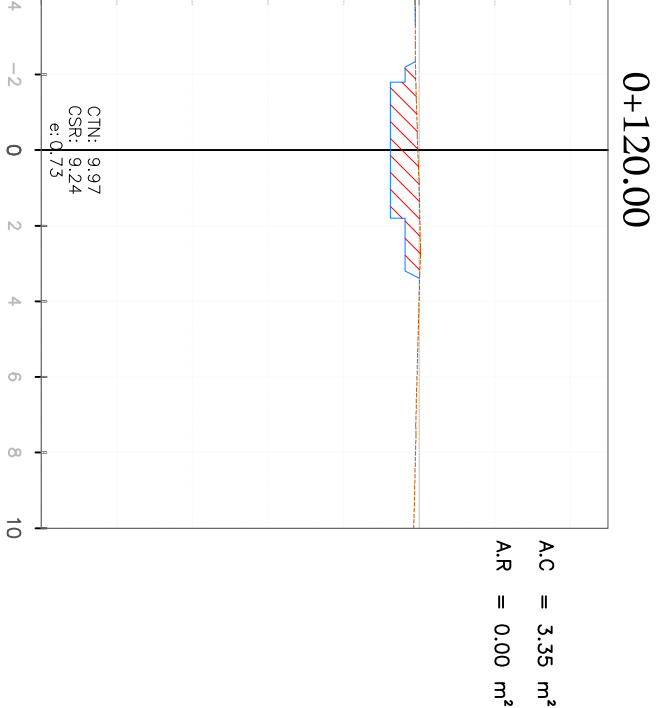
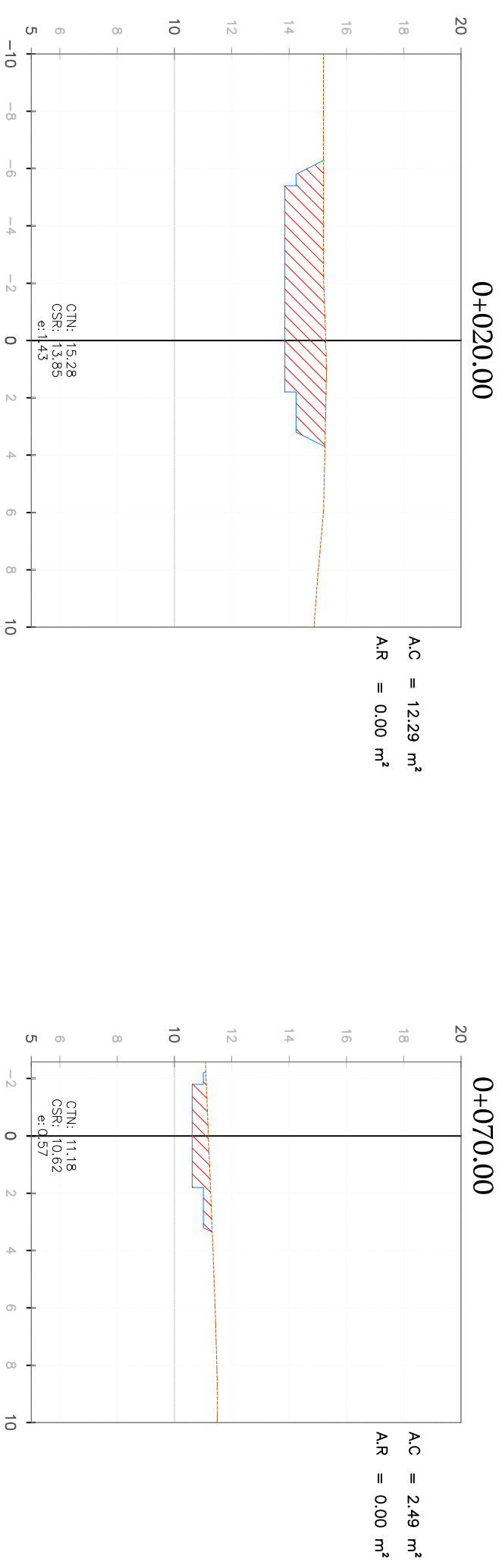
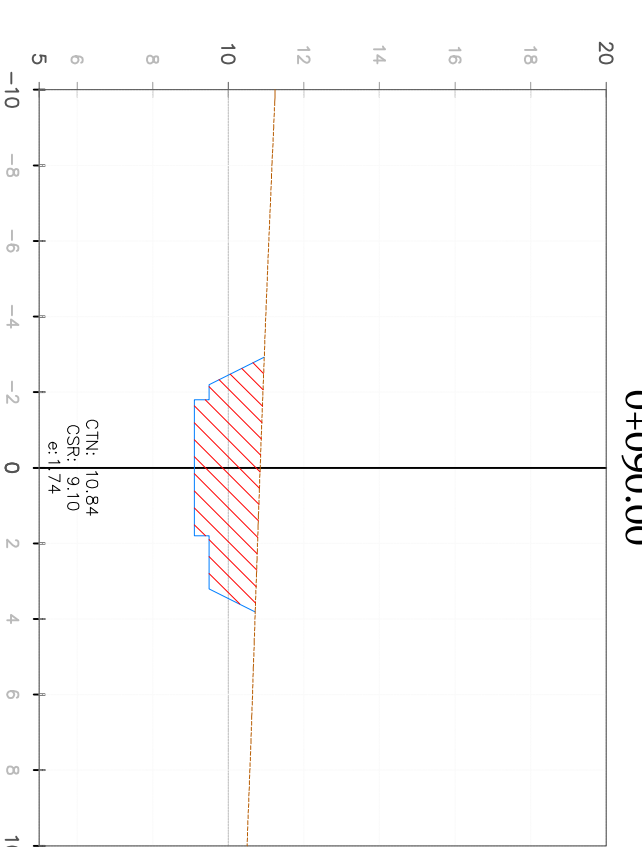
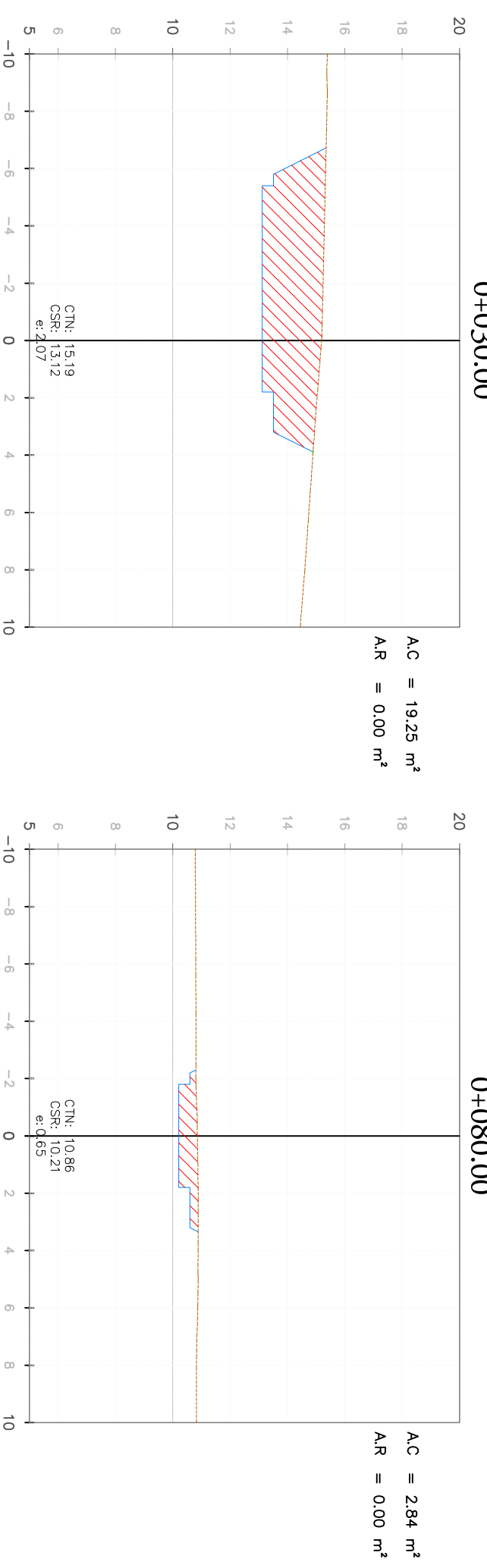
PROYECTISTA:		DISEÑO: R.H.S		REVISIONES:		PROYECTO:		PLANO:	
DIBUJO: R.H.S		FECHA:		DESCRIPCION:		"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA PARA MEJORAMIENTO DEL PASO A DESNIVEL PUNTE ACCESO PUNTA NEGRA KM 41+350 PANAMERICANA SUR"		DISEÑO GEOMÉTRICO SECCIONES	
APROBADO:		Nº:						ESCALA (A1):	
		FECHA:						INDICADA:	
								HQUA:	
								1	
								FECHA:	
								DICIEMBRE 2020	
								CODIGO:	
								UCV-PAPN-DGT_01_003	



VOLUMEN TOTAL						
KM	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOL. ALUM. RELLENO	VOL. ALUM. CORTE
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.01	4.57	0.06	22.84	0.06	22.84
0+020.00	0.00	12.29	0.06	84.29	0.13	107.13
0+030.00	0.00	19.25	0.00	157.71	0.13	264.83
0+040.00	0.00	22.99	0.00	211.21	0.13	476.04
0+050.00	0.00	23.77	0.00	233.83	0.13	709.86
0+060.00	0.00	4.27	0.00	140.21	0.13	850.07
0+070.00	0.00	2.49	0.00	34.23	0.13	884.30
0+080.00	0.00	2.84	0.00	26.56	0.13	910.86
0+090.00	0.00	3.11	0.00	29.68	0.13	940.55
0+100.00	0.00	3.55	0.00	33.21	0.13	973.76
0+110.00	0.00	3.90	0.00	37.13	0.13	1010.89
0+120.00	0.00	3.35	0.00	36.12	0.13	1047.01



VOLUMEN TOTAL						
KM	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOL. ALUM. RELLENO	VOL. ALUM. CORTE
0+066.00	0.00	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00
0+070.00	0.00	2.51	0.00	8.55	0.00	8.55
0+080.00	0.00	5.57	0.00	40.61	0.00	49.16
0+090.00	0.00	9.51	0.00	75.91	0.00	123.07
0+100.00	0.00	12.87	0.00	111.61	0.00	236.67



PROYECTISTA:

DISEÑO: R.H.S
REVISADO:
APROBADO:

Nº FECHA

REVISIONES
DESCRIPCION

PROYECTO:
"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA PARA MEJORAMIENTO DEL PASO A DENSIVEL PUENTE ACCESO PUNTA NEGRA KM 41+350 PANAMERICANA SUR"

PLANO:
DISEÑO GEOMÉTRICO SECCIONES Y CUADROS

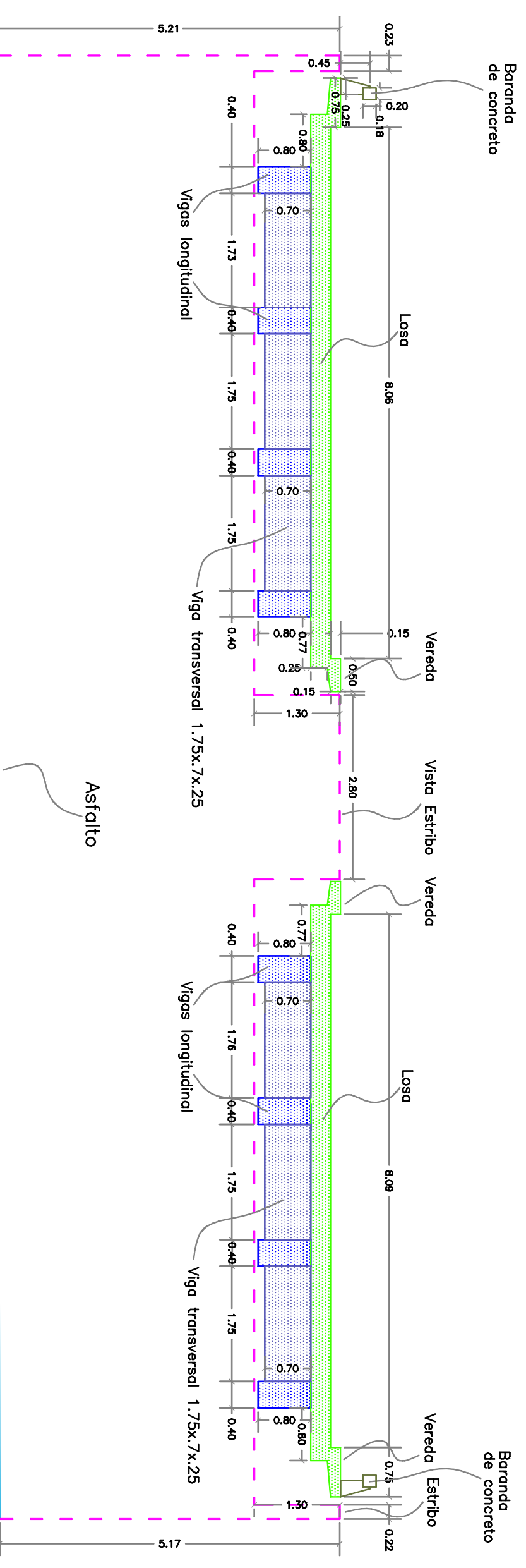
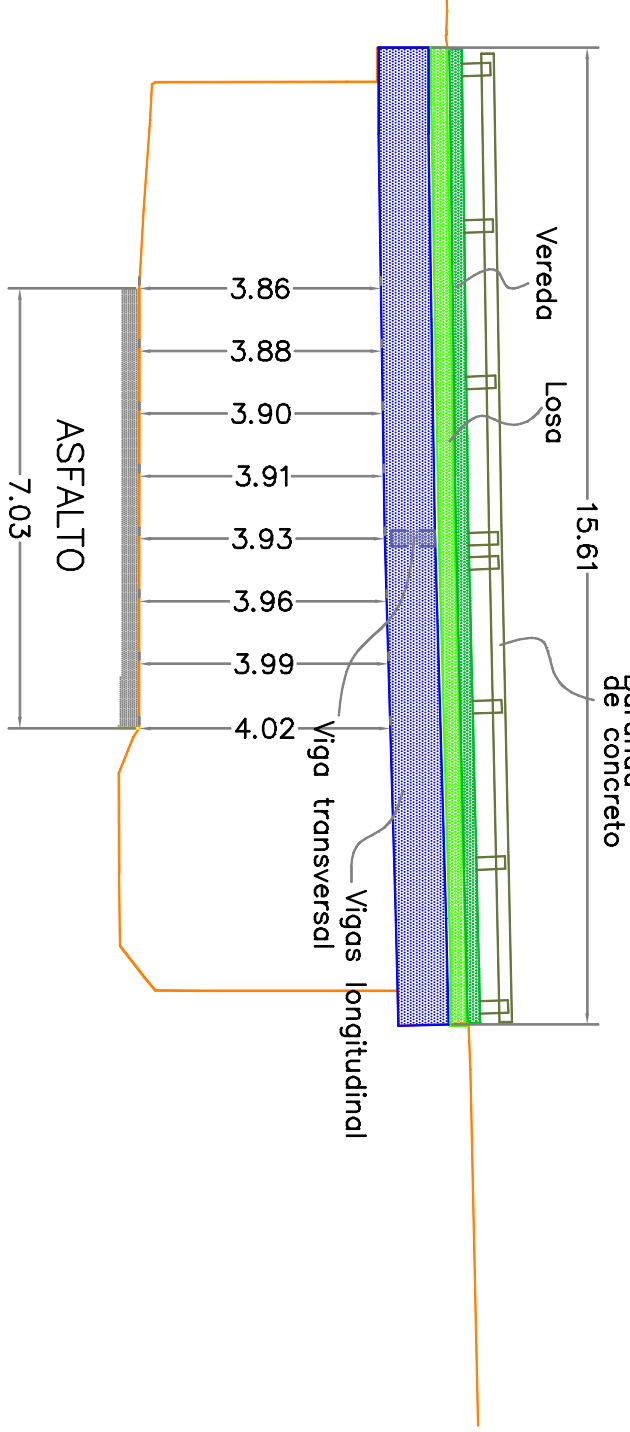
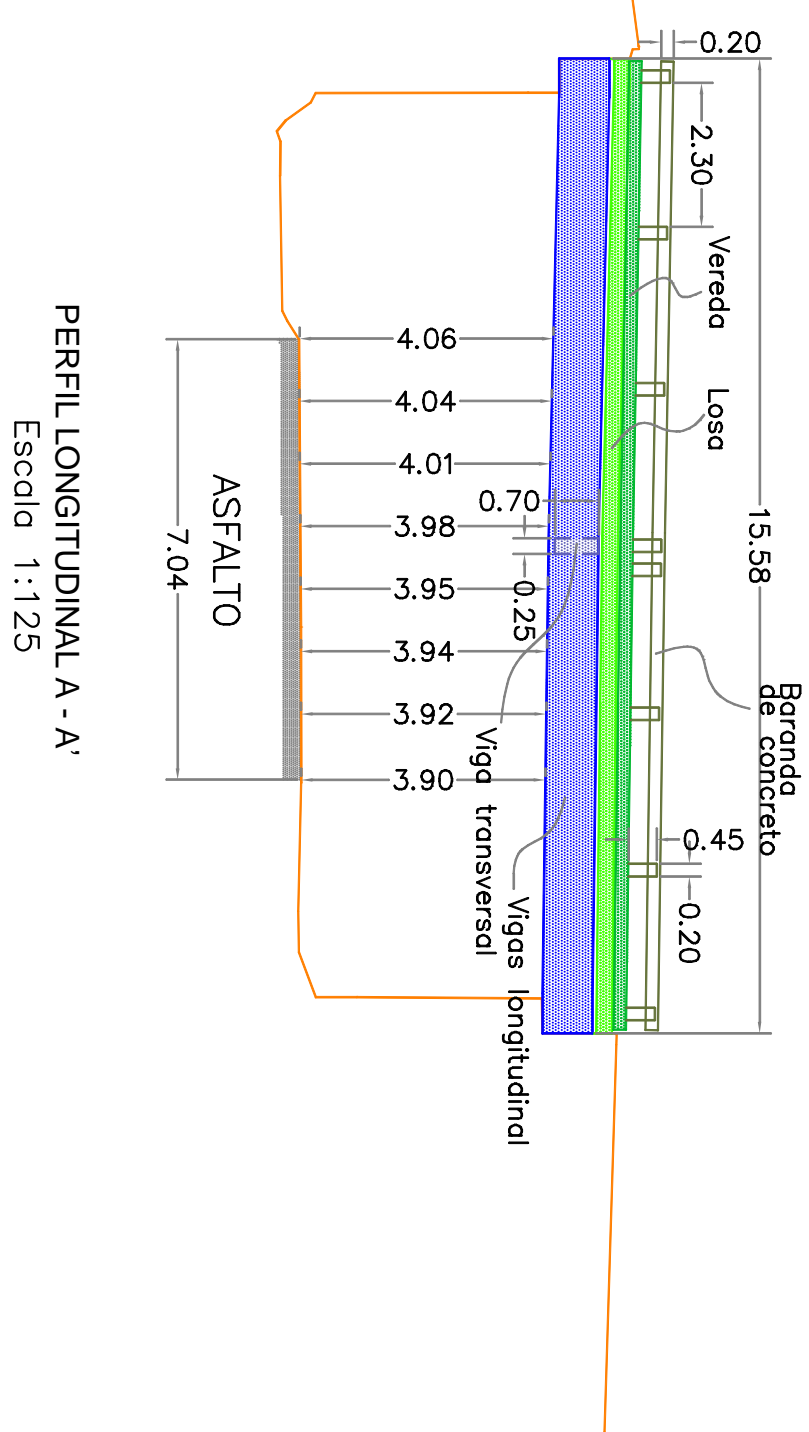
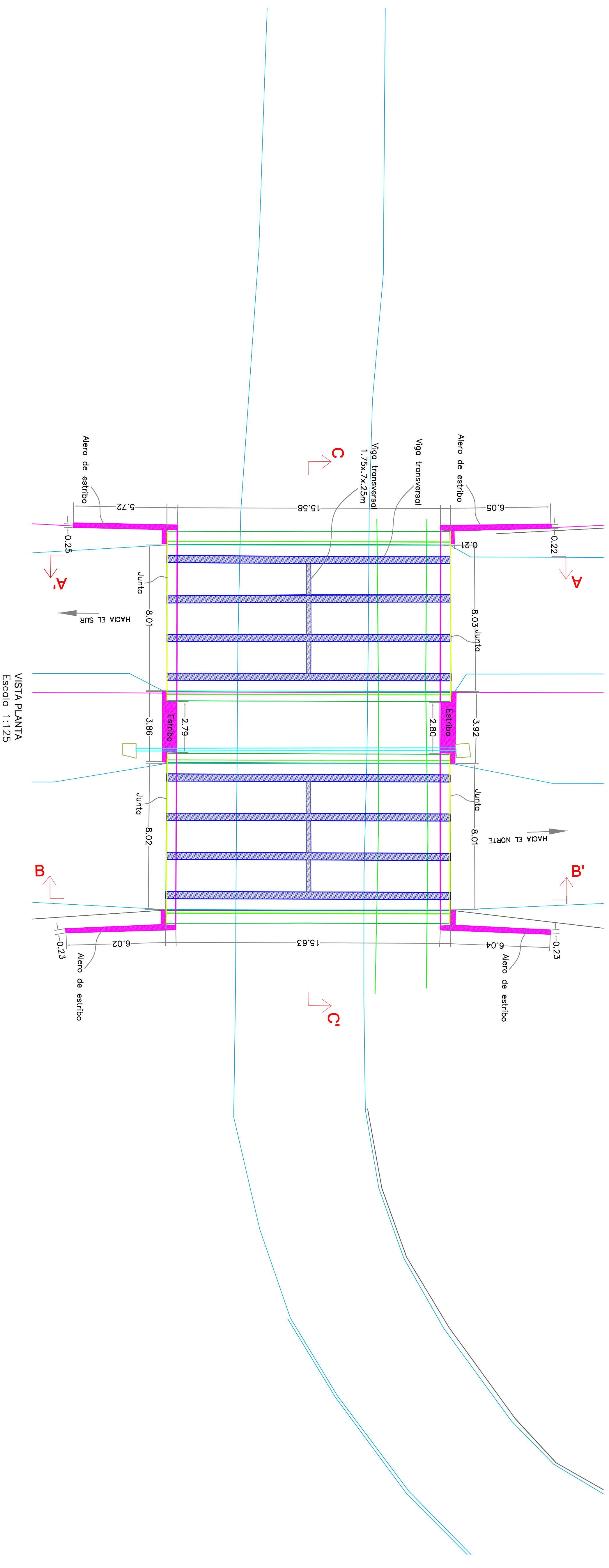
ESCALA (A1):
FECHA: INDICADA
DICIEMBRE 2020
HOJA:
1
CODIGO: UCV-PAPN-DGT_01_005

ANEXO 07:

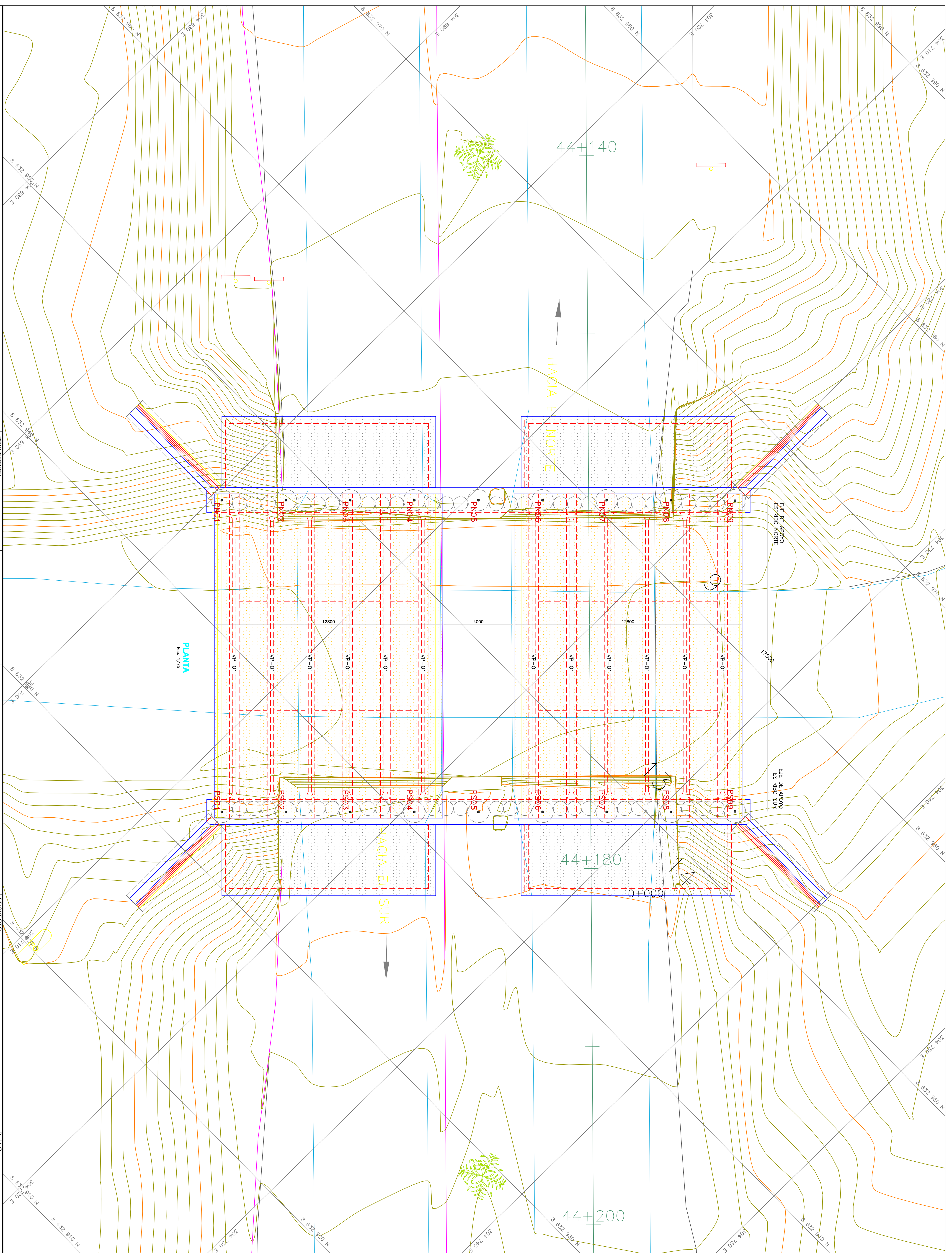
“PLANOS DE ESTRUCTURA EXISTENTE”

ANEXO 08:

“PLANOS DE ESTRUCTURA PROYECTADA”



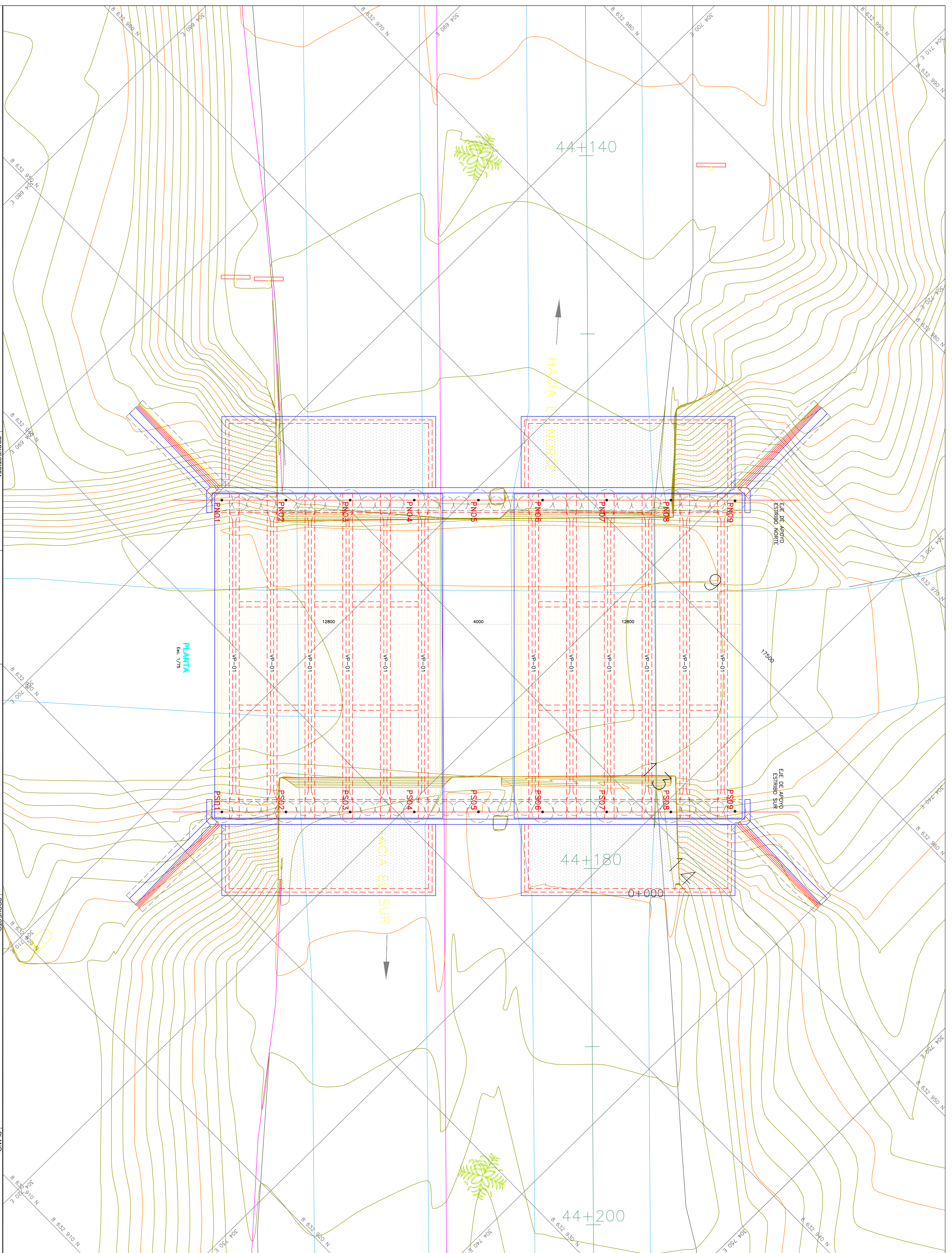
PROYECTISTA:	DISEÑO: R.H.S	Nº	FECHA	REVISIONES	DESCRIPCION	PROYECTO:	PLANO:	ESCALA (A1):	H.O.A.
	REVISADO:					DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA PARA MEJORAMIENTO DEL PASO A DESNIVEL PUENTE ACCESO PUNTA NEGRA KM 41+350 PANAMERICANA SUR	ESTADO ACTUAL DEL PUENTE	1/400	1
	APROBADO:							FECHA:	DICIEMBRE 2020
								CODIGO:	UCV-PAPN-EST_01_001



PLANTA
Ede. 1/75

PUNTO	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
PND1	304700.419	8632945.275
PND2	304702.942	8632947.843
PND3	304705.464	8632950.412
PND4	304707.987	8632952.980
PND5	304710.510	8632955.548
PND6	304713.032	8632958.116
PND7	304715.555	8632960.685
PND8	304718.078	8632963.253
PND9	304720.627	8632965.795
PSD1	304712.903	8632933.012
PSD2	304715.426	8632935.580
PSD3	304717.949	8632938.148
PSD4	304720.471	8632940.717
PSD5	304722.994	8632943.285
PSD6	304725.517	8632945.853
PSD7	304728.040	8632948.421
PSD8	304730.562	8632950.990
PSD9	304733.085	8632953.558

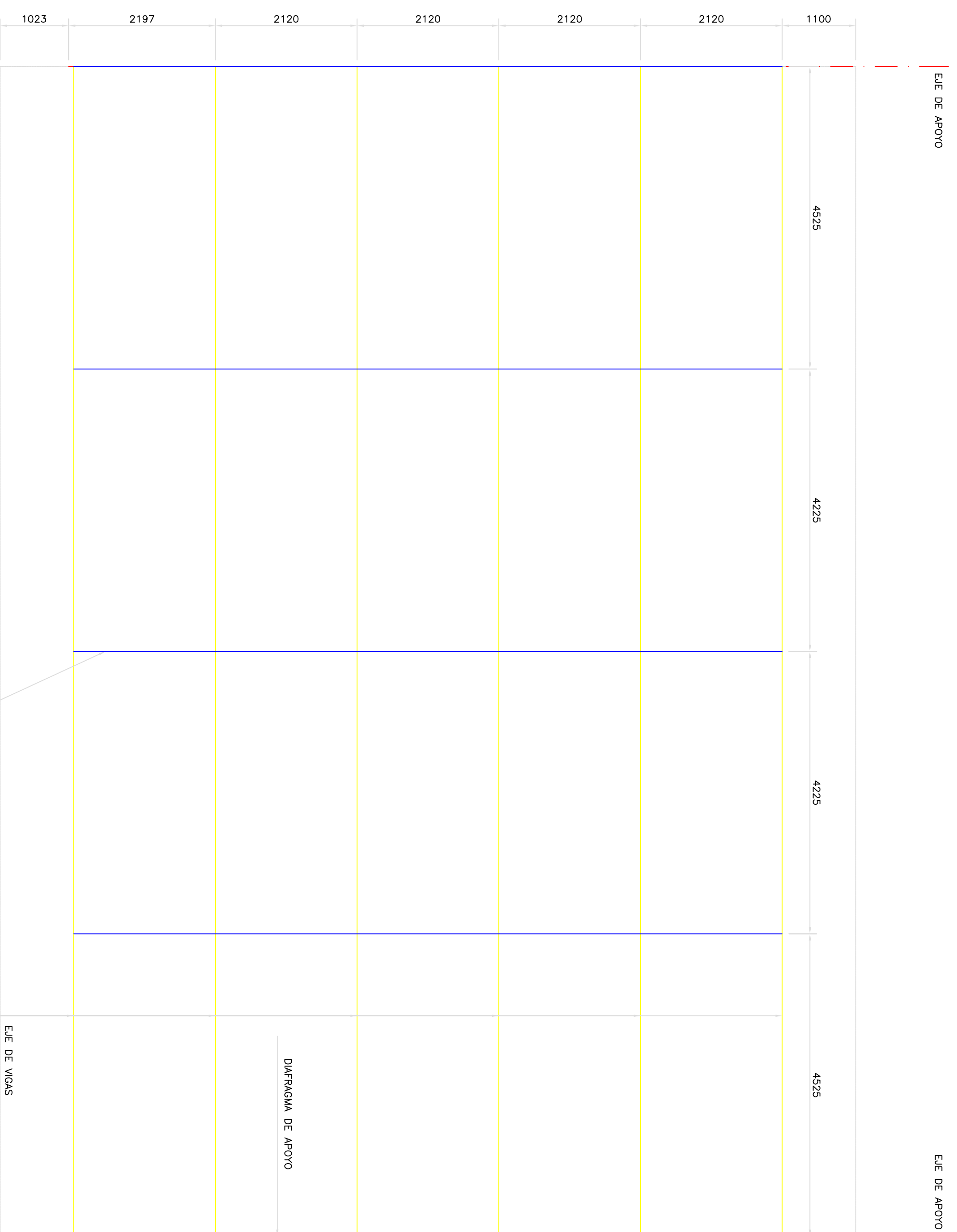
PROYECTISTA:	DISEÑO: R.H.S	Nº	FECHA	REVISIONES	DESCRIPCIÓN	PROYECTO:	PLANO:
	REVISADO:					"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA PARA MEJORAMIENTO DEL PASO A DENSIVEL PUENTE ACCESO PUNTA NEGRA KM 41+350 PANAMERICANA SUR"	VISTA EN PLANTA
	APROBADO:						
ESCALA (A1): 1/100				HORA: 1			
FECHA: DICIEMBRE 2018				CODIGO: UCV-PAPN-EST_01_002			



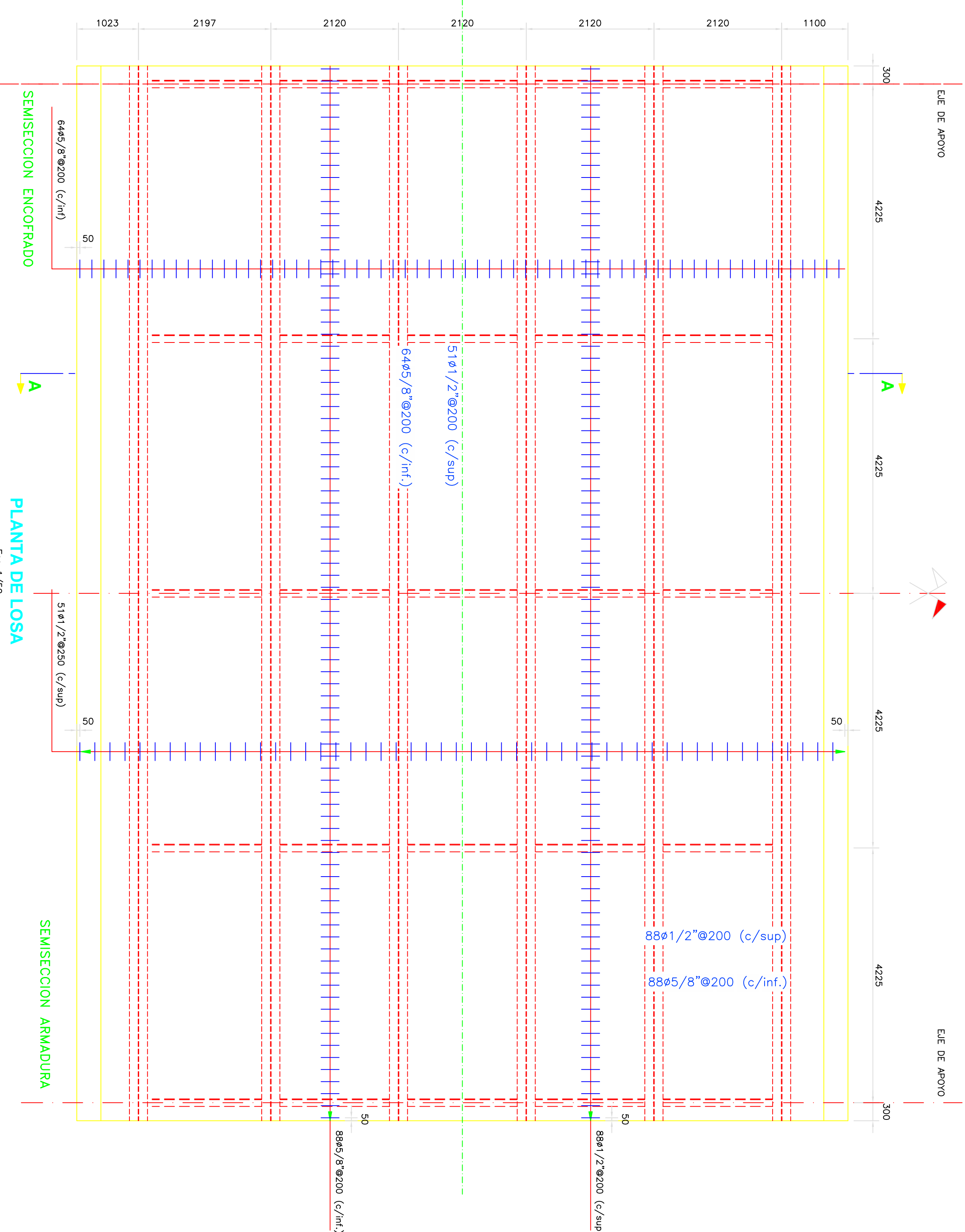
PUNTO	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
PND01	304700.419	8632945.275
PND02	304702.942	8632947.843
PND03	304705.464	8632950.412
PND04	304707.987	8632952.980
PND05	304710.510	8632955.548
PND06	304713.032	8632958.116
PND07	304715.555	8632960.685
PND08	304718.078	8632963.253
PND09	304720.627	8632965.795
PSD01	304712.903	8632933.012
PSD02	304715.426	8632935.580
PSD03	304717.949	8632938.148
PSD04	304720.471	8632940.717
PSD05	304722.994	8632943.285
PSD06	304725.517	8632945.853
PSD07	304728.040	8632948.421
PSD08	304730.562	8632950.990
PSD09	304733.085	8632953.558

PLANTA
Ede. 1/75

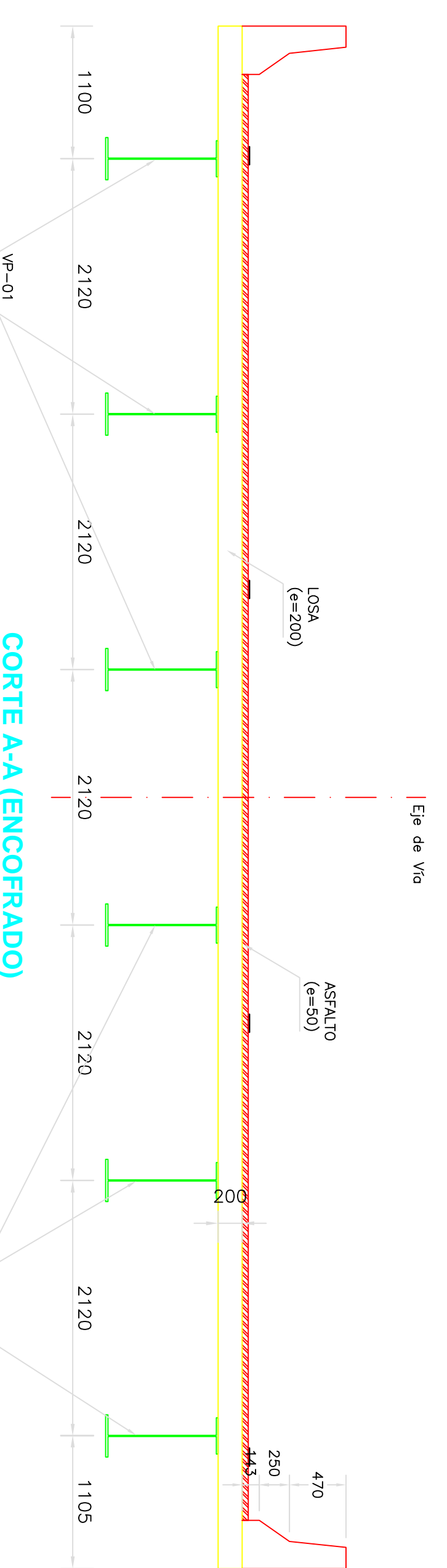
PROYECTISTA:	DISEÑO: R.H.S	Nº	FECHA	REVISIONES	DESCRIPCIÓN	PROYECTO:	PLANO:
	REVISADO:					"DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA PARA MEJORAMIENTO DEL PASO A NIVEL PUENTE ACCESO PUNTA NEGRA KM 41+350 PANAMERICANA SUR"	VISTA EN PLANTA
	APROBADO:						
ESCALA (A1):				1/100	HOUA:	1	
FECHA:				DICIEMBRE 2018			
CODIGO:				UCV-PAPN-EST_01_002			



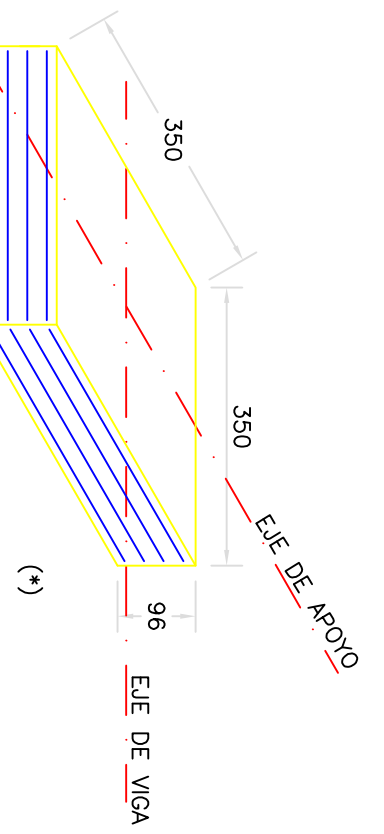
DISTRIBUCION DE ARRIOSTRES Y DIAFRAGMAS
Ese: 1/50



PLANTA DE LOSA
Ese: 1/50



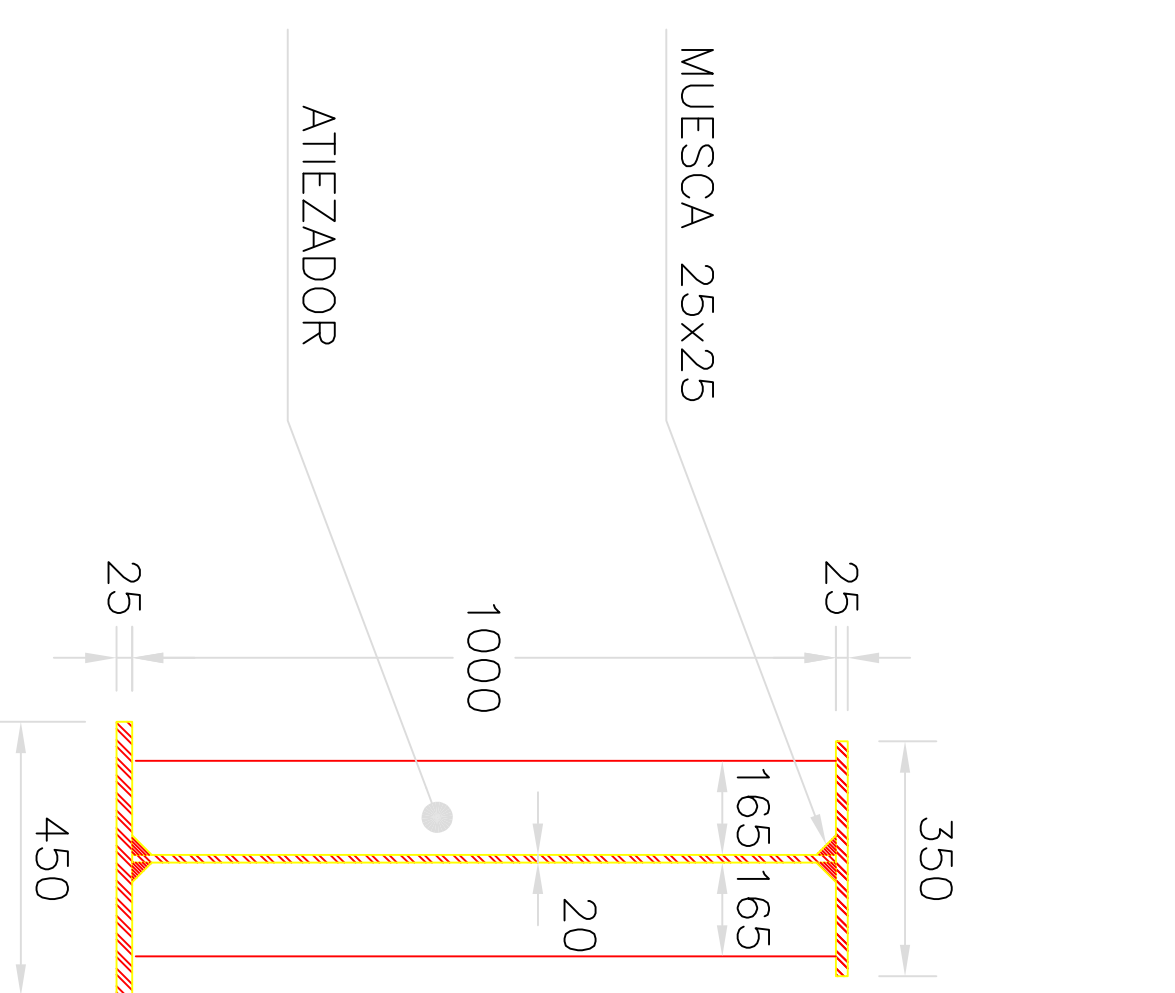
CORTE A-A (ENCOFRADO)
Ese: 1/40



PLANCHAS DE NEOPRENO SHORE 60
3 INTERMEDIAS DE 350x350x22mm
Y 4 PLANCHAS METALICAS (fy=3500kg/cm2) DE 330x330x2mm.

(*) LOS APOYOS ELASTOMERICOS SE ADHIEREN A LAS VIGAS E INFRAESTRUCTURA CON PEGAMENTO EPOXICO

DETALLE DE APOYOS ELASTOMERICOS EN APOYOS EN ESTRIBOS
INDICADA



SECCION A-A
VP-01
ESC. 1/10

SECCION A-A
VP-01
ESC. 1/10

ESPECIFICACIONES

- ESPECIFICACIONES	ASHTO LRFD 2014
- ACERO ESTRUCTURAL	ASTM A709 GRADO 50
- SOLDADURA	ASHTO / AWS E7018
- BARRAS DE ACERADO	"BOND WELDING CODE"

- NOTAS**
- LA PREPARACION DE LAS SUPERFICIES ANTES DE LA APLICACION DEL SISTEMA DE PINTURA SERA CON ABRASIVO METALICO AL GRADO 2 1/2 DE LA NORMA SUECA SIS-ISO-8501 Y EN CONCORDANCIA A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PINTURAS PARA OBRAS VALES DEL MIC (2013).
 - LAS PIEZAS TRANSPORTADAS DEL TALLER DISPONDRA DE DESAGÜES SUFICIENTES PARA LA EVACUACION DEL AGUA DE LLUVA.
 - LAS PIEZAS METALICAS SE PROTEGERAN DE ACUERDO CON EL SIGUIENTE SISTEMA U OTRO DE PROTECCION EQUIVALENTE, PARA CLASE DE DURABILIDAD AC4 ALTA (SEGUN UNE-EN-ISO 12944-2:1998) CON GRADO DE DURABILIDAD ALTA (H MAS DE 15 AÑOS):
 - PRIMERA CAPA: IMPRIMACION RICA EN ZINC, CON PRODUCTO TIPO ZINC RICH, ESPECIFICACION DE SISTEMA SSPC-PAINT 20, EN UNA CAPA, espesor de pelicula seco mayor de 100 micras, color recomendado EPOXI.
 - CAPAS INTERMEDIAS: A BASE DE EPOXI, CON PRODUCTOS TIPO ESMALTE EPOXI, ESPECIFICACION DEL SISTEMA SSPC-PAINT 22 O MIL-P-24441, EN DOS CAPAS, Espesor de pelicula seco mayor de 125 micras, color recomendado gris perlado o gris riabido.
 - CAPA DE ACABADO: A BASE DE POLIURETANO, CON PRODUCTOS TIPO ESMALTE POLIURETANO, ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA USFC-C-644 A TIPO I, EN UNA CAPA, Espesor de pelicula seco mayor de 75 micras, color recomendado naranja.

TOAS LAS BARRAS DE REFUERZO DOBLAN EN SUS EXTREMOS CON GANCHO DE ACUERDO AL CUADRO

φ	a (mm)	L (mm)
3/8"	200	500
1/2"	250	750
5/8"	300	950
3/4"	350	1200
1"	400	1800
1 3/8"	550	2500

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- CONCRETO f'c = 280 kg/cm2 EN PRELOSA, LOSA Y DIAFRAGMAS
- CONCRETO f'c = 210 kg/cm2 EN VEREDAS
- TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADOS : 3/4"
- ACERO DE REFUERZO fy = 4200 kg/cm2
- ACERO DE PRESFUERZO fs = 18900 kg/cm2
- RECUBRIMIENTO SUPERIOR : LOSA RECUBRIMIENTO SUPERIOR 50 mm
- RECUBRIMIENTO INFERIOR : LOSA RECUBRIMIENTO INFERIOR 25 mm
- VIGAS DIAFRAGMAS 40 mm
- CEMENTO PORTLAND TIPO II
- S/C : HL-93
- REGLAMENTO ASHTO 2014

PROYECTISTA:

DISEÑO : R.H.S
REVISADO :
APROBADO :

REVISIONES	DESCRIPCION	Nº	FECHA

PROYECTO: "DISEÑO GEOMÉTRICO Y DISEÑO DE SUPERESTRUCTURA PARA MEJORAMIENTO DEL PASO A DENSIVEL PUENTE ACCESO PUNTA NEGRA KM 41+360 PANAMERICANA SUR"

PLANO:

VIGAS Y LOSA (I)

ESCALA: INDICADA HOJA: 1
FECHA: DICIEMBRE 2018
CODIGO: UCV-PAPN-EST_01_006