



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES.

**Diseño de la superestructura de un puente entre la Av. 27 de Febrero y
la calle Paseo Río Cuenca.**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autor:
JOSE LEONARDO ANDRADE GÁRATE

Director:
ROBERTO GAMÓN TORRES.

CUENCA – ECUADOR

2016

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a todos mis amigos que me acompañaron en todos los momentos de la vida universitaria, a los profesores que han aportado con su conocimiento y experiencia para nuestra formación, al Ing. Roberto Gamón mi director de tema que ha brindado su apoyo incondicionalmente para la realización del mismo, a todos ellos mi sincero agradecimiento.

José Leonardo Andrade Gárate.

DEDICATORIA.

El presente tema de Investigación dedico principalmente a mi hermano Juan Carlos que me apoyo incondicionalmente en los momentos buenos y malos para poder culminar mis estudios, a mi hermana Margoth y mi sobrino Andrés que me sirvieron de inspiración y ejemplo de lucha para cumplir un objetivo, a una gran persona y amigo el Ing. Paúl Cordero Díaz por la confianza depositada en mi persona, para todos ellos es el presente trabajo.

Gracias.

INDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	pág.
AGRADECIMIENTO.	i
DEDICATORIA.	ii
INDICE DE CONTENIDOS	iii
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.	1
 CAPITULO 1: GENERALIDADES.....	 2
1.1 Introducción.....	2
1.1.1 Historia y desarrollo de los puentes a nivel mundial.	7
1.1.2 Clasificación de los puentes por su utilización.	11
1.1.3 Clasificación de los puentes por su material constitutivo.	13
1.2 Alcance.....	15
1.3 Antecedentes.	16
1.4 Justificación.....	16
1.5 Objetivo general.	17
1.6 Objetivos específicos.	18
1.7 Metodología.	18
 CAPITULO 2: ESTUDIOS DE CAMPO.	 20
2.1 Estudio topográfico	20
2.2 Estudio hidrológico e hidráulico	21

CAPITULO 3: NORMATIVAS UTILIZADAS.....22

3.1	MTOP.....	22
3.2	AASHTO.....	22
3.2.1	Breve reseña histórica de la norma AASHTO.....	22

CAPITULO 4: MODELACIÓN DE LAS CARGAS.....24

4.1.	Cargas permanentes.	24
4.2.	Cargas vehiculares.	24
4.2.1	Camión de Diseño.....	25
4.2.2	Tandem de Diseño	25
4.2.3	Carga del Carril de Diseño.....	26
4.2.4	cargas peatonales	26
4.3.	Otras cargas	28
4.4	Combinaciones de Carga y factores de Mayoración.....	29
4.5	Análisis Sísmico.....	34
4.5.1	Espectro de respuesta para diseño.	34
4.5.2.	Zonificación sísmica y factor de zona Z.....	35

CAPITULO 5: CÁLCULO DE LA SUPERESTRUCTURA.37

5.1.	Idealización estructural.	37
5.1.1.	Verificación de la esbeltez del alma	39
5.1.2.	Verificación de la esbeltez del ala	40
5.1.3.	Cálculo de las cargas para las secciones transversales propuestas	40
5.2.	Consideraciones geométricas para vigas metálicas.....	45
5.2.1	Altura mínima de las vigas.	46
5.2.2	Espesor mínimo del alma (tw).	46

5.3. Análisis de deflexiones del tablero	47
5.4. Análisis a flexión de las vigas	48
5.5. Análisis a corte de las vigas	50
5.6. Diseño estructural de la losa del tablero.	52
5.7. Conectores entre la losa de calzada con las vigas metálicas.	55
5.8. Diseño de la superestructura vigas y losa en conjunto.....	57
5.9. Veredas.....	58
5.10. Barandales.	59
 CAPITULO 6: PRESUPUESTO	61
 6.1. Presupuesto referencial.	61
6.2. Análisis de precios unitarios	62
 CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	74
ANEXOS.	75

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1.1: Puente salvando como obstáculo un río	3
Figura 1.2: Paso elevado	4
Figura 1.3: Viaducto Represa Manduriacu.	5
Figura 1.4: Componentes de un Puente	6
Figura 1.5: Puente tipo Pasarela.....	11
Figura 1.6: Puente de Carretera.....	11
Figura 1.7: Puente de ferrocarril	12
Figura 1.8: Puente de conducción de fluidos	12
Figura 1.9: Puente de embarcaciones.....	13
Figura 1.10: Puente para aviones.	13
Figura 1.11: Puente de Madera	14
Figura 1.12: Puente de Piedra	14
Figura 1.13: Puente con estructura de Acero.	14
Figura 1.14: Puente de Hormigón Armado.	15
Figura 1.15: Puente de Hormigón pretensado.....	15
Figura 1.16: Vías actuales de entrada y salida vehiculares.	17
Figura 2.1: Levantamiento topográfico entre la Av. 27 de Febrero y la calle Paseo Río Cuenca.....	20
Figura 4.4: Espectro sísmico.....	34
Figura 4.6: Curvas de peligro sísmico para la ciudad de Cuenca.	36
Figura 5.4: Carga de barandales.....	44
Figura 5.5: Carga de peatonal.	45
Figura 5.13: Perfil IPN 300 y tubo de 75mm*3mm.	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1: Incremento por carga Dinámica, norma AASHTO.....	26
Tabla 4.2: Factores de presencia múltiple por número de carriles cargados.....	27
Tabla 4.3: Combinaciones de cargas de estados limites, norma AASHTO.....	29
Tabla 4.4: Factores de carga para cargas permanentes, norma AASHTO.....	33
Tabla 4.5: Valor de Factor "Z", según las zonificaciones del Ecuador.....	36
Tabla 5.1: dimensiones del perfil de viga propuesto para el diseño.	38
Tabla 5.2: Propiedades Geométricas del perfil de viga.....	39
Tabla 5.3: Pesos de tubos para barandales.	41
Tabla 5.4: Pesos específicos de asfalto y hormigón.....	41
Tabla 5.5: Determinación de peso de barandales.....	41
Tabla 5.6: Determinación del peso de la losa (hormigón + asfalto)	41
Tabla 5.7: Obtención de pesos de veredas	42
Tabla 5.8: Cálculo para encontrar la altura mínima de vigas.....	46
Tabla 5.9: Cálculo para encontrar espesor mínima del alma.	46
Tabla 5.10: Deflexión máxima permitida.	47
Tabla 5.11: Deflexión obtenida en la modelación.	48
Tabla 5.12: Momentos obtenidos de la modelación en CSI bridge.	48
Tabla 5.13: Cortantes obtenidos de la modelación en CSI bridge.....	50

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Planos descriptivos de la superestructura.....	75
Anexo 2: Hoja electrónica de cálculos estructurales.....	75

DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE ENTRE LA AV. 27 DE FEBRERO Y LA CALLE PASEO RÍO CUENCA.

RESUMEN

En la ciudad de Cuenca en el sector comprendido entre las calles Paseo Río Tarqui y Paseo Río Cuenca está rodeado por los Ríos Tarqui y Yanuncay respectivamente, los habitantes de este sector la única vía de comunicación que tienen con el resto de la ciudad es la que conecta con la Av. Fray Vicente Solano sector de los tres puentes, existiendo en esta parte congestionamiento vehicular ocasionando demoras y pérdidas de tiempo para todas las personas que transitan por esta ciudad.

En el proyecto a continuación planteamos el diseño de la superestructura de un puente entre la Av. 27 de Febrero y la calle Paseo Río Cuenca como una nueva alternativa de circulación para los habitantes de este sector.

Palabras clave: acero estructural, hormigón, vigas, losa, diafragmas, modelación, estructura, puente, diseño estructural.



Roberto Gamón Torres.

Director de Tesis.



Paúl Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela.



José Leonardo Andrade Garate

Autor.

DESIGN OF A BRIDGE SUPERSTRUCTURE BETWEEN 27 DE FEBRERO AVENUE AND PASEO DEL RIO STREET IN THE CITY OF CUENCA

ABSTRACT

The area between *Paseo Rio Tarqui* and *Paseo Rio Cuenca* in the city of Cuenca is surrounded by the Rivers *Tarqui* and *Yanuncay* respectively. The only means of communication the inhabitants of this sector have with the rest of the city is the one that connects with *Fray Vicente Solano* Avenue in the sector known as The Three Bridges. In this point there is too much traffic congestion that causes delays and wasted time for all the people passing through.

Therefore, this project proposes the design of a bridge superstructure between *27 de Febrero* Avenue and *Paseo Rio Cuenca* as a new alternative way of traffic for the inhabitants of this sector.

Keywords: Structural Steel, Concrete, Beams, Slabs, Diaphragms, Modeling, Structure, Bridge, Structural Design.



Roberto Gamón Torres.
Thesis Director



Paul Cornelio Cordero Diaz
School Director



José Leonardo Andrade Garate
Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE ENTRE LA AV. 27 DE FEBRERO Y LA CALLE PASEO RÍO CUENCA.

RESUMEN

En la ciudad de Cuenca en el sector comprendido entre las calles Paseo Río Tarqui y Paseo Río Cuenca está rodeado por los Ríos Tarqui y Yanuncay respectivamente, los habitantes de este sector la única vía de comunicación que tienen con el resto de la ciudad es la que conecta con la Av. Fray Vicente Solano sector de los tres puentes, existiendo en esta parte congestionamiento vehicular ocasionando demoras y pérdidas de tiempo para todas las personas que transitan por esta ciudad.

En el proyecto a continuación planteamos el diseño de la superestructura de un puente entre la Av. 27 de Febrero y la calle Paseo Río Cuenca como una nueva alternativa de circulación para los habitantes de este sector.

Palabras clave: acero estructural, hormigón, vigas, losa, diafragmas, modelación, estructura, puente, diseño estructural.

Roberto Gamón Torres.

Director de Tesis.

Paúl Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela.

José Leonardo Andrade Garate

Autor.

ABSTRACT

José Leonardo Andrade Gárate.

Trabajo de Graduación.

Ing. Roberto Gamón Torres. Phd. Msc.

Marzo 2016.

DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE ENTRE LA AV. 27 DE FEBRERO Y LA CALLE PASEO RÍO CUENCA.

INTRODUCCIÓN.

El puente es una estructura que forma parte de caminos, carreteras, líneas férreas y canalizaciones, su función principal es salvar un obstáculo que se presenta en un sector geográfico, y se construyen sobre una depresión, río, u obstáculo cualquiera. Los puentes constan fundamentalmente de dos partes, la superestructura, conformado principalmente por las vigas, diafragmas y tablero del puente, y la subestructura formada por las pilas, que soportan directamente a la superestructura, los estribos situados en los extremos del puente que conectan con el terraplén, y los cimientos o apoyos de estribos y pilas encargados de transmitir al terreno todos los esfuerzos. La superestructura del puente puede ser diseñada con vigas y losa de tablero de hormigón, u otra alternativa es de una superestructura mixta en donde las vigas y diafragmas son elementos estructurales metálicos y el tablero es de hormigón armado.

En la actualidad con el avance de la tecnología y el uso de diferentes tipos de materiales de construcción, es posible aplicar diferentes técnicas para el diseño de puentes, teniendo presente que el objetivo es obtener un diseño que se ajuste a las condiciones del lugar, optimice costos del proyecto y que sea una obra de beneficio para la comunidad.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción.

El ser humano a lo largo del tiempo ha tenido la necesidad de recurrir a la construcción de diferentes tipos de obras civiles, cada una de ellas con diferentes objetivos claramente definidos, como son: muros de contención, sistemas hidráulicos, edificaciones, plantas de tratamiento de aguas residuales, entre otros.

Un tipo de construcción utilizada principalmente para salvar obstáculos que pueden existir en un sector específico de la geografía de nuestro territorio son los puentes, desde el inicio de todo el proceso constructivo de una obra cualquiera que esta sea aparecen diferentes tipos de obstáculos, por ejemplo en proyectos viales se pueden encontrar desniveles del terreno, zonas de acumulación de aguas como represas y embalses, lagos o lagunas, bahías, ríos o afluentes de estos, zonas urbanas, terrenos pantanosos o de poca capacidad soportante del suelo, u otras vías; que son necesarias salvar mediante una estructura a otro nivel, de forma tal que se evite la interrupción del flujo continuo de transportación. Para vencer los inconvenientes antes mencionados que pueden surgir en el trazado de una vía, dependiendo de las peculiaridades propias de estos, pueden utilizarse estructuras con determinadas y diferentes características, una estructura destinada a salvar la obstrucción que puedan generar obstáculos naturales y artificiales, con el fin de lograr la eficiente comunicación. (Gómez Díaz, 2009).

Se puede llegar a una conclusión de que para cada obstáculo que se presente, ya sea en un terreno o en el trazado de una vía y dependiendo de las características que tengan cada una de ellas, es necesario la construcción de ciertas estructuras como son los puentes, con propiedades y condiciones que deben adaptarse a los requerimientos de cada caso.

Dependiendo del tipo de obstáculo a salvar, se puede realizar una división del tipo de puentes, desde el punto de vista técnico se los especifica a cada una de estas estructuras, hablándose entonces de puentes, pasos elevados y viaductos.

Puente: Estructura que salva como obstáculo un río, presentándose como condicionantes para su diseño tener en cuenta las características hidráulicas que originan las corrientes de agua como son el remanso y la socavación. (Gómez Díaz, 2009).



Figura 1.1: Puente salvando como obstáculo un río

Fuente: Marcelo Romo Proaño, Msc.

Paso elevado: Estructura que tiene que salvar como obstáculo otra vía, presentándose como condicionantes para su diseño el tener en cuenta las características del diseño geométrico de la vía a la que pertenece el paso y de la vía a salvar. (Gómez Díaz, 2009).



Figura 1.2: Paso elevado

Fuente: Marcelo Romo Proaño, Msc.

Viaducto: Es aquella estructura que salva como obstáculo una presa, lago, o bahía, en las cuales las corrientes de agua no generen socavación, presentándose como condicionantes para su diseño las dificultades de tipo constructivas que pueden presentar. (Gómez Díaz, 2009).



Figura 1.3: Viaducto Represa Manduriacu.

Fuente: Diario El Comercio.

Los puentes están conformados por dos componentes que son la superestructura y la subestructura y que se intercomunican por medio de los aparatos de apoyo. (Peñañiel B. I., 2006).

La superestructura consta de: el tablero que soporta directamente las cargas del tránsito y que las transfiere a vigas, armaduras, arcos, cables, u otros elementos sobre los que se apoya, siendo estos los encargados de transmitir las cargas del tablero a las pilas y los estribos. También forma parte de la superestructura, las vigas principales, diafragmas, aceras, barandales, sistemas de drenaje; y, todo tipo de elemento estructural que soporte directamente las acciones para las cuales fue creado el puente.

La subestructura de un puente está formada por elementos encargados de la transferencia de las cargas de la superestructura al terreno, dentro de los cuales se encuentran los estribos o pilares extremos, las pilas o apoyos centrales y los cimientos, que constituyen la base de ambos. Los cimientos pueden transmitir la carga de forma directa e indirecta.

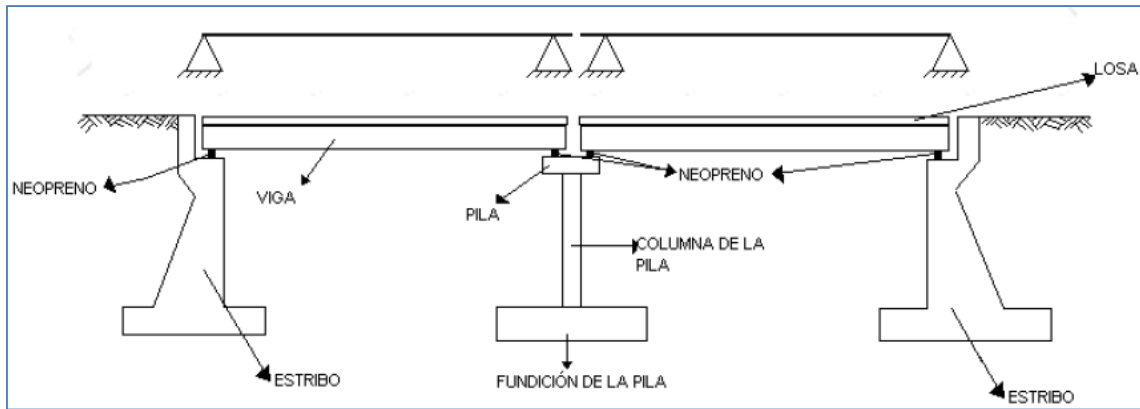


Figura 1.4: Componentes de un Puente

Fuente: Gómez Díaz.

En la actualidad hay diferentes materiales que pueden ser utilizados para diseñar y construir un puente, ejemplo de ellos son: el plástico y la fibra de vidrio, que aparecen como alternativa de los materiales tradicionales utilizados, como la madera, la piedra, el acero estructural, el hormigón armado y el hormigón pretensado (Taylor, 1987); el empleo de cada uno de estos materiales y el uso que se le vaya a dar, permitirá a los diseñadores escoger la opción más adecuada para luego proceder con el diseño definitivo.

Al proyectar un puente hay que definir las características generales de la estructura, como son: la longitud, altura y luces parciales, teniendo en cuenta las normativas establecidas para cada diseño. (Taylor, 1987).

Los puentes deben cumplir con varias condiciones, para ejercer su función en forma adecuada, (Ramos García, 2010) menciona varias condiciones que debería de tener un puente:

- **Seguridad:** todo puente debe tener suficiente resistencia, rigidez, durabilidad y estabilidad, de tal forma que resista las fuerzas que actúan sobre ellos durante su vida útil.

- **Servicio:** los puentes deben funcionar como parte de las carreteras, sin afectar la comodidad de los usuarios.
- **Economía:** se deben construir económicamente, sin perder de vista la calidad de los materiales utilizados, es necesario tomar en cuenta el mantenimiento, después de que sean puestos en uso.
- **Apariencia:** la apariencia de los puentes debe conjugar con el medio ambiente en su entorno.
- **Espacios:** los espacios están definidos en las normas establecidas en cada país, en el caso de Ecuador AASHTO y MTOP.

1.1.1 Historia y desarrollo de los puentes a nivel mundial.

Los puentes han progresado a lo largo de la historia y, en su desarrollo, se encuentran fases de un avance lento, mientras que otras han sido extremadamente rápidas. En el siglo XIX es la época más brillante de los puentes en lo referido al avance en el diseño, que sirvió de bases para épocas posteriores.

Las principales variables que han influido en la evolución de los puentes lo constituyen: el conocimiento del comportamiento de los materiales, las tipologías estructurales, la valoración de las acciones y la concepción de los esquemas de análisis con las condiciones de apoyo adecuadas. En cada una de estas variables hay una estrecha relación entre sí, y el saber analizar todas ellas en conjunto permite obtener mejores resultados en el rendimiento y trabajo de las estructuras.

Un ejemplo de la tipología de puentes que se ha utilizado a lo largo de la historia y que son cada uno de ellos el resultado del ingenio del hombre para solventar sus necesidades son:

Puentes rectos, que utilizan la viga como elemento principal resistente y que destacan a la flexión como mecanismo de comportamiento ante las cargas.

Puente arco, cuya invención consiste en disponer el material resistente de determinada forma (en arco) para que la transmisión de las acciones desde sus puntos de aplicación hasta los apoyos, se realice produciendo fuerzas interiores predominantemente de compresión.

Puentes colgados, forma inversa al puente arco que destaca a la tracción como mecanismo fundamental resistente.

Estas tres tipologías resistentes han perdurado desde los tiempos más antiguos y han estado vinculadas, aunque no exclusivamente, pero si con gran frecuencia a tres materiales: la madera para el puente recto, la piedra para el puente arco y las cuerdas para el colgado.

A finales del siglo XVIII se construye el puente Coabrookdale (1776-1779) en Inglaterra, este constituye el primer puente de hierro fundido, dando lugar a una de las épocas más brillantes en la historia de los puentes y que tuvo su esplendor a lo largo del siglo XIX. La revolución industrial transformó el trabajo artesanal al trabajo mecánico y organizado de manera significativa mediante la industrialización.

No solo la estructura metálica es un logro del siglo XIX, en su cuarto final aparece otra contribución tan importante como el acero, se trata del hormigón armado. Este material introducía de nuevo la posibilidad del moldeado con aspecto pétreo. El desarrollo fue muy rápido, tanto en edificación social como en puentes, a pesar de su impedimento de asimilar tracciones, por la fisuración que presenta el hormigón una desventaja es que su campo de acción es limitado a luces relativamente pequeñas para el puente recto.

En el siglo XX se une al hormigón armado la tipología arco cuando se trata de salvar luces importantes. Es la época de constructores de grandes arcos de hormigón.

El pretensado del hormigón es una idea que surge en el siglo XIX, no materializada hasta el XX, por carecer de aceros de alto límite elástico. La introducción del pretensado la realizó entre 1928-1933 y su primera utilización se realiza en la reparación de la estación marítima de Havre en 1933. La repercusión que este hecho tiene en la construcción es inusitada, casi todos los puentes, se han construido a partir de entonces de hormigón pretensado. El pretensado aporta otras ventajas a los puentes permitiendo solidarizar partes construidas independientemente. De esta manera todos los procedimientos constructivos aplicados por la construcción metálica son incorporados a la construcción de hormigón.

La prefabricación, intrínseca de las construcciones metálicas, pasa al hormigón de una manera rotunda. El primer puente pretensado se realizó en Alemania en 1938: el puente de Oelde, está compuesto por un tramo simplemente apoyado de 31.00m de luz y su sección transversal lo conforman cuatro vigas T espaciadas a 1.40m con cuatro diafragmas intermedios y dos de apoyo.

Con la aparición del pretensado el puente de arco cedió espacio, debido a la falta de adecuación del arco a las condiciones de rodadura, obligando a la utilización de tableros superpuestos y otro aspecto está referido a la constructabilidad, por la utilización de grandes cimbras para su construcción, esto superado por el pretensado al necesitar de cofres relativamente sencillos.

A pesar del auge del pretensado el puente metálico no cedió espacio, experimentando un gran desarrollo después de la segunda guerra mundial. Justamente con el resurgimiento de la viga de alma llena en la forma de doble T como sección cajón, la cual implica un costo de fabricación menor que la armadura y puede cubrir luces bastante semejantes a estas últimas. Asimismo, mejoran las uniones con la utilización de pernos de alto límite elástico, además del uso de la soldadura eléctrica y posteriormente de la soldadura automática. Por otra parte la utilización de losas ortotrópicas para tableros de puentes y

la mejora de la calidad de los aceros, permite un aligeramiento mayor de la estructura, estableciendo una total competitividad entre el puente pretensado y el metálico. El gran problema era salvar grandes luces (mayores a los 200.00m), por lo que se recurre a la solución de estructuras mixtas, recogiendo las ventajas de uno y otro material y se retoma el arco metálico, un ejemplo de esto o constituye el puente en Virginia Occidental New River George con 510.00m de luz.

El puente colgante está íntimamente ligado en la historia a las primeras épocas de la humanidad. Puede establecerse como el primer puente colgante moderno al construido por James Finley en 1801 en Pennsylvania, de 70.00m de luz, formado por una cadena de hierro parabólico como estructura portante, de la cual colgaban péndolas que sostienen el tablero. A partir de esta idea intuitiva en años posteriores se ejecutan un gran número de puentes con tipología similar, tanto en Estados Unidos como en Europa. Los conocimientos teóricos que fundamentaban estos puentes eran escasos, en general eran puentes muy flexibles y presentaban poca rigidez a la torsión en el tablero ante cargas excéntricas y serios problemas de comportamiento a los esfuerzos producidos por el viento. Como consecuencia de lo anterior su colapso era bastante frecuente.

Otra de las tipologías estructurales de gran aplicación en la actualidad la constituyen los puentes atirantados. Su aparición data del siglo XVII, también se conocen de construcciones de este tipo en el siglo XIX. Su análisis constituyó hasta el año 1955 un serio problema, En ese año se proyecta y construye el puente de Stromsund de 182.50m de luz con un tablero metálico y es en este material donde experimenta sus primeros desarrollos, junto con el cajón metálico.

El desarrollo ha impuesto a su vez tres formas particulares para esta tipología: en abanico, en arpa y mixto.

También existen puentes atirantados con tablero de hormigón, en el año 1962 se construye en Maracaibo un puente atirantado de 240.00m de luz con esta tipología por

R. Morandi. A diferencia de los tableros metálicos, el tablero de hormigón exige un mayor número de cables en la longitud del tramo debido a su peso propio.

1.1.2 Clasificación de los puentes por su utilización.

Para realizar la clasificación de acuerdo a su utilización se establece el tipo de material rodante que circulará por el mismo, a partir de esta consideración puede constituirse la siguiente clasificación:

Pasarelas: Son utilizadas para cruce de peatones o ciclistas.



Figura 1.5: Puente tipo Pasarela

Fuente: Gómez Díaz.

Puentes de carreteras: Son utilizados para el cruce del transporte automotor.



Figura 1.6: Puente de Carretera

Fuente: Gómez Díaz.

Puentes de ferrocarril: Son utilizados para cruce de transporte ferroviario.



Figura 1.7: Puente de ferrocarril

Fuente: Gómez Díaz.

Puentes de conducción de fluidos: Son utilizados para la transportación de fluidos, tales como agua, petróleo, etc.

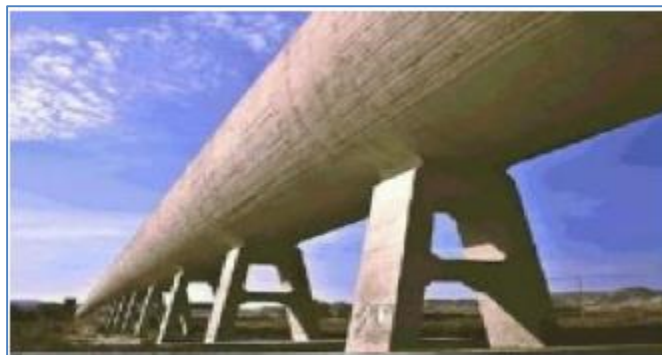


Figura 1.8: Puente de conducción de fluidos

Fuente: Gómez Díaz.

Otros: Son estructuras para usos específicos, se destacan entre estos: puentes para aviones, utilizados en pistas de rodaje de aeropuertos, puentes para embarcaciones.



Figura 1.9: Puente de embarcaciones.

Fuente: Gómez Díaz.



Figura 1.10: Puente para aviones.

Fuente: Gómez Díaz.

1.1.3 Clasificación de los puentes por su material constitutivo.

Con el desarrollo de la tecnología, se ha podido comprender mejor el comportamiento de los materiales existentes y de otros nuevos, que junto a los conocimientos del diseño y al avance en los métodos de cálculo se ha logrado la explotación y aprovechamiento más racional de los mismos. Esto ha influido en todos los campos de la ingeniería, y como consecuencia en el de los puentes, permitiendo un desarrollo evolutivo en los materiales

con que se han construido los mismos. A continuación se muestra la utilización de materiales en la ingeniería de puentes.

Madera, piedra, acero, hormigón armado, hormigón pretensado, hormigón ligero, hormigón de alta resistencia, aluminio, fibras de carbono, fibras de vidrio.



Figura 1.11: Puente de Madera

Fuente: Gómez Díaz.



Figura 1.12: Puente de Piedra

Fuente: Gómez Díaz.



Figura 1.13: Puente con estructura de Acero.

Fuente: Gómez Díaz.



Figura 1.14: Puente de Hormigón Armado.

Fuente: Gómez Díaz.



Figura 1.15: Puente de Hormigón pretensado.

Fuente: Gómez Díaz.

1.2 Alcance.

El presente estudio, comprende el realizar el diseño de la superestructura de un puente que sea resistente y confiable para su uso, establecer el diseño estructural del mismo que una la Av. 27 de Febrero y la calle Paseo Río Cuenca y que brinde soluciones de movilidad para las diferentes actividades de los habitantes que circulen por el sector.

El puente que va a diseñarse se utilizará como un medio de acceso y salida directa desde la Av. 27 de Febrero, evitando la movilización innecesaria hasta la Av. Fray Vicente Solano, en donde se encuentra el otro punto de acceso a la zona comprendida entre los ríos Tarqui y Yanuncay.

Se diseñará un puente que disponga de las siguientes características: doble sentido de circulación, vías exclusivas para ciclistas, veredas y barandales.

1.3 Antecedentes.

En la ciudad de Cuenca-Ecuador, que está atravesada por cuatro ríos a lo largo de la ciudad, las vías que actualmente se encuentran en los márgenes de los diferentes ríos prácticamente no se conectan entre ellas a excepción de ciertos sectores definidos y establecidos con los orígenes de la ciudad.

Con el pasar de los años nuestra ciudad se ha desarrollado y ha incrementado el número de habitantes y por consiguiente el número de vehículos, de igual manera las edificaciones y corredores viales se han extendido; en el mercado vehicular se estima que por cada cinco personas hay un vehículo en la ciudad. Todos estos factores señalados implican que actualmente vivimos en una ciudad en donde se debería contar con vías de comunicación eficientes que nos permita movilizarnos en el menor tiempo posible, para realizar diferentes gestiones diarias y así evitar traslados innecesarios y pérdidas de tiempo para llegar a los distintos lugares; ahora estamos obligados a que se use la única vía posible de traslado de los habitantes de la ciudad, originando malestar e inconformidad al no tener rutas alternas de comunicación.

Al ser parte de una ciudad, en donde se necesitan estructuras de comunicación para la facilidad de movilización, el presente trabajo tiene por objetivo diseñar la superestructura de un puente entre la y Av. 27 de Febrero y la calle Paseo Río Cuenca.

1.4 Justificación.

En la actualidad la única vía de conexión que existe para las calles Paseo Río Yanuncay, y Paseo Río Tarqui, es de dirigirse hacia la Av. Fray Vicente Solano sector de los "Tres Puentes", por lo que se generan aglomeraciones de vehículos en las intersecciones de estas vías, razón por la cual se plantea el diseño de un puente que comunique estas vías

con la Av. 27 de Febrero para utilizarlo como otra opción de movilización para la ciudad, descongestionando las intersecciones con la Av. Fray Vicente Solano evitando traslados innecesarios y pérdidas de tiempo al tener únicamente un solo punto de acceso y salida para el sector afectado. En la imagen a continuación se señalan las únicas vías de acceso y salida que tiene el sector analizado.

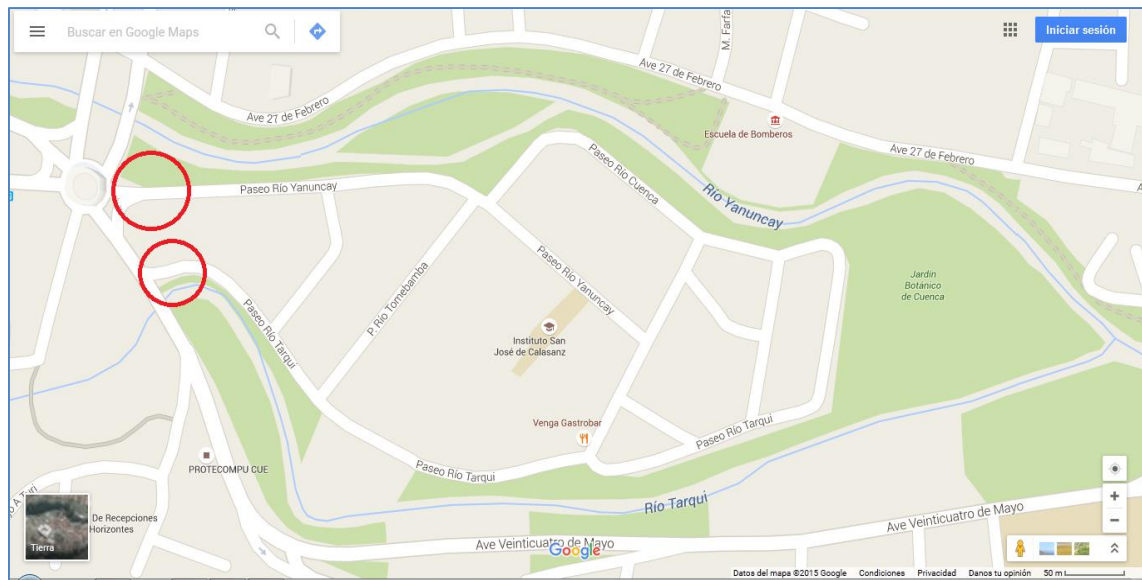


Figura 1.16: Vías actuales de entrada y salida vehiculares.

Fuente: Google maps.

1.5 Objetivo general.

Desarrollar el diseño de la superestructura de un puente que sea resistente y confiable para su uso, establecer el diseño estructural del mismo que una la Av. 27 de Febrero y la calle Paseo Río Cuenca y que brinde soluciones de movilidad para las diferentes actividades de los habitantes que circulen por el sector.

El puente que va a diseñarse se utilizará como un medio de acceso y salida directa desde la Av. 27 de Febrero, evitando la movilización innecesaria hasta la Av. Fray Vicente Solano, en donde se encuentra el otro punto de acceso a la zona comprendida entre los ríos Tarqui y Yanuncay.

Se diseñará un puente que disponga de las siguientes características: doble sentido de circulación, vías exclusivas para ciclistas, veredas y barandales.

1.6 Objetivos específicos.

Aplicar las normativas MOP y AASHTO vigentes para el diseño de este tipo de estructuras.

Proponer una opción de ingeniería que sea técnicamente posible de ser ejecutada y que satisfaga los intereses de la comunidad.

Diseñar un proyecto funcional y viable.

1.7 Metodología.

El presente trabajo está estructurado para comprender el diseño de la superestructura de un puente formado con vigas metálicas y losa de hormigón armado. Todo el estudio se divide en los siguientes capítulos.

Capítulo I: Presenta un recuento de las características generales de los puentes, así como una breve historia de los puentes en el mundo, también en este capítulo se describe la justificación para realizar el presente estudio.

Capítulo II: Comprende los estudios de campo como son los estudios topográficos y estudios hidráulicos.

Capítulo III: En este capítulo se revisan las normas pertinentes para el diseño de puentes, en el caso de nuestro país las normativas utilizadas son la AASHTO y MTOP.

Capítulo IV: Abarca la determinación de los diferentes tipos de cargas actuantes que intervienen en el caso de estudio.

Capítulo V: En este capítulo comprende el cálculo de la superestructura, para esta modelación se utilizará el programa CSI Bridge como soporte para la modelación, el cálculo y modelación realizada será comprobada con los requisitos expresados en las normativas para obtener un diseño óptimo de la superestructura.

Capítulo VI: En este capítulo se elabora un presupuesto referencial del costo de la superestructura, cada uno de los rubros de obra es determinado con su respectivo análisis de precios unitarios.

CAPITULO II

ESTUDIOS DE CAMPO.

2.1 Estudio topográfico

En el levantamiento se presenta la implantación del puente establecida de acuerdo al eje del proyecto del diseño.

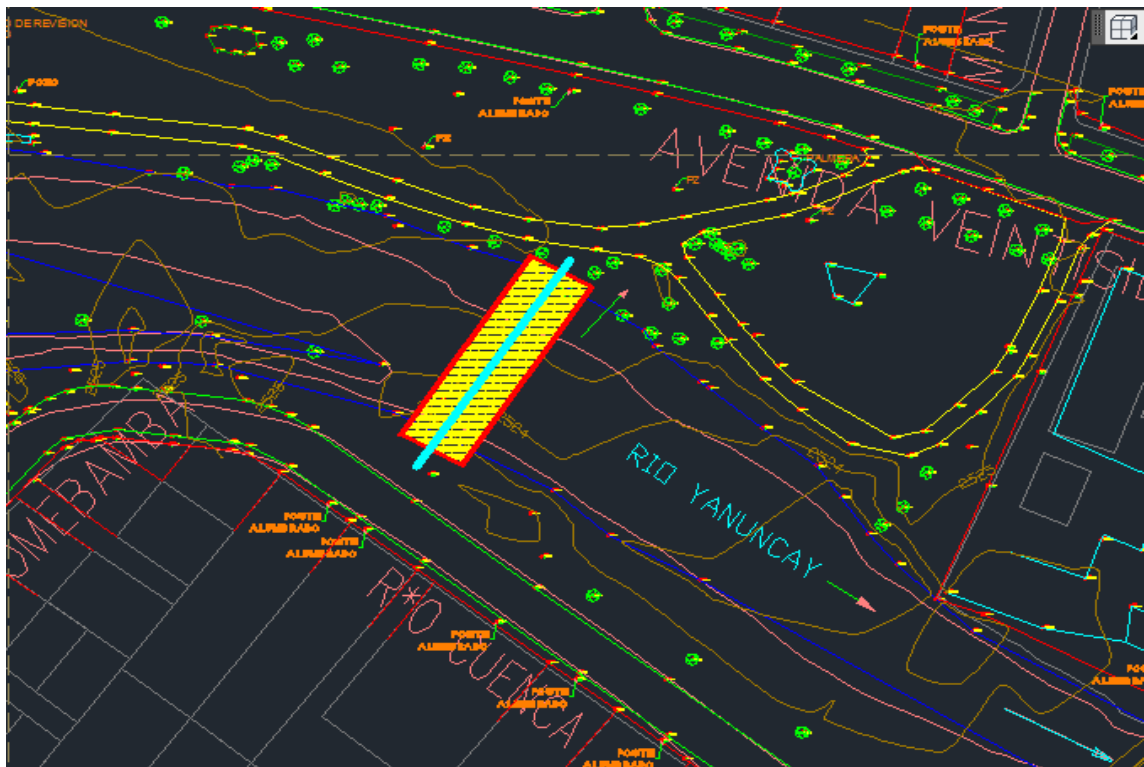


Figura 2.17: Levantamiento topográfico entre la Av. 27 de Febrero y la calle Paseo Río Cuenca.
Fuente: Autor.

A continuación se presenta las características del puente.

Longitud del puente = 25 metros

Número de vías de Tráfico = 2

Número de Carriles = 4

Sección transversal = 18 metros

Ancho de calzada 16.20 metros

Ancho de calzada para ciclistas 0.90 metros, cada lado.

Ancho de vereda= 0.90 metros, cada vereda

Pendiente Longitudinal = 1%

Pendiente Transversal = 2%

2.2 Estudio hidrológico e hidráulico

El estudio hidrológico se ha realizado para un período de retorno de 100 años, obteniéndose un caudal de 715 m³/seg.

La cuenca de aporte es de 1619 km², la longitud del cauce hasta el punto de ubicación del puente es de 70 Km.



Figura 2.2: Río Tarqui, ubicado entre la Av. 27 de Febrero y la calle Paseo Río Cuenca.

Fuente: Autor.

CAPITULO III

NORMATIVAS UTILIZADAS.

3.1 MTOP.

Norma ecuatoriana vial Nevi-12 - MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR, volumen nº 3 especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes.

La Norma Ecuatoriana Vial, NEVI-12 constituye una directriz técnica para el desarrollo de la infraestructura vial y del transporte en el Ecuador, el procedimiento establece las políticas, criterios y metodologías que deben cumplirse en cada uno de los proyectos viales para viabilizar los estudios de planificación, diseño y evaluación de las arterias viales, así como asegurar la calidad y durabilidad de las carreteras y puentes, mitigar el impacto ambiental y optimizar el mantenimiento del tráfico en las fases de contratación, construcción y puesta en servicio.

3.2 AASHTO.

Para el cálculo y diseño estructural del puente se utilizó de igual manera las especificaciones "AASHTO" (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).

3.2.1 Breve reseña histórica de la norma AASHTO

Las especificaciones de la AASHTO (*American Association State Highway and Transportation Officials*) constituye una recopilación de especificaciones que

comenzaron en 1921 con la Organización del Comité de Puentes y Estructuras de la Asociación Oficial de Carretera de los Estados Unidos de América.

Las especificaciones se fueron desarrollando gradualmente y aprobándose poco a poco, hasta hacerse copias de esta para el uso del departamento de carreteras y otras organizaciones. Entre 1926 y 1928 se disponía de una completa especificación, aunque todavía no en forma impresa como código, en 1931 fue el año donde se publica la primera edición de la normativa.

Las constantes investigaciones y desarrollo en el marco de las estructuras de acero hormigón y madera han dictado la necesidad de la revisión de la especificación, por lo que cada cierto tiempo emiten publicaciones de las modificaciones que se realizan a la norma, generalmente las ediciones definitivas son publicadas cada cuatro años.

Las diferentes versiones establecen que las cargas vivas de la autopista en la calzada de puentes deberán consistir en un camión estándar o en la carga de carril, lo que es equivalente a una caravana de camiones. Para el diseño de puentes se establecieron dos sistemas de cargas, la carga H creada en 1935 que corresponde a un camión estándar y la carga HS desarrollada en 1944 que precedió al camión estándar de 1935 por un camión equivalente a una caravana de camiones pesados de dos y tres ejes como muchos de los modelos básicos.

CAPITULO IV

MODELACIÓN DE LAS CARGAS.

4.1. Cargas permanentes.

Como cargas permanentes corresponde el peso de toda la estructura, instalaciones y acabados, por lo que actúa en todas las combinaciones de carga consideradas.

En el caso del tablero la carga muerta es principalmente el peso de las vigas metálicas, más una losa de hormigón de 25 cm, y carpeta asfáltica de 5cm.

- Cargas permanentes:

DC = peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales,

DW = peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos.

4.2. Cargas vehiculares.

La sobrecarga vehicular de diseño es la HL-93 (AASHTO), y en nuestro país en la normativa MTOP establece la sobrecarga vehicular HS-MOP.

Sobrecarga Vehicular HL-93.

La sobrecarga vehicular sobre las calzadas de puentes o estructuras incidentales, designada como HL-93, deberá consistir en una combinación de: Camión de diseño o tándem de diseño, y Carga de carril de diseño.

4.2.1 Camión de Diseño.

Los pesos y las separaciones entre los ejes y las ruedas del camión de diseño serán como se especifica en la imagen 3. Se deberá considerar un incremento por carga dinámica. La distancia entre los dos ejes más pesados se toma como aquella que, estando entre los límites de 4.30m y 9.00m., resulta en los mayores efectos.

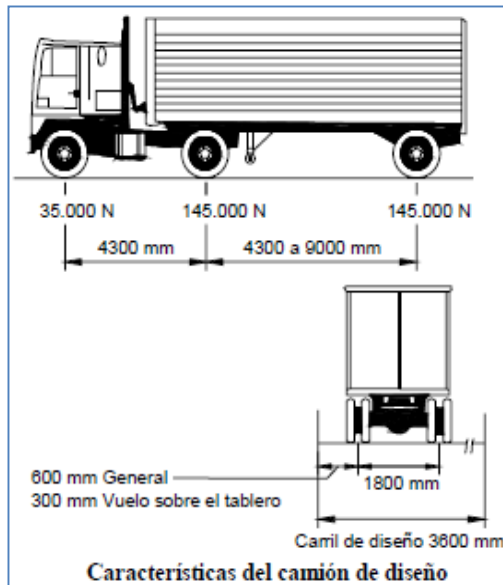


Figura 4.1: Vehículo de diseño HL-93.

Fuente: Normativa AASHTO.

4.2.2 Tandem de Diseño

El tandem de diseño consistirá en un par de ejes de 110.000 N con una separación de 1200 mm imagen 4. La separación transversal de las ruedas se deberá tomar como 1800 mm. Se deberá considerar un incremento por carga dinámica.

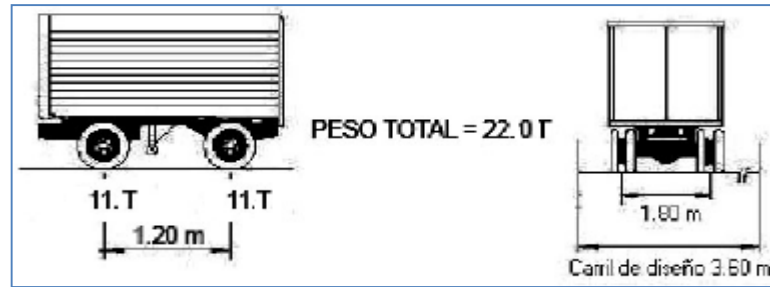


Figura 4.2: Tandem de diseño.

Fuente: Normativa AASHTO.

4.2.3 Carga del Carril de Diseño.

La carga del carril de diseño consistirá en una carga de $9,3 \text{ N/mm}$, uniformemente distribuida en dirección longitudinal. Transversalmente la carga del carril de diseño se supondrá uniformemente distribuida en un ancho de 3000 mm Figura 5. Las solicitaciones debidas a la carga del carril de diseño no estarán sujetas a un incremento por carga dinámica.

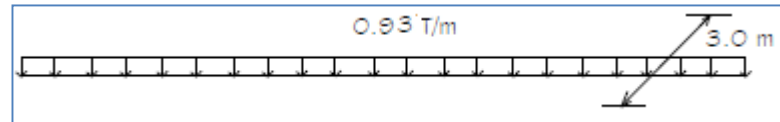


Figura 4.3: Carga de carril de diseño

Fuente: Normativa AASHTO.

4.2.4 Cargas peatonales

Se deberá aplicar una carga peatonal de $3,6 \times 10^{-3} \text{ MPa}$ en todas las aceras de más de 600 mm de ancho, y esta carga se deberá considerar simultáneamente con la sobrecarga vehicular de diseño.

Incremento por Carga Dinámica: *IM*

Los efectos estáticos del camión o tandem de diseño, a excepción de las fuerzas centrífugas y de frenado, se deberán mayorar en los siguientes porcentajes:

Tabla 4.1: Incremento por carga Dinámica.

Componente	<i>IM</i>
Juntas del tablero - Todos los Estados Límites	75%
Todos los demás componentes	
• Estado Límite de fatiga y fractura	15%
• Todos los demás Estados Límites	33%

Fuente: Normativa AASHTO.

Presencia de Múltiples Sobrecargas.

la solicitud extrema correspondiente a sobrecarga se deberá determinar considerando cada una de las posibles combinaciones de número de carriles cargados, multiplicando por un factor de presencia múltiple correspondiente para tomar en cuenta la probabilidad de que los carriles estén ocupados simultáneamente por la totalidad de la sobrecarga de diseño HL93, los valores de la tabla 2 indican los factores de presencia multiple dependiendo el caso de número de carriles cargados que pueda tener:

Tabla 4.2: Factores de presencia múltiple por número de carriles cargados.

Número de carriles cargados	Factor de presencia múltiple, <i>m</i>
1	1,20
2	1,00
3	0,85
> 3	0,65

Fuente: Normativa AASHTO.

Estos factores, se deberán utilizar al investigar el efecto de un carril cargado, y al investigar el efecto de tres o más carriles cargados.

A los fines de determinar el número de carriles cuando la condición de carga incluye las cargas peatonales combinadas con uno o más carriles con la sobrecarga vehicular, las cargas peatonales se pueden considerar como un carril cargado.

4.3. Otras cargas

Cargas ecológicas.

Las cargas ecológicas a tener en cuenta son las mismas que en otros tipos de estructuras. Estas son:

- a) Carga de viento.
- b) Carga de sismo.
- c) Carga por variación de temperatura.

Cargas de construcción.

Las cargas de construcción son las que se presentan durante el proceso constructivo. Estas cargas dependen fundamentalmente de la disposición de los equipos de izaje durante el proceso constructivo, así como de las etapas de ejecución por las que pasa la obra. Todas estas cargas se agruparán en cargas de construcción.

Por último, existen, o pueden existir, cargas cuyo origen es diverso y actúan sobre los puentes, que pueden ser:

- a) Carga por empuje de naves o embarcaciones.
- b) Acción por la fricción de los aparatos de apoyo.

4.4 Combinaciones de Carga y factores de Mayoración.

La normativa AASHTO establece las combinaciones de resistencia y servicio que se debe analizar. Así como también los factores de mayoración que se consideran para cada una de dichas cargas. En el cuadro a continuación se especifican los factores de carga que se deben aplicar para las diferentes cargas que componen una combinación de cargas de diseño.

Combinaciones de Cargas y Factores de Carga AASHTO.

Tabla 4.3: Combinaciones de cargas de estados limites.

Combinación de Cargas	<i>DC</i> <i>DD</i> <i>DW</i> <i>EH</i> <i>EV</i> <i>ES</i> <i>EL</i>	<i>LL</i> <i>IM</i> <i>CE</i> <i>BR</i> <i>PL</i> <i>LS</i>	<i>WA</i>	<i>WS</i>	<i>WL</i>	<i>FR</i>	<i>TU</i> <i>CR</i> <i>SH</i>	<i>TG</i>	<i>SE</i>	Usar sólo uno por vez			
										<i>EQ</i>	<i>IC</i>	<i>CT</i>	<i>CV</i>
Estado Límite													
RESISTENCIA I (a menos que se especifique lo contrario)	γ_p	1,75	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
RESISTENCIA II	γ_p	1,35	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
RESISTENCIA III	γ_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
RESISTENCIA IV – Sólo <i>EH</i> , <i>EV</i> , <i>ES</i> , <i>DW</i> , <i>DC</i>	γ_p 1,5	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-	-
RESISTENCIA V	γ_p	1,35	1,00	0,40	1,0	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
EVENTO EXTREMO I	γ_p	γ_{EQ}	1,00	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-
EVENTO EXTREMO II	γ_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00	1,00
SERVICIO I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,0	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
SERVICIO II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-	-
SERVICIO III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-
SERVICIO IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,0	-	-	-	-
FATIGA - Sólo <i>LL</i> , <i>IM</i> y <i>CE</i>	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Normativa AASHTO.

Cargas permanentes.

DC = peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales.

DW = peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos.

EH = empuje horizontal del suelo.

EL = tensiones residuales acumuladas resultantes del proceso constructivo, incluyendo las fuerzas secundarias del pos-tesado.

ES = sobrecarga de suelo.

EV = presión vertical del peso propio del suelo de relleno.

Cargas transitorias.

BR = fuerza de frenado de los vehículos.

CE = fuerza centrífuga de los vehículos.

CR = fluencia lenta.

CT = fuerza de colisión de un vehículo.

CV = fuerza de colisión de una embarcación.

EQ = sismo.

FR = fricción.

IC = carga de hielo.

IM = incremento por carga vehicular dinámica.

LL = sobrecarga vehicular.

LS = sobrecarga viva.

PL = sobrecarga peatonal.

SE = asentamiento.

SH = contracción.

TG = gradiente de temperatura.

TU = temperatura uniforme.

WA = carga hidráulica y presión del flujo de agua.

WL = viento sobre la sobrecarga.

WS = viento sobre la estructura.

Estados límites:

RESISTENCIA I: Combinación de cargas básica que representa el uso vehicular normal del puente, sin viento.

RESISTENCIA II: Combinación de cargas que representa el uso del puente por parte de vehículos de diseño especiales especificados por el Propietario, vehículos de circulación restringida, o ambos, sin viento.

RESISTENCIA III: Combinación de cargas que representa el puente expuesto a vientos de velocidades superiores a 90 km/h.

RESISTENCIA IV: Combinación de cargas que representa relaciones muy elevadas entre las solicitaciones provocadas por las cargas permanentes y las provocadas por las sobrecargas.

RESISTENCIA V: Combinación de cargas que representa el uso del puente por parte de vehículos normales con una velocidad del viento de 90 km/h.

EVENTO EXTREMO I: Combinación de cargas que incluye sismos.

EVENTO EXTREMO II: Combinación de cargas que incluye carga de hielo, colisión de embarcaciones y vehículos, y ciertos eventos hidráulicos con una sobrecarga reducida diferente a la que forma parte de la carga de colisión de vehículos, *CT*.

SERVICIO I – Combinación de cargas que representa la operación normal del puente con un viento de 90 km/h, tomando todas las cargas a sus valores nominales.

También se relaciona con el control de las deflexiones de las estructuras metálicas enterradas, revestimientos de túneles y tuberías termoplásticas y con el control del ancho de fisuración de las estructuras de hormigón armado. Esta combinación de cargas también se debería utilizar para investigar la estabilidad de taludes.

SERVICIO II: Combinación de cargas cuya intención es controlar la fluencia de las estructuras de acero y el resbalamiento que provoca la sobrecarga vehicular en las conexiones de resbalamiento crítico.

SERVICIO III: Combinación de cargas relacionada exclusivamente con la tracción en superestructuras de hormigón pretensado, cuyo objetivo es controlar la fisuración.

SERVICIO IV: Combinación de cargas relacionada exclusivamente con la tracción en subestructuras de hormigón pretensado, cuyo objetivo es controlar la fisuración.

FATIGA: Combinación de cargas de fatiga y fractura que se relacionan con la sobrecarga gravitatoria vehicular repetitiva y las respuestas dinámicas bajo un único camión de diseño con la separación entre ejes especificada por la AASHTO

Factores de carga para cargas permanentes, γ_p

Tabla 4.4: Factores de carga para cargas permanentes, norma AASHTO

Tipo de carga	Factor de Carga	
	Máximo	Mínimo
<i>DC</i> : Elemento y accesorios	1,25	0,90
<i>DD</i> : Fricción negativa (downdrag)	1,80	0,45
<i>DW</i> : Superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos	1,50	0,65
<i>EH</i> : Empuje horizontal del suelo • Activo • En reposo	1,50 1,35	0,90 0,90
<i>EL</i> : Tensiones residuales de montaje	1,00	1,00
<i>EV</i> : Empuje vertical del suelo • Estabilidad global • Muros de sostenimiento y estribos • Estructura rígida enterrada • Marcos rígidos • Estructuras flexibles enterradas u otras, excepto alcantarillas metálicas rectangulares • Alcantarillas metálicas rectangulares flexibles	1,00 1,35 1,30 1,35 1,95 1,50	N/A 1,00 0,90 0,90 0,90 0,90
<i>ES</i> : Sobrecarga de suelo	1,50	0,75

Fuente: Normativa AASHTO.

Para el caso de la superestructura puente que estamos diseñando, aplicaremos los casos de Resistencia I, Evento Extremo I, Servicio I, y el estado de Fatiga, aunque el programa CSI bridge por defecto tiene precargadas todas las combinaciones, quedando en el usuario del sistema la elección de las combinaciones deseadas.

4.5 Análisis Sísmico.

4.5.1 Espectro de respuesta para diseño.

Representa la amenaza o el peligro sísmico, y más específicamente la respuesta de la estructura al sismo. El espectro de diseño puede representarse mediante un espectro de respuesta basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura, o bien puede ser un espectro construido según los requerimientos especificados en una norma. (NEC-SE-DE, 2011).

El cuadro con la imagen 6 que se muestra a continuación muestra el espectro usado para la modelación según los datos de Norma Ecuatoriana de la Construcción.

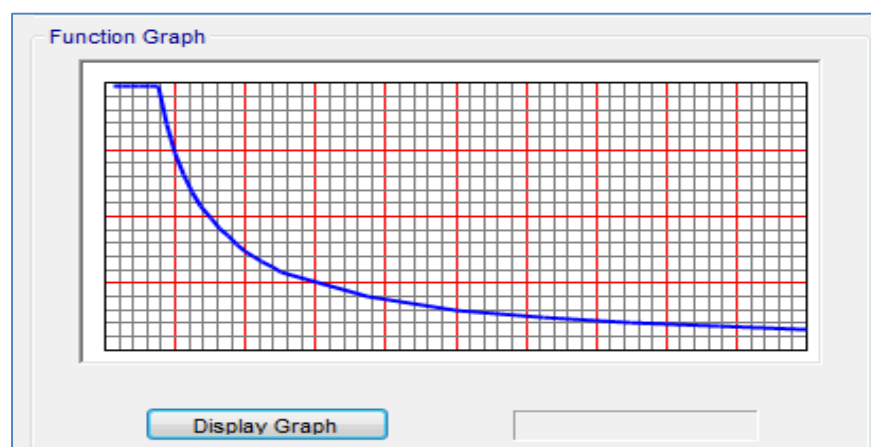


Figura 18: Espectro sísmico.

Fuente: CSI bridge.

4.5.2. Zonificación sísmica y factor de zona Z.

El valor de Z de cada zona sísmica representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad (NEC-SE-DE, 2011).

El mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI.

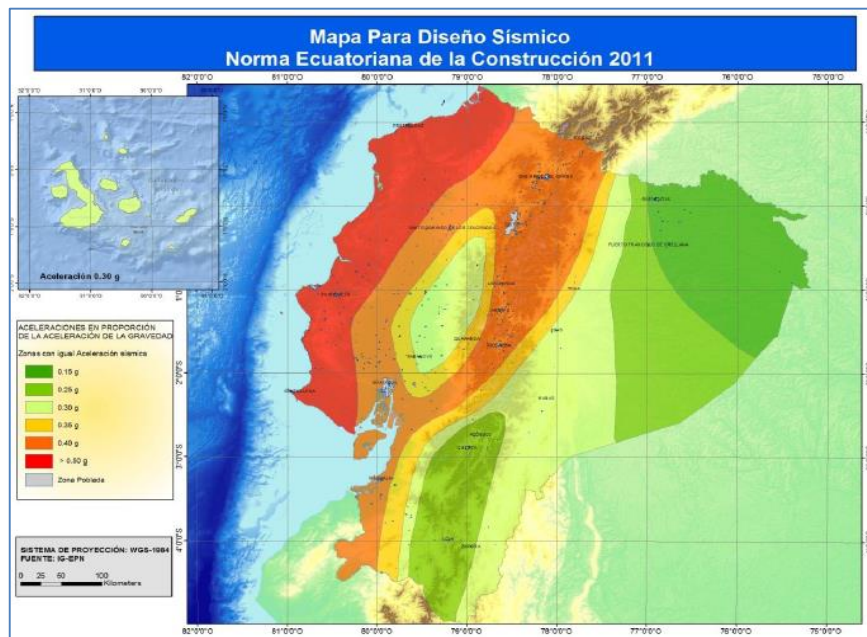


Figura 4.5: Mapa de zonificación sísmica de Ecuador.

Fuente: NEC 2011.

Tabla 4.5: Valor de Factor "Z", según las zonificaciones del Ecuador

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC 2011.

Para el diseño de la superestructura ubicada en la ciudad de Cuenca corresponde el valor de $z=0.25$, en la siguiente figura se muestra el cuadro de curvas de peligro sísmico para la ciudad de Cuenca.

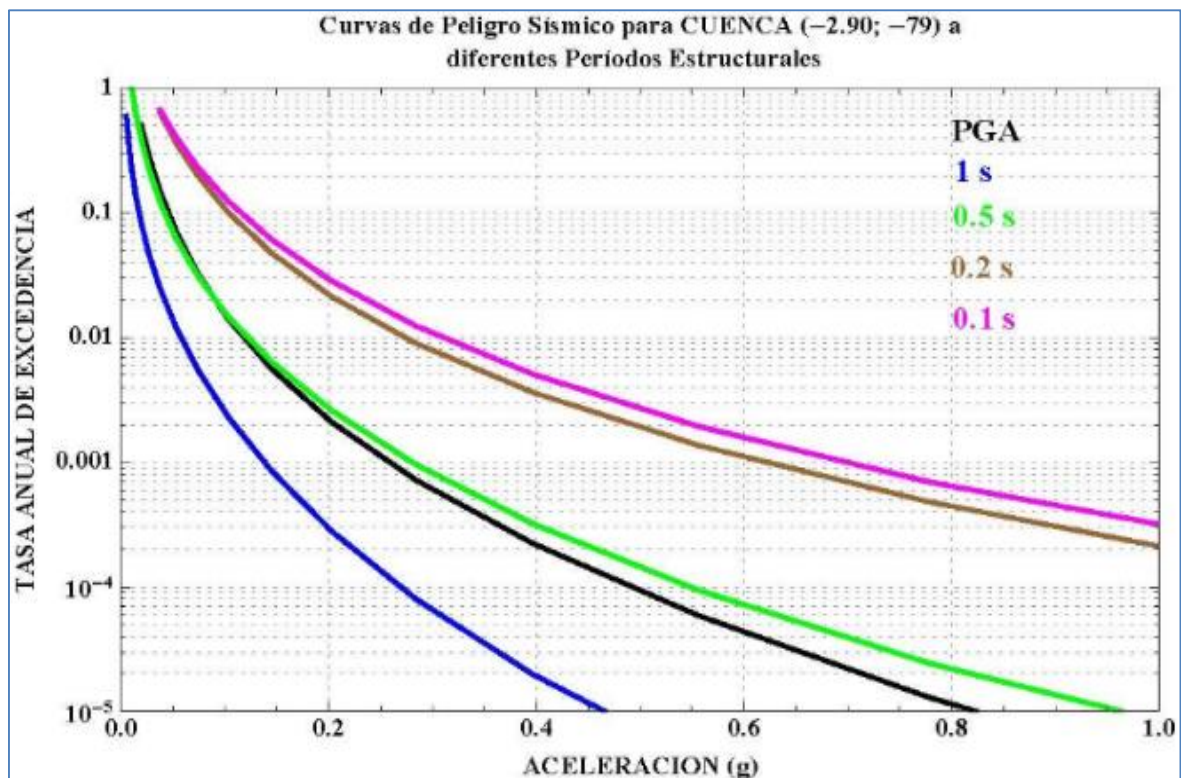


Figura 19: Curvas de peligro sísmico para la ciudad de Cuenca.

Fuente: NEC2011

CAPITULO V

CÁLCULO DE LA SUPERESTRUCTURA.

5.1. Idealización estructural.

La estructura soportante del tablero del puente esta idealizado con vigas de 25m, la sección de la superestructura es, es decir losa de hormigón y vigas metálicas, arriostradas por diafragmas espaciados cada 5m. El modelo se lo realiza dentro del espacio tridimensional utilizando elementos tipo barra, esta idealización se lo realiza en el software de ingeniería estructural CSI Bridge (Computers & Structures Inc. Bridge).

La estructura está dividida en un tablero de hormigón armado que descansa sobre 10 vigas metálicas, las cuales se encuentran arriostradas por diafragmas cada 5 metros, la separación máxima recomendada entre diafragmas según la AASHTO es hasta 7 metros.

Las vigas se encuentran separadas entre ellas a una distancia de 1.80 m, para el diseño del puente se consideró que tanto las vigas como los diafragmas sean de la misma sección para la modelación en el computador.

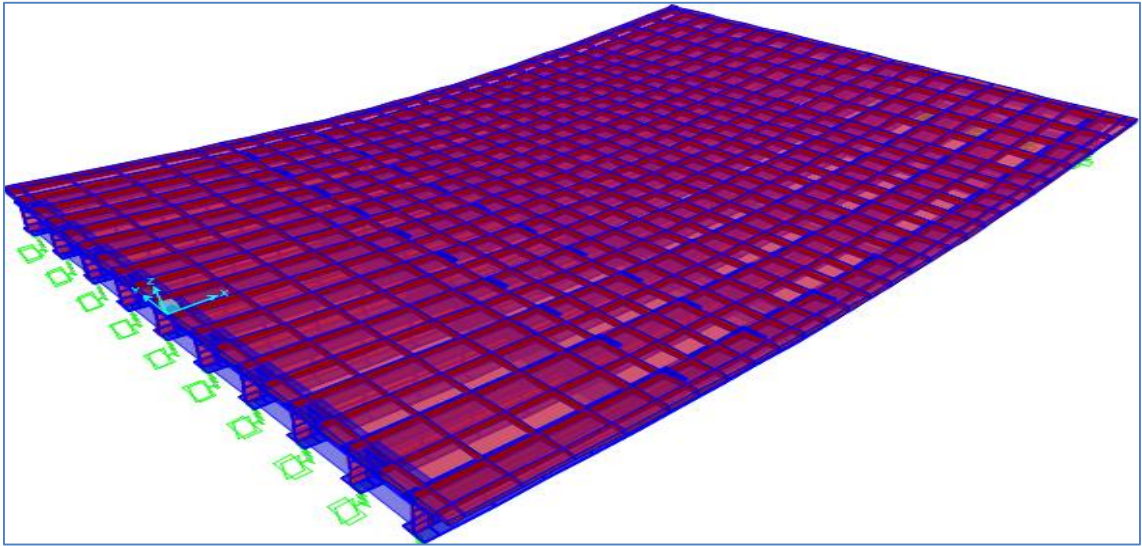


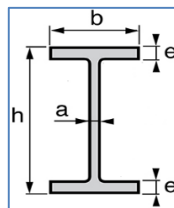
Figura 5.1: Modelación de la superestructura en CSI bridge.

Fuente: CSI bridge.

Cada una de las vigas esta idealizada por elementos unidimensionales que mantienen las características geométricas de la sección transversal. Sobre cada una de las vigas se asentara la calzada de la vía (losa de hormigón de 25cm y capa de asfalto de espesor de 5cm), cada viga recibe una carga colaborante en el ancho de 1.80 m. La sección propuesta para el diseño de las vigas de la superestructura se detalla a continuación.

Tabla 5.1: dimensiones del perfil de viga propuesto para el diseño.

*DIMENSIONES (cm)	
h=	120
a=	2
b=	50
e=	3



Fuente: Autor.

Tabla 5.2: Propiedades Geométricas del perfil de viga

*PROPIEDADES	UNIDAD	OBSERVACIÓN
Area= 528	cm ²	
I_x= 1273824	cm ⁴	Momento de inercia con el eje x
I_y= 62576	cm ⁴	Momento de inercia con el eje y
W_x= 21230.4	cm ³	Módulo de la sección eje x
W_y= 2503.04	cm ³	Módulo de la sección eje y
CG_x= 25	cm	Centro de gravedad en x
CG_y= 60	cm	Centro de gravedad en y

Fuente: Autor.

Las vigas se encuentran arriostradas por diafragmas cada 5 metros. Todos los diafragmas tienen la misma sección que de las vigas.

5.1.1. Verificación de la esbeltez del alma

$$h_1 / a \leq 2.45 ((E/F_y)^{(1/2)})$$

h_1 = Altura del alma

a = espesor del alma

E = Módulo de elasticidad del acero

F_y = Límite de Fluencia del acero

$$2.45 ((E/F_y)^{(1/2)}) = 71.01 \text{ mm}$$

*ESBELTEZ DEL ALMA	
$h_1/a=$	57

57	< =	71.01
	cumple	

Por lo tanto el alma es compacta

5.1.2. Verificación de la esbeltez del ala

$$\left(\frac{b}{e^2}\right) \leq 0.30 \left(\frac{E}{F_y}\right)^{1/2}$$

b = ancho de ala

e = espesor del ala

E = Módulo de elasticidad del acero

F_y = Límite de Fluencia del acero

$$0.30 \left(\frac{E}{F_y}\right)^{1/2} = 8.69$$

*ESBELTEZ DEL ALA	
$b/(e^2) =$	8.33

8.33	$\leq$	8.69
	cumple	

Por lo tanto el ala es compacta

5.1.3. Cálculo de las cargas para las secciones transversales propuestas

Para el análisis de la superestructura que interviene en el diseño del puente se procede a determinar los pesos de los siguientes elementos: peso de barandales, peso de losa de hormigón junto con la capa de asfalto, peso de carga peatonal; los cálculos de dichos pesos se adjunta como anexo en la hoja de cálculo, a continuación se muestra los datos ingresados en CSI Bridge.

Tabla 5.3: Pesos de tubos para barandales.

DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
longitud puente	25	m
# postes	11	m
# tubos longitudinales	4	u
Peso de Tubo (long=6m)	6.36	kg/m
Peso de Postes (long=6m)	36.1	kg/m

Fuente: Autor.

Tabla 5.4: Pesos específicos de asfalto y hormigón.

DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
Separación de vigas.	1.80	m
Densidad Hormigón.	2400	kg/m ³
Espesor de losa	0.25	m
Espesor de asfalto	0.05	m
Densidad asfalto.	2200	kg/m ³
Alto de vereda	0.25	m
Ancho de vereda	0.90	m

Fuente: Autor.

Tabla 5.5: Determinación de peso de barandales

PESO BARANDALES		
ELEMENTO	PESO UNITARIO (Kg)	TOTAL (Kg)
Tubo	1.06	106
Poste	6.02	102.64
	PESO TOTAL Kg	208.64
	PESO Kg/m	8.35

Fuente: Autor.

Tabla 5.6: Determinación del peso de la losa (hormigón + asfalto)

PESO CAPA DE ASFALTO + LOSA HORM.		
ELEMENTO	VALOR	UNIDAD
Losa Horm.	1080	Kg/m
Asfalto	198	Kg/m
TOTAL	1278	Kg/m

Fuente: Autor.

Tabla 5.7: Obtención de pesos de veredas

PESO DE VEREDA		
ELEMENTO	VALOR	UNIDAD
VEREDA	540	Kg/m
TOTAL	540	Kg/m

Fuente: Autor.

En las figuras a continuación se muestra como la ubicación de las cargas sobre la superestructura del puente.

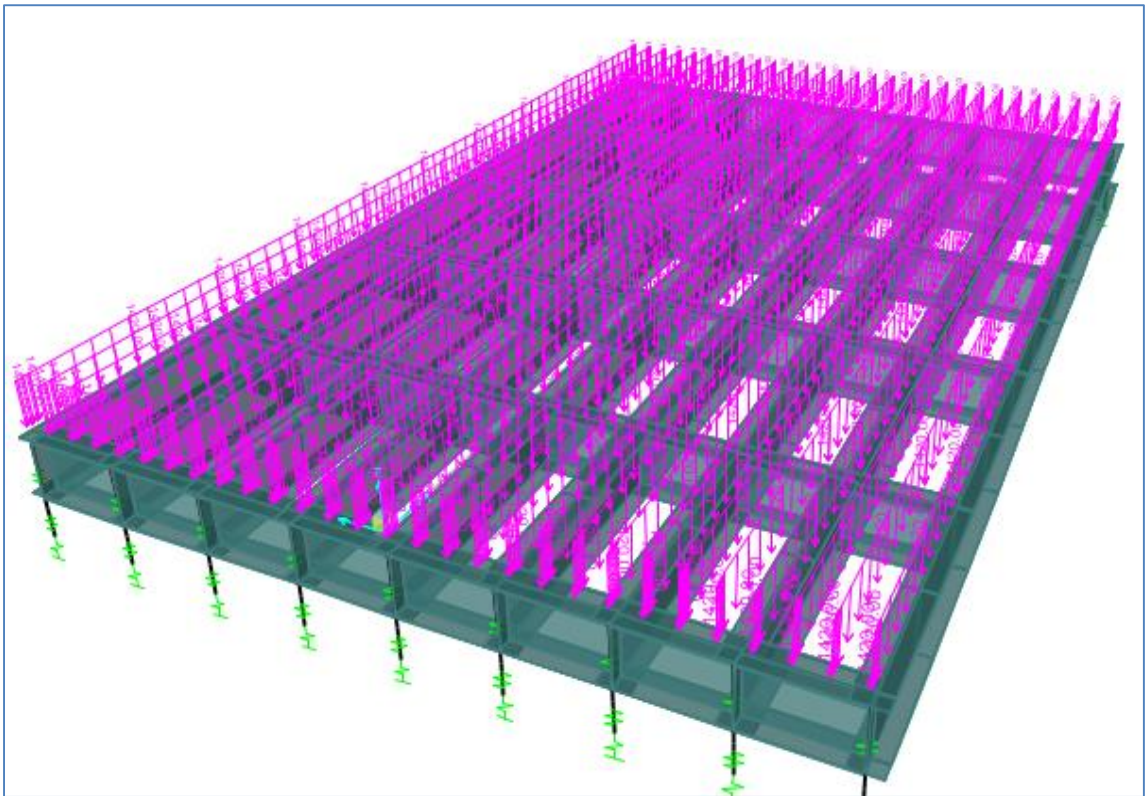


Figura 5.2: Carga de Losa+ Asfalto.

Fuente: CSI bridge

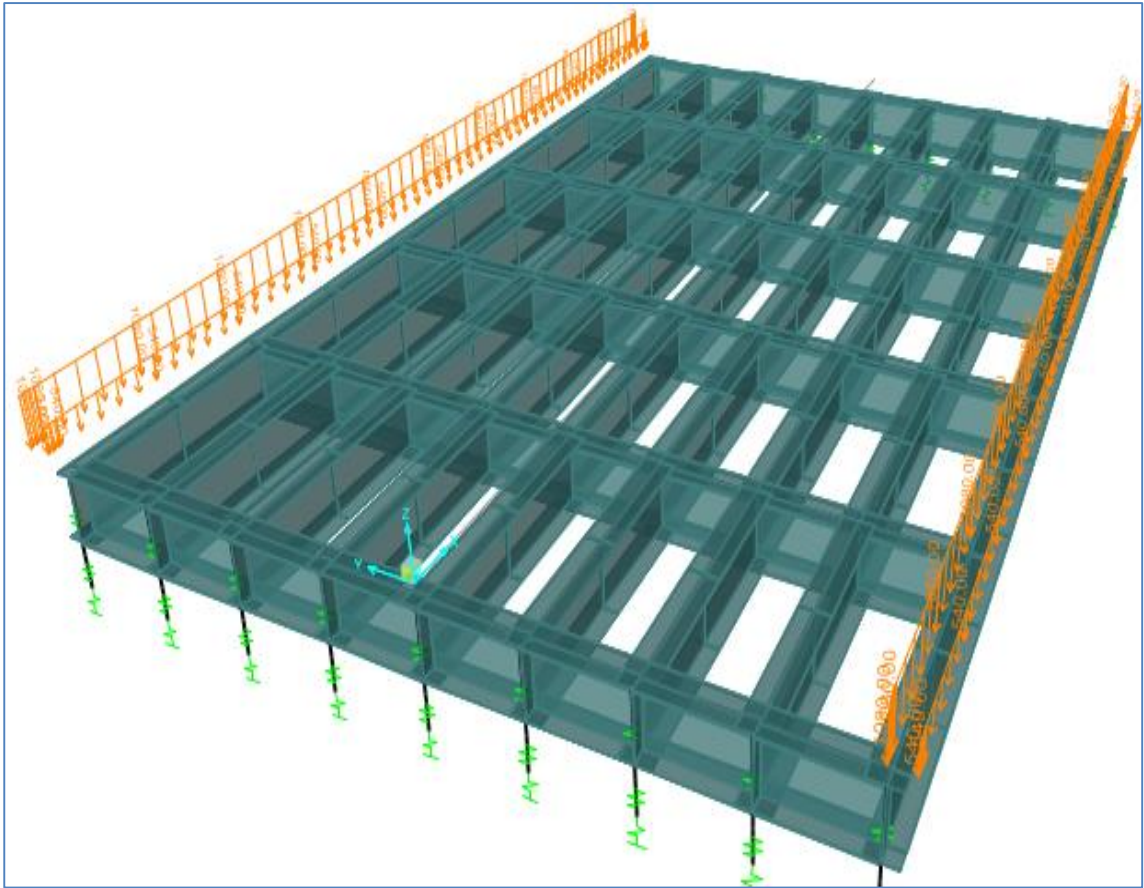


Figura 5.3: Carga de vereda.
Fuente: CSI bridge

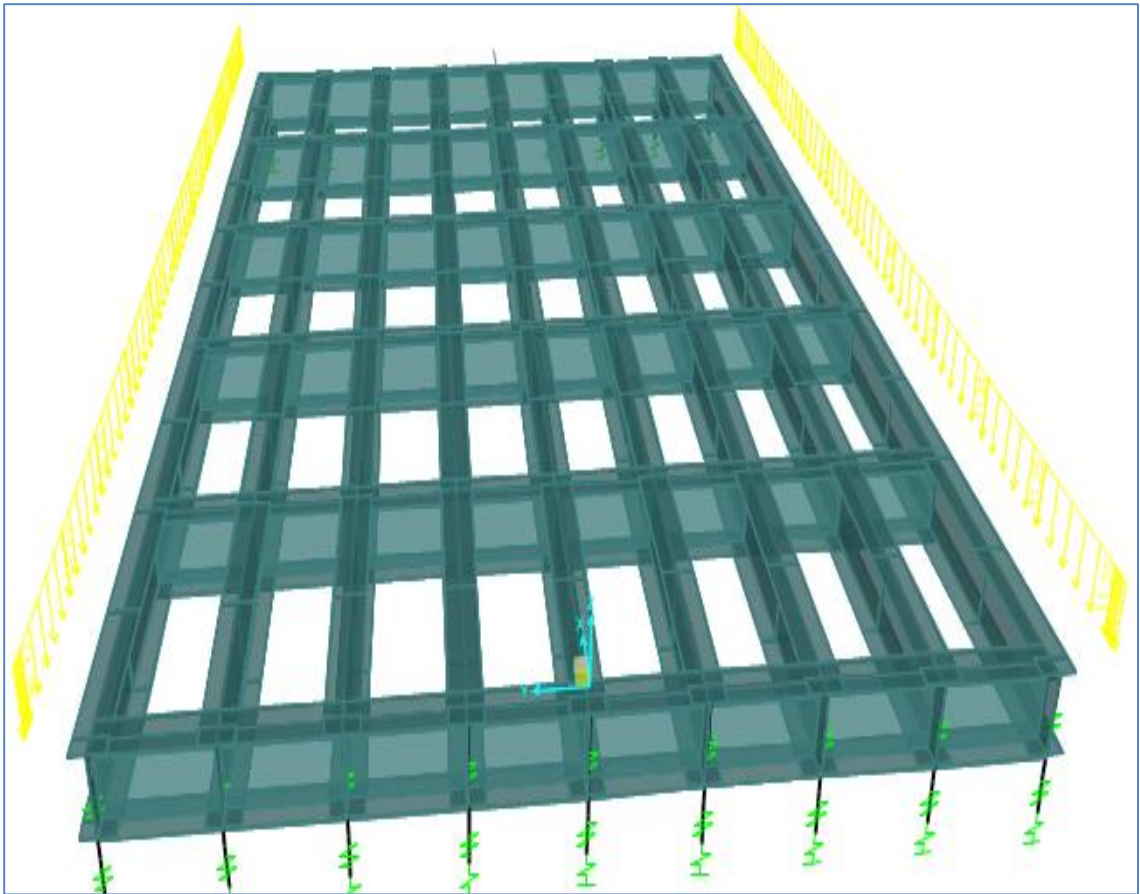


Figura 20: Carga de barandales.

Fuente: CSI bridge

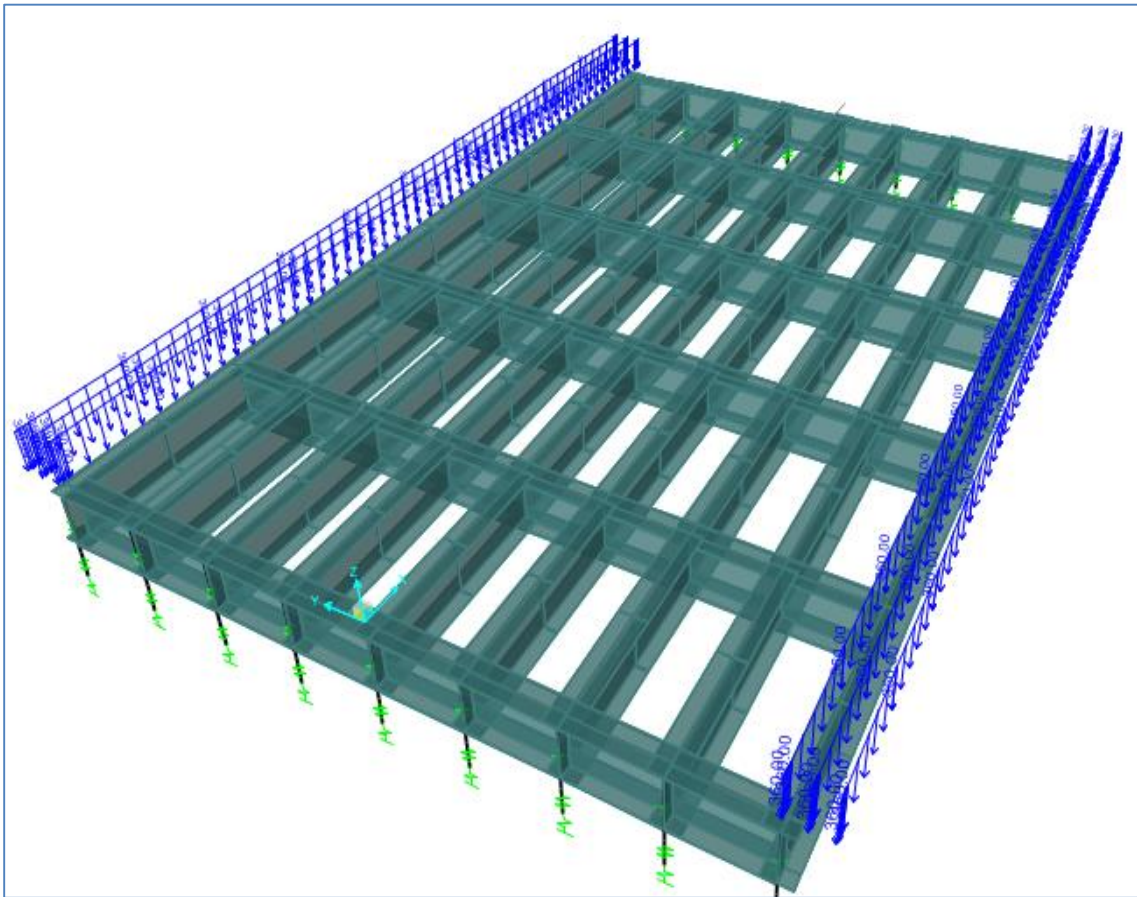


Figura 21: Carga de peatonal.

Fuente: CSI bridge.

5.2. Consideraciones geométricas para vigas metálicas

Para la determinación de las dimensiones geométricas de las vigas que se presentan en la idealización estructural, se parte en primer lugar de unas dimensiones iniciales determinadas a partir de las recomendaciones y especificaciones de la normativa AASHTO para los diferentes elementos. A continuación se presenta el análisis de cómo se obtuvo las dimensiones iniciales de las vigas.

Todas las vigas utilizadas en el puente son de la misma sección.

5.2.1 Altura mínima de las vigas.

Según la normativa AASHTO establece una altura mínima para las vigas metálicas es $L/30$, y para vigas compuestas (losa de hormigón más viga metálica) es $L/25$, siendo L la luz del puente.

Tabla 5.8: Cálculo para encontrar la altura mínima de vigas.

* Altura mínima de vigas			
Puente	Luz del vano (m)	Altura total mínima (m)	Altura viga mínima (m)
A. 27 Febrero - calle Paseo Río Cuenca	25	1.00	0.83

Altura asumida de viga (m)=	1.20
-----------------------------	-------------

Fuente: Autor.

5.2.2 Espesor mínimo del alma (tw).

El espesor mínimo se obtiene dividiendo el alto de del alma sobre 170, (Peñafiel & Zalamea, 2006)

Tabla 5.9: Cálculo para encontrar espesor mínima del alma.

* Espesor mínimo del alma (tw)		
Puente	Altura viga (cm)	Espesor mínimo (cm)
A. 27 Febrero - calle Paseo Río Cuenca	120	0.71

Espesor de viga (cm)=	2.00
-----------------------	-------------

Fuente: Autor.

5.3. Análisis de deflexiones del tablero

En la gráfica se presenta un esquema con las deflexiones bajo la carga muerta más la carga viva en todas las vigas. Se muestran las barras en su posición inicial y en su posición de deformada.

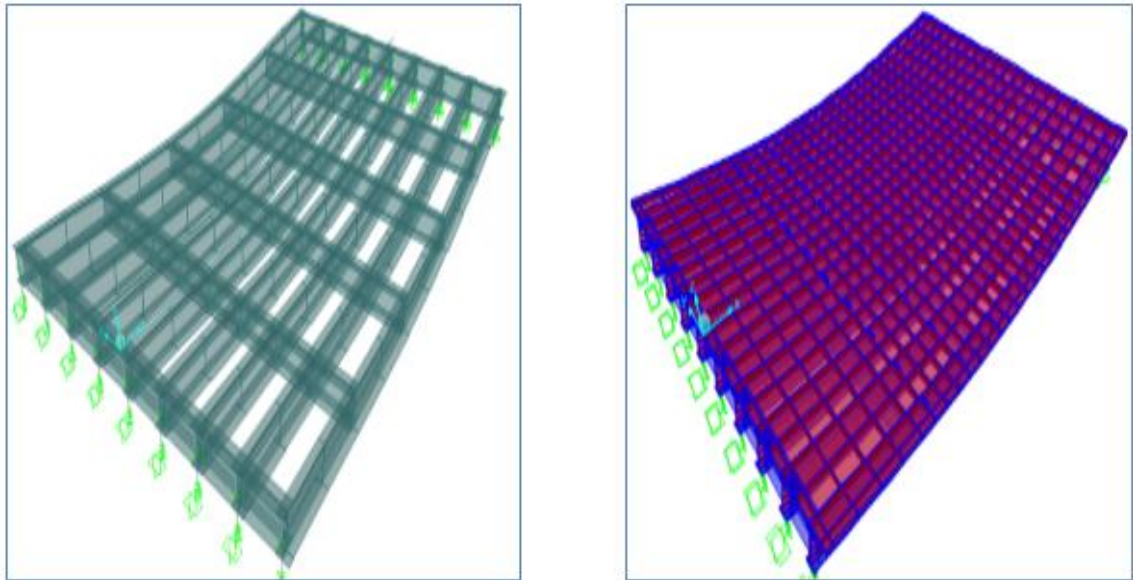


Figura 5.6: Deflexiones de la superestructura.

Fuente: CSI bridge.

Como es de suponerse los mayores desplazamientos se generan en el centro del tramo.

Las vigas deben tener una deflexión máxima calculada con la siguiente expresión $L/800$ (Peñafiel & Zalamea, 2006) , en donde L es la luz del puente en metros.

Para el caso en estudio la deflexión máxima permitida es:

Tabla 5.10: Deflexión máxima permitida.

* Deflexión en vigas		
Puente	Luz del vano (m)	Deflexión permitida (m)
Av. 27 Febrero - calle Paseo Río Cuenca	25	0.03

Fuente: Autor.

Entonces la deflexión máxima que debe tener nuestro diseño es de 3cm o 30mm.

En la modelación realizada CSI bridge obtiene que la máxima deformación es de 0.01m (1 cm) por lo que cumplimos al no sobrepasar la máxima deformación indicada en la norma.

Tabla 5.11: Deflexión obtenida en la modelación.

* Deflexión en vigas				
Puente	Luz del vano (m)	Deflexión permitida (m)	Deflexión modelo (m)	Caso de Carga
Av. 27 Febrero - calle Paseo Río Cuenca	25	0.03	0.01	CV+Impacto

3

Deformación:	CUMPLE			
---------------------	---------------	--	--	--

Fuente: Autor.

5.4. Análisis a flexión de las vigas

A continuación se muestra en la siguiente tabla los momentos máximos producidos en cada combinación de carga.

Tabla 5.12: Momentos obtenidos de la modelación en CSI bridge.

*MOMENTOS (Kg*m)				
SECCIÓN	UBICACIÓN	RESISTENCIA 1	Ev. EXTREMO 1	SERVICIO 1
Viga I	12.5	4465779	3571025	3094003.6
Momento Máximo= 4465779 Kg*m				
Caso: RESISTENCIA 1				

Fuente: Autor.

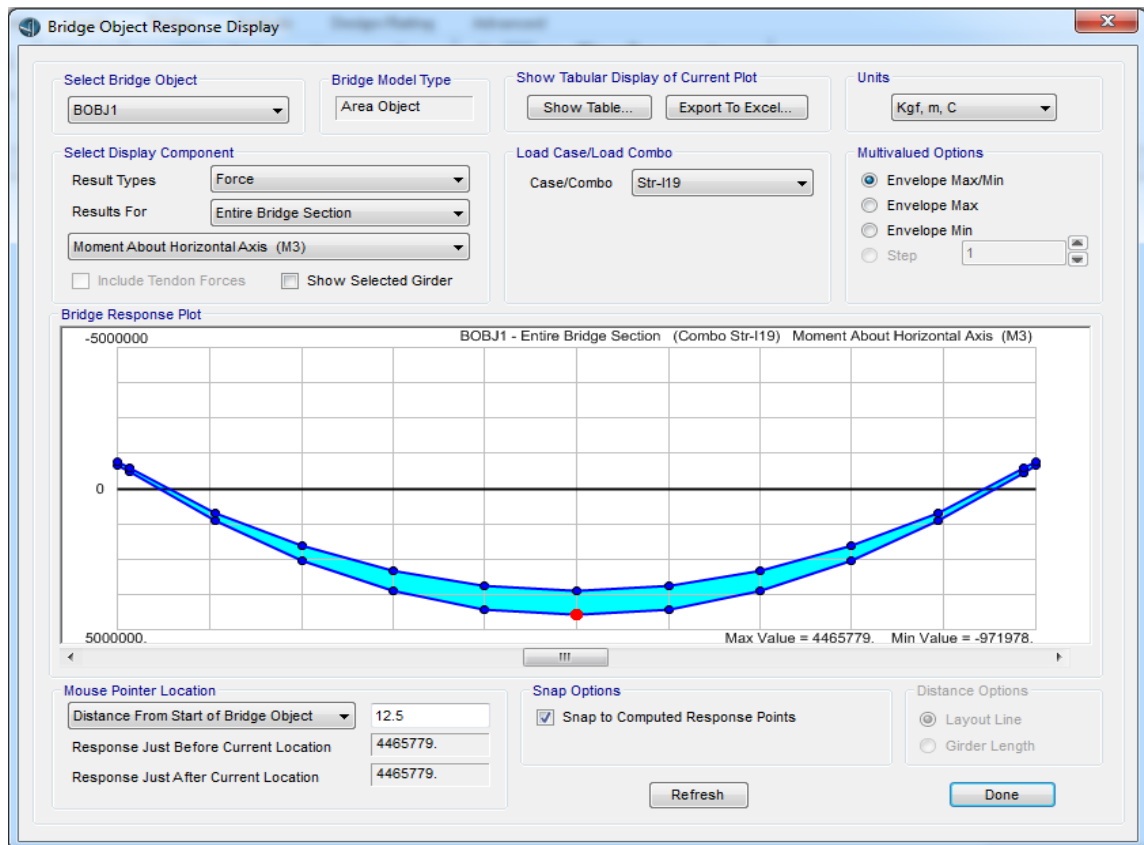


Figura 5.7: Mayor momento producidos en el estado "Resistencia 1".

Fuente: CSI Bridge.

Los momentos que se generan en la combinación de Resistencia 1 es mayor con respecto a de los otros estado límites, por lo que asumimos este momento para los siguientes análisis de diseño, se presenta en la siguiente figura el momento generado por la combinación de Resistencia 1.

Como se puede observar los mayores momentos se generan en el centro de la viga, a los 12.50m, analizando la sección propuesta y hallando el momento nominal tenemos:

$$Mn = Wx * Fy$$

Mn = Momento flector nominal

Wx = Modulo de la sección

Fy = Tensión a la fluencia del perfil metálico.

Momento Flector nominal		
$Wx =$	21230.4	cm ³
$Fy =$	2500	Kg/cm ²
$Mn =$	53076000	Kg*cm
Momento Flector Resistente		
$\phi Mn =$	47768400	Kg*cm
4465779	<	47768400
	cumple	

Por lo tanto la sección asumida de viga metálica cumple al momento flector último resistente de la modelación.

5.5. Análisis a corte de las vigas

El diagrama de esfuerzos cortantes para las cargas aplicadas es como se muestra en el siguiente cuadro para cada una de las combinaciones analizadas.

Tabla 5.13: Cortantes obtenidos de la modelación en CSI bridge.

*CORTANTES (Kg)				
SECCIÓN	UBICACIÓN	RESISTENCIA 1	Ev. EXTREMO 1	SERVICIO 1
Viga I	EXTREMOS	878329.2	698256.1	608536.7

Cortante Máximo=	878329.3 Kg
Caso:	RESISTENCIA 1

Fuente: Autor.

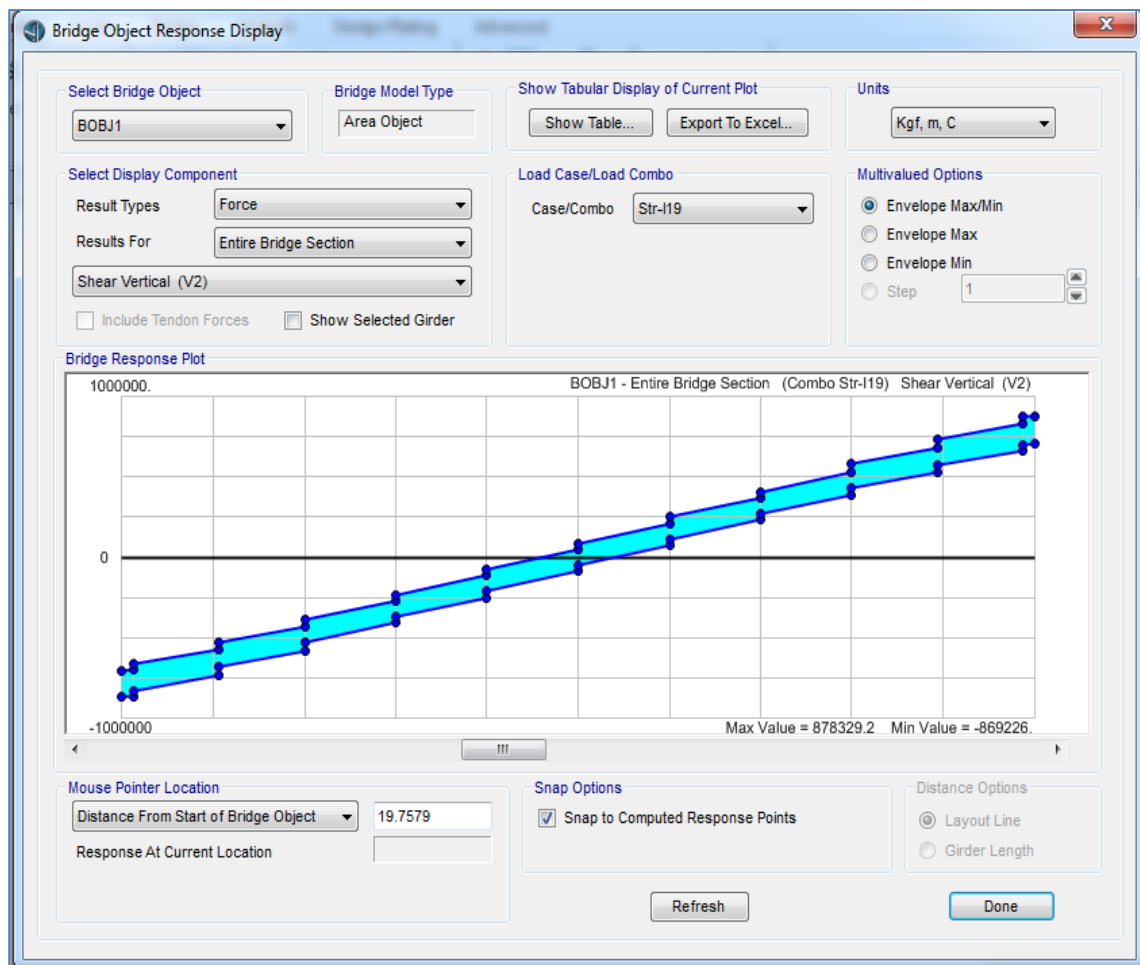


Figura 5.8: Diagrama de fuerzas cortantes.

Fuente: CSI bridge

Los cortantes que se generan en la combinación de Resistencia 1 es mayor con respecto a de los otros estado límites, se asume este cortante para los siguientes análisis de diseño, en la imagen 16 se observa el cortante generado por la combinación de Resistencia 1, y que la fuerza cortante se incrementa en los extremos de las vigas.

A continuación realizamos la verificación de la sección a cortante.

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w \cdot C_v$$

V_n = Resistencia nominal de cortante

F_y = Tensión de fluencia del acero

A_w = Area del alma que incluye todo el peralte de la sección transversal

C_v = Coeficiente de cortante = 1

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{F_y}}$$

57 ≤ 71.29 cumple

Por lo tanto $C_v=1$, y, $\phi_v=1$

Cortante nominal		
A_w =	240	cm ²
C_v =	1	
F_y =	2500	Kg/cm ²
V_n =	360000	Kg*cm
Cortante Resistente		
ϕM_n =	360000	Kg*cm
878329.2	>	360000
cumple		

5.6. Diseño estructural de la losa del tablero.

Para el diseño estructural de la losa del tablero del puente una capa de hormigón de 25cm más la capa de asfalto de 5cm.

Se continúa con el cálculo para obtener las cuantías de acero para el tablero del puente.

$$\begin{aligned}\delta_{min} &= \text{Cuantía mínima.} \\ \delta_{min} &= \frac{14}{F_y} \\ \delta_b &= \text{Cuantía balanceado.} \\ \delta_b &= 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{F_y} \cdot \frac{0,003}{\frac{F_y}{E_s} + 0,003} \\ \delta_{max} &= \text{Cuantía máxima.} \\ \delta_{max} &= 0,50 * \delta_b\end{aligned}$$

Para el acero de refuerzo calculamos las cuantías máximas y mínimas, con estas cuantías obtenidas asumimos una cuantía que no exceda los límites obtenidos y luego seguimos con la determinación de diámetros de las varillas de acero.

Cuantía mínima	
Fy acero	4200 kg/cm2
C. Min=	0.0033
Cuantía balanceada	
Fy =	4200 kg/cm2
β=	0.82
f'c=	300 kg/cm2
Es=	2100000.00 kg/cm2
C. Min=	0.03

Cuantía máxima		
C. Max=	0.015	
CUANTÍA		
mínima	asumida	máxima
0.0033	0.013	0.015
	cumple	

Con estos datos procedemos a calcular el área de acero necesario.

Área de acero (cm ²)	
b=	100
d=	30
C. asumida=	0.013
As=	39
φ varillas	1.6
separación	19.4
1 φ = 16 mm @ 19 cm	

Acero de dilatación y contracción por temperatura.

$$A_{s_{temp}} = 0.018 \cdot b \cdot d$$

Acero temperatura (cm ²)	
b=	100
d=	30
As repart=	54
φ varillas	1.4
separación	35.06
1 φ = 14 mm @ 35 cm	

Acero de repartición perpendicular al tráfico.

Para hallar el área de acero utilizamos la siguiente formula.

$$A_{s_{reparticion}} = \frac{121}{\sqrt{L}} \cdot A_{s(+)}$$

Acero repartición (cm2)	
L=	25000
As=	39
As=	39
As repart=	29.85
φ varillas	1.6
separacion	14.85
c	
1 φ =	16 mm @ 15 m

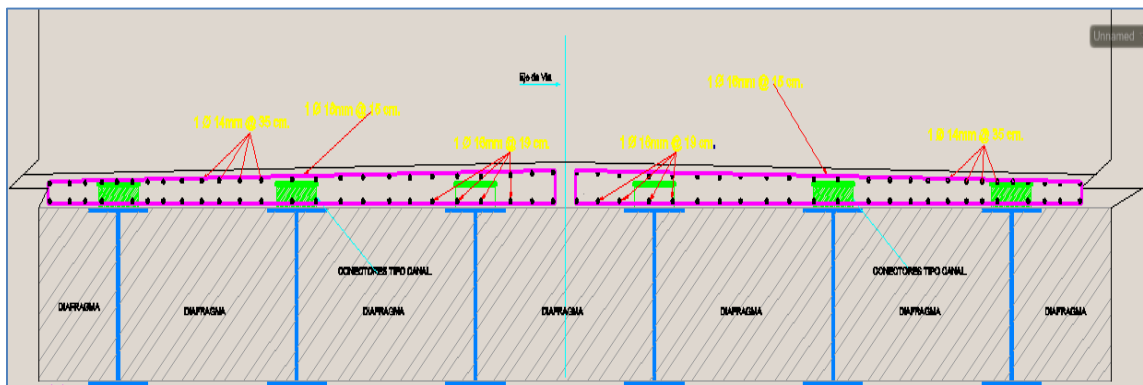


Figura 5.9: Diseño de la losa del tablero.

Fuente: Autor

5.7. Conectores entre la losa de calzada con las vigas metálicas.

Hay que considerar que las vigas y la losa actúan como una sección compuesta, se debe garantizar la unión entre estos dos elementos, por lo que se requiere el uso de conectores entre los dos elementos que conforman la superestructura, se plantea el uso de canales para la unión de las vigas con el tablero de hormigón.

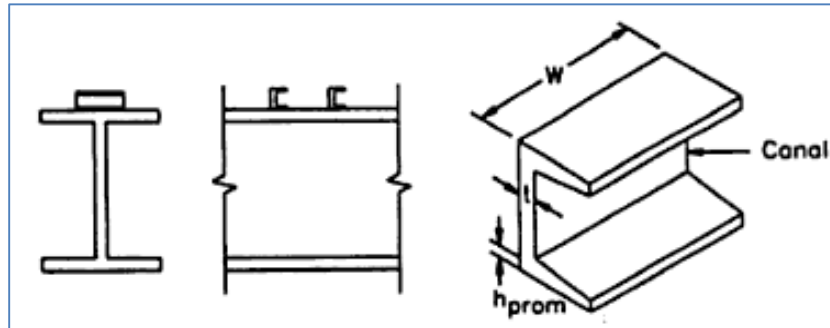


Figura 5.10: Conectores tipo canal.

Fuente: Autor.

Los conectores propuestos para la unión entre las vigas metálicas con la losa es el perfil tipo C150*50*5mm, para determinar el número de conectores y el espaciamiento requerido se detalla a continuación.

Emplearemos las siguientes expresiones para llegar a obtener los resultados del número de conectores y el espaciamiento respectivo.

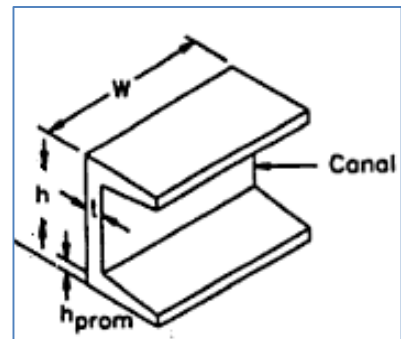
$$P1 = A_s * F_y$$

$$P2 = 0.85 * f'_c * w * h$$

$$S_u = (145.81 * (h_{prom} + t/2) * w) * (f'_c)^{1/2}$$

$$\text{Número de conectores} = P / (0.85 * S_u)$$

$$P = \text{el valor menor entre } P1 \text{ y } P2$$



Datos conector "canal" (cm)	
Altura canal (h)	15
Longitud canal (W)	40
espesor alma canal(t)	0.5
espesor ala canal(h _{prom})	0.5
f' _c	300
F _y	2500

Cálculos	
P1	1350000
P2	1530000
Su	75765.1
Número de conectores	21
Espaciamiento (cm)	119
Espaciamiento asumido(cm)	60

Por lo tanto se colocaran un canal tipo “C” 150*50*5mm cada 100 cm a lo largo de las vigas.

5.8. Diseño de la superestructura vigas y losa en conjunto.

Es necesario comprobar en la superestructura que tanto las vigas metálicas como las losas estén trabajando en conjunto y que soporten las solicitaciones generadas que actúan en el puente. A continuación hacemos esta comprobación.

$$T = A_s * F_y$$

$$a = T / (0.85 * b_e * f'_c)$$

$$M_n = A_s * F_y * ((d/2) + h_{losa} + (a/2))$$

$$A_s = \text{Área de acero de la viga}$$

$$b_e = \text{ancho colaborante de la viga}$$

$$M_n = \text{Momento nominal}$$

$$f'_c = \text{resistencia a compresión del hormigón.}$$

Datos para cálculo		
As	378	cm2
Fy	2500	Kg/cm2
be	180	cm
f'c	300	Kg/cm2
Momento		
T= (Kg)	945000	Kg
a=	20.59	
Mn	75321225	Kg*cm
ϕM_n		Mu
67789102.5	<=	478000000
	cumple	

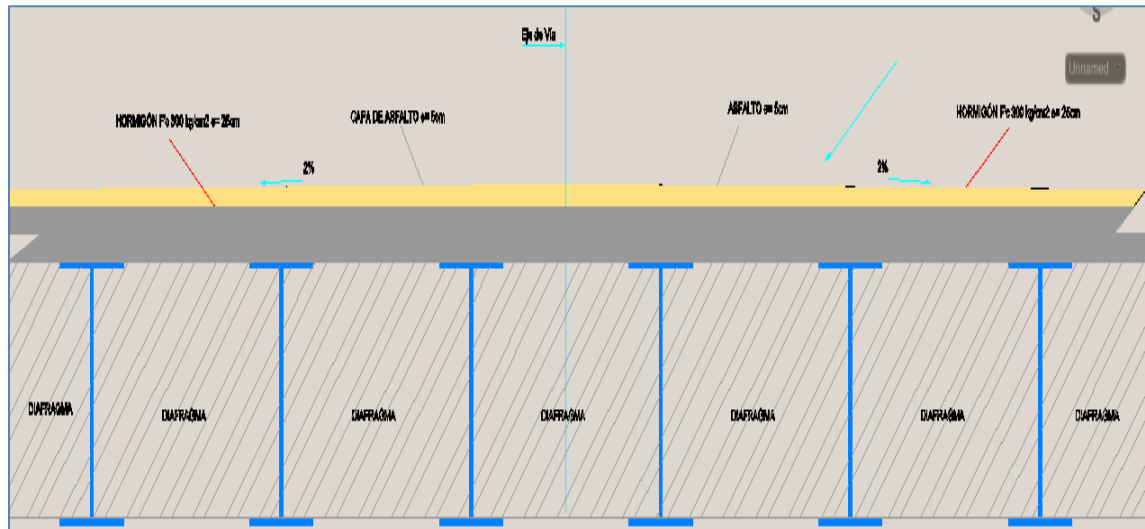


Figura 5.11: Tablero y vigas metálicas en conjunto.

Fuente: Autor

5.9. Veredas.

Las veredas tienen una sección de 0.90m de ancho por 0.25m de altura, el hormigón de vereda es de $f'c$ 210 kg/cm² y acero de refuerzo $F_y=4200$ Kg/cm².

En la figura a continuación se muestra el detalle de la sección de la vereda a ser construida.

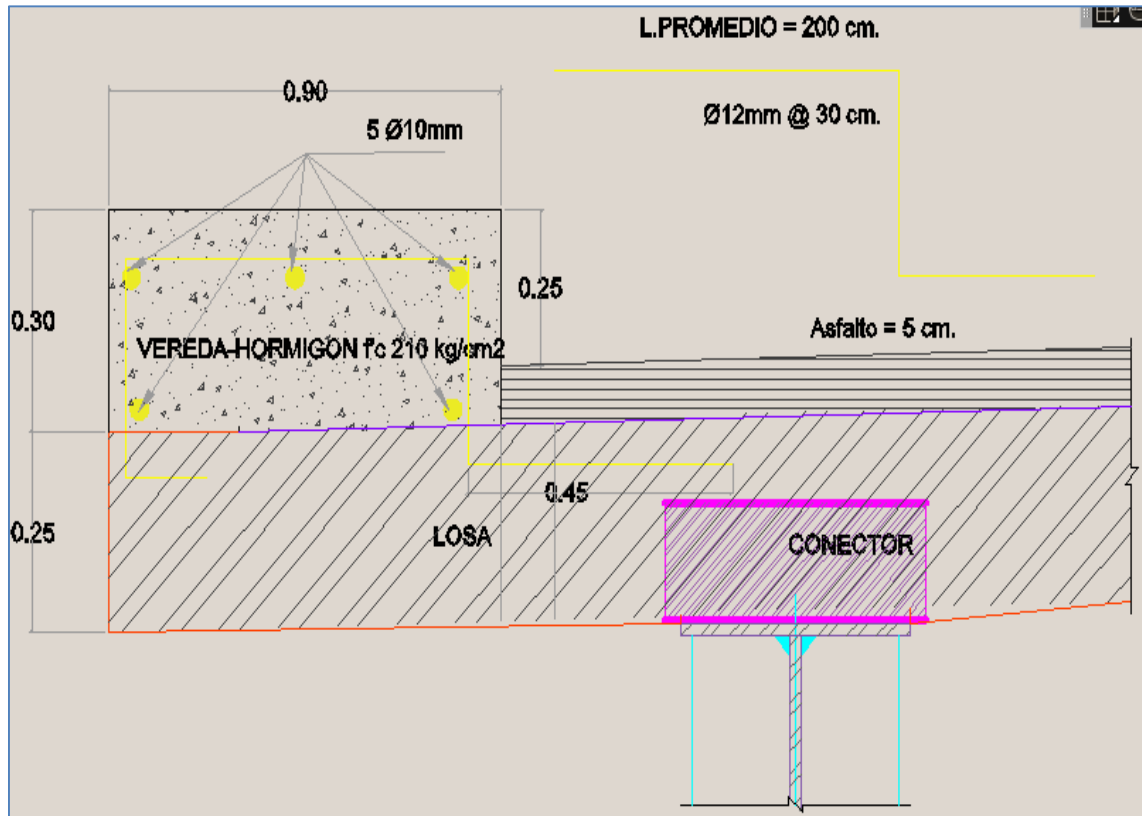


Figura 5.12: Sección de vereda para la superestructura.

Fuente: Autor

5.10. Barandales.

Para los barandales se plantea el uso de tubos metálicos de sección circular de diámetro = 75mm y 3mm de espesor. Para los postes usamos el perfil IPN 300 distribuido por la empresa DIPAC.

La conexión de los postes con el puente será empotrada en la vereda, como se detalla en las imágenes a continuación.

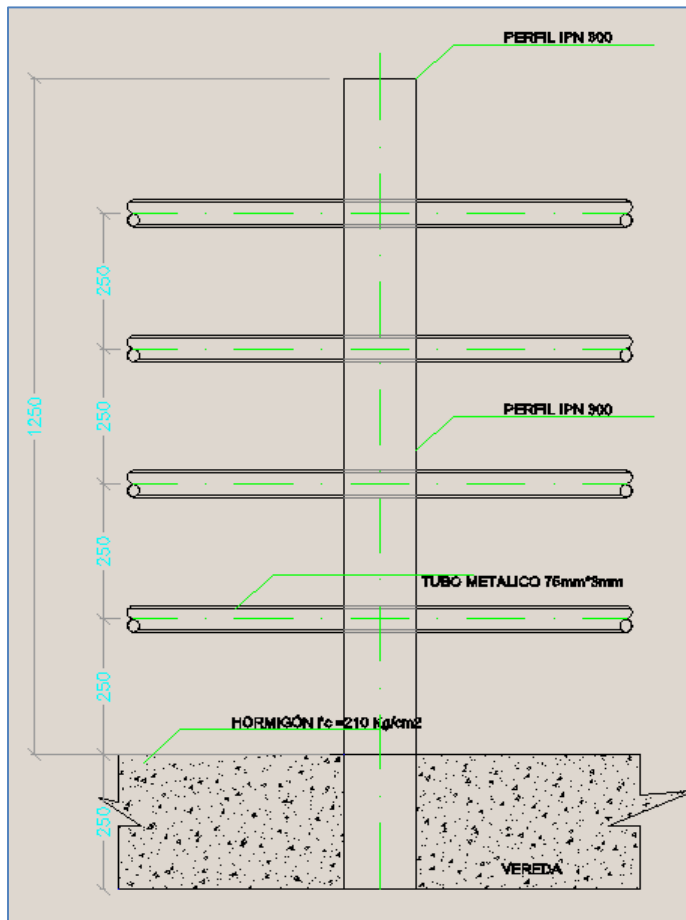


Figura 22: Perfil IPN 300 y tubo de 75mm*3mm.

Fuente: Autor.

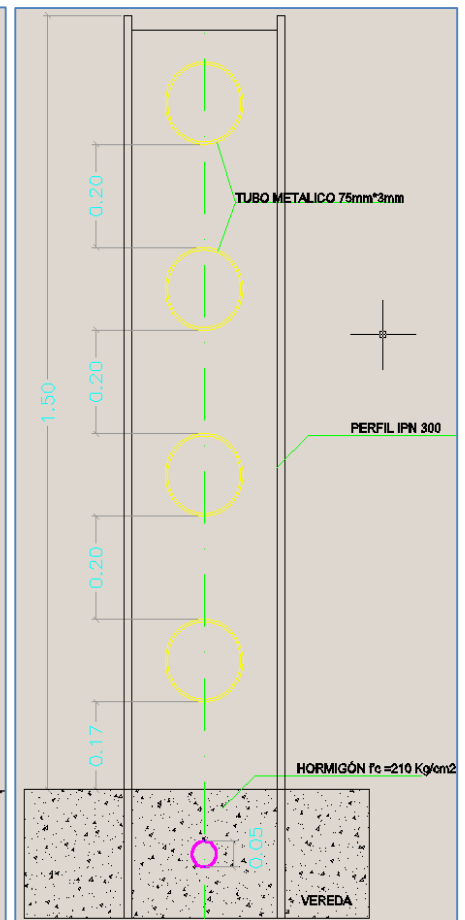


Figura 5.14: Corte Transversal de barandal.

Fuente: Autor

CAPITULO VI**PRESUPUESTO****6.1. Presupuesto referencial.**

PRESUPUESTO REFERENCIAL PUENTE AV. 27 DE FEBRERO Y CALLE RIO CUENCA.
Puente de sección compuesta con vigas metálicas.

Oferente:

Ubicación:

CUENCA

Fecha:

15-12-2015

PRESUPUESTO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
001	OBRAS PRELIMINARES				1,020.48
1,001	Señalización vertical	u	4.00	114.00	456.00
1,002	Replanteo y nivelación	m2	504.00	1.12	564.48
002	SUPERESTRUCTURA				546,230.45
2,001	Acero estructural en perfiles, suministro y montaje con equipo mecánico	kg	165,792.00	2.95	489,086.40
2,002	Tubo estructural circular de 75mmx3mm, suministro y colocación	ml	200.00	13.08	2,616.46
2,003	Acero de refuerzo, fy=4200Kg/cm2	kg	16,150.00	1.98	31,977.00
2,004	Losa de Pavimento Hormigón f'c = 300 kg/cm2 (incluye aditivo acelerante 8 horas)	m3	112.50	172.96	19,458.00
2,005	Hormigón Simple f'c = 210 kg/cm2 (incluye aditivo acelerante 8 horas)	m3	15.00	135.79	2,036.85
2,006	Capa ligante para asfalto	m2	450.00	0.40	180.00
2,007	Asfalto MC para imprimación	litro	26.00	1.99	51.74
2,008	Pintura anticorrosiva para acero estructural	m2	160.00	5.15	824.00
SUBTOTAL					547,250.93
IVA				12%	65,670.11
TOTAL					612,921.04

SON : SEICIENTOS DOCE MIL NOVECIENTOS VEINTE Y UNO CON 04/100 USD

6.2. Análisis de precios unitarios

Análisis de Precios Unitarios

Item: 1,001
Código: 531001
Descrip.: Señalización vertical
Unidad: u

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101005	Equipo de pintura	Hora	1.0000	0.20	4.0000	0.80
112001	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.40	4.0000	1.60
110002	Equipo de suelda	Hora	1.0000	0.75	4.0000	3.00
Subtotal de Equipo:						5.40

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
270022	Pintura esmalte	gl	0.0200	16.93		0.34
270024	Pintura anticorrosiva	gl	0.0400	19.13		0.77
2EA092	Suelda	kg	1.0000	2.46		2.46
2FT001	Tool 1/25" (1.22x2.44 m)	plancha	0.1100	17.10		1.88
263003	Angulo (1" x 1" x 3/16" x 6 m)	u	0.0330	9.80		0.32
263004	Perfil C 80x40x4mm, 6m	u	0.4200	14.17		5.95
2EA004	Sello para señalizacion vertical	u	1.0000	38.00		38.00
Subtotal de Materiales:						49.72

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403003	Pintor		1.0000	3.22	4.0000	12.88
402015	Peón		1.0000	3.18	4.0000	12.72
404009	Maestro electrico/liniero/subestación		1.0000	3.57	4.0000	14.28
Subtotal de Mano de Obra:						39.88

Costo Directo Total: 95.00

COSTOS INDIRECTOS		
	20 %	19.00

Precio Unitario Total	114.00
-----------------------------	--------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 1,002
Código: 501009
Descrip.: Replanteo y nivelación
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101003	Equipo de topografía	Hora	1.0000	2.00	0.0588	0.12
112001	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.40	0.0588	0.02
Subtotal de Equipo:						0.14

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
2EA084	Clavos	kg	0.0500	1.91		0.10
253006	Tiras de eucalipto 2 x 2 x 300 cm	u	0.2000	0.49		0.10
Subtotal de Materiales:						0.20

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
421006	Topógrafo 2: título y experiencia mayor a 5 años		1.0000	3.57	0.0588	0.21
403012	Cadenero		1.0000	3.22	0.0588	0.19
402015	Peón		1.0000	3.18	0.0588	0.19
Subtotal de Mano de Obra:						0.59

Costo Directo Total: 0.93

COSTOS INDIRECTOS

20 % 0.19

Precio Unitario Total	1.12
------------------------------------	-------------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 2,001
Código: 513010
Descrip.: Acero estructural en perfiles, suministro y montaje con equipo mecánico
Unidad: kg

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
114001	Módulo andamio metálico h= 1.	Hora	6.0000	0.09	0.0500	0.03
112001	Herramientas varias	Hora	2.0000	0.40	0.0500	0.04
104001	Camión Grua de 10 Ton.	Hora	1.0000	32.00	0.0050	0.16
110002	Equipo de suelda	Hora	1.0000	0.75	0.0500	0.04
Subtotal de Equipo:						0.27

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
2EA092	Suelda	kg	0.1000	2.46		0.25
263007	Perfil laminado de acero	Kg	1.0500	1.35		1.42
Subtotal de Materiales:						1.67

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
402015	Peón		2.0000	3.18	0.0500	0.32
404009	Maestro electrico/liniero/subestación		1.0000	3.57	0.0500	0.18
427013	Chofer plataformas (Estr. Oc. C1)		1.0000	4.67	0.0050	0.02
Subtotal de Mano de Obra:						0.52

Costo Directo Total: 2.46

COSTOS INDIRECTOS

20 % 0.49

Precio Unitario Total	2.95
-----------------------------	------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 2,002
Código: 513019
Descrip.: Tubo estructural circular de 75mmx3mm, suministro y colocación
Unidad: ml

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
112001	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.40	0.1670	0.07
110002	Equipo de suelda	Hora	1.0000	0.75	0.1670	0.13
Subtotal de Equipo:						0.20

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
2EA083	Varios	Global	0.0500	1.60		0.08
2EA092	Suelda	kg	0.0200	2.46		0.05
263054	Tubo circular 75mmx3mm, 6m	u	0.1667	57.00		9.50
Subtotal de Materiales:						9.63

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403004	Fierrero		1.0000	3.22	0.1670	0.54
402015	Peón		1.0000	3.18	0.1670	0.53
Subtotal de Mano de Obra:						1.07

Costo Directo Total: 10.90

COSTOS INDIRECTOS

20 % 2.18

Precio Unitario Total	13.08
-----------------------------	-------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 2,003
Código: 513003
Descrip.: Acero de refuerzo, fy=4200Kg/cm²
Unidad: kg

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
112001	Herramientas varias	Hora	2.0000	0.40	0.0300	0.02
Subtotal de Equipo:						0.02

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
2EA083	Varios	Global	0.0250	1.60		0.04
202001	Acero en varillas	kg	1.0500	1.11		1.17
209001	Alambre de amarre No. 18 negro	kg	0.0500	2.05		0.10
Subtotal de Materiales:						1.31

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403004	Fierrero		1.0000	3.22	0.0300	0.10
405006	Técnico obras civiles		1.0000	3.39	0.0090	0.03
402015	Peón		2.0000	3.18	0.0300	0.19
Subtotal de Mano de Obra:						0.32

Costo Directo Total: 1.65

COSTOS INDIRECTOS

20 % 0.33

Precio Unitario Total 1.98

Análisis de Precios Unitarios

Item: 2,004
Código: 528009
Descripción: Losa de Pavimento Hormigón f'c = 300 kg/cm² (incluye aditivo acelerante 8 horas)
Unidad: m³

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
101006	Platina para juntas de hormigón	Hora	1.0000	0.02	0.5000	0.01
112001	Herramientas varias	Hora	7.0000	0.40	0.5000	1.40
102014	Vibrador	Hora	1.0000	1.80	0.5000	0.90
Subtotal de Equipo:						2.31

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
507008	Hormigón Simple f'c = 300 kg/cm ²	m ³	1.0500	123.28		129.44
Subtotal de Materiales:						129.44

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403001	Albañil		3.0000	3.22	0.5000	4.83
405006	Técnico obras civiles		1.0000	3.39	0.3500	1.19
402015	Peón		4.0000	3.18	0.5000	6.36
Subtotal de Mano de Obra:						12.38

Costo Directo Total: 144.13

COSTOS INDIRECTOS

20 % 28.83

Precio Unitario Total	172.96
------------------------------------	---------------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 2,005
Código: 507007
Descrip.: Hormigón Simple $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (incluye aditivo acelerante 8 horas)
Unidad: m³

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
112001	Herramientas varias	Hora	5.0000	0.40	0.7600	1.52
102010	Concretera un saco	Hora	1.0000	3.15	0.7600	2.39
Subtotal de Equipo:						3.91

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
282015	Aditivo acelerante tipo Sika 3 o s	kg	15.0000	1.19		17.85
2EA073	Agua	lt	180.0000	0.01		1.80
2E005	Arena puesta en obra	m ³	0.6000	17.00		10.20
2E006	Grava puesta en obra	m ³	1.0000	17.50		17.50
223002	Cemento Portland Tipo I puesto e	saco	7.5000	6.47		48.53
Subtotal de Materiales:						95.88

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
405006	Técnico obras civiles		1.0000	3.39	0.3800	1.29
402015	Peón		5.0000	3.18	0.7600	12.08
Subtotal de Mano de Obra:						13.37

Costo Directo Total: 113.16

COSTOS INDIRECTOS		
	20 %	22.63

Precio Unitario Total	135.79
------------------------------------	---------------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 2,006
Código: 529004
Descrip.: Capa ligante para asfalto
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
102019	Tanquero distribuidor de asfalto	Hora	1.0000	30.00	0.0028	0.08
102020	Escoba mecánica	Hora	1.0000	10.00	0.0028	0.03
Subtotal de Equipo:						0.11

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
215001	Asfalto	gal	0.1000	1.58		0.16
Subtotal de Materiales:						0.16

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
424017	Operador de barredora autopropulsada		1.0000	3.39	0.0028	0.01
402015	Peón		4.0000	3.18	0.0028	0.04
424022	Operador de Distribuidor de asfalto		1.0000	3.39	0.0028	0.01
Subtotal de Mano de Obra:						0.06

Costo Directo Total: 0.33

COSTOS INDIRECTOS

20 % 0.07

Precio Unitario Total	0.40
------------------------------------	-------------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 2,007
Código: 529002
Descrip.: Asfalto MC para imprimación
Unidad: litro

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
102019	Tanquero distribuidor de asfalto	Hora	1.0000	30.00	0.0025	0.08
102020	Escoba mecánica	Hora	1.0000	10.00	0.0025	0.03
Subtotal de Equipo:						0.11

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
215001	Asfalto	gal	0.7500	1.58		1.19
228001	Diesel	gl	0.3000	1.04		0.31
Subtotal de Materiales:						1.50

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
424017	Operador de barredora autopropulsada		1.0000	3.39	0.0025	0.01
402015	Peón		4.0000	3.18	0.0025	0.03
424022	Operador de Distribuidor de asfalto		1.0000	3.39	0.0025	0.01
Subtotal de Mano de Obra:						0.05

Costo Directo Total: 1.66

COSTOS INDIRECTOS

20 % 0.33

Precio Unitario Total	1.99
------------------------------------	-------------

Análisis de Precios Unitarios

Item: 2,008
Código: 534004
Descrip.: Pintura anticorrosiva para acero estructural
Unidad: m2

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
112001	Herramientas varias	Hora	1.0000	0.40	0.2500	0.10
Subtotal de Equipo:						0.10

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
270024	Pintura anticorrosiva	gl	0.0750	19.13		1.43
270013	Diluyente	gl	0.0750	12.20		0.92
2EA086	Lija	pliego	0.1000	0.62		0.06
Subtotal de Materiales:						2.41

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0.00

Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403003	Pintor		1.0000	3.22	0.2500	0.81
405006	Técnico obras civiles		1.0000	3.39	0.0500	0.17
402015	Peón		1.0000	3.18	0.2500	0.80
Subtotal de Mano de Obra:						1.78

Costo Directo Total: 4.29

COSTOS INDIRECTOS

20 % 0.86

Precio Unitario Total	5.15
------------------------------------	-------------

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Al aplicar las normas MTOP y AASHTO, permite diseñar de una manera racional y segura, las partes y componentes de la superestructura.
- La solución de superestructura adoptada es técnicamente posible de ser ejecutada, ya que está compuesta de materiales existentes en el país.
- El anteproyecto desarrollado se ajusta a las necesidades de la ciudad.
- Las superestructuras mixtas de puentes presentan una gran ventaja en construcción, las vigas metálicas al ser elementos prefabricados hacen que se ahorre tiempo de ejecución en obras, obteniendo secciones de perfiles más pequeños.
- El éxito en el diseño y construcción de un puente es que tanto las vigas metálicas y la losa de hormigón trabajen en conjunto, para ello debemos garantizar el diseño y selección de los conectores de cortante
- El software empleado facilita el diseño de la superestructura.

Recomendaciones

- Los resultados que se obtengan en este estudio, de ser posible comparar con otros estudios a futuro que se hagan aplicando variantes de diseño para poder interpretar los diferentes resultados obtenidos y poder emitir criterios de los resultados obtenidos.
- Los materiales de los elementos estructurales, es decir el hormigón y el acero estructural deben cumplir con todas las propiedades usadas para la modelación en este estudio, se debe garantizar que los materiales sean de la calidad esperada para su uso, se recomienda para el caso de diseñadores o constructores de ser posible visitar las fábricas y verificar los procesos de producción de estos materiales.
- Para la construcción de este tipo de obras es necesario tener el equipo mecánico, técnico y mano de obra con experiencia para la ejecución del proyecto, es necesario prever el uso de equipos de montaje y materiales necesarios para este tipo de construcciones para evitar retrasos en tiempos y procesos constructivos.

BIBLIOGRAFÍA

Gómez Díaz, J. (2009). *PUENTES*. LA HABANA.

Ing. Ernesto Valdés Avellaneda, I. G. (1987). *Puentes 1*. La Habana: Pueblo y Educación.

McCormac, J. C. (2002). *Diseño de Estructuras de Acero*. México: Alfaomega.

NEC-SE-DE. (2011). *Norma Ecuatoriana De La Construcción*. Quito.

Peñafiel, B. I. (2006). *Diseño del Puente Nulti Sur*. Cuenca.

Peñafiel, B., & Zalamea, F. (2006). *Memoria de Cálculo Diseño del Puente Nulti Sur*.

Ramos García, H. K. (2010). *MANUAL PRÁCTICO PARA EL PRE-DIMENSIONAMIENTO DE PUENTES EN ACERO Y CONCRETO, PARA UNA LUZ MENOR A 15 METROS*.

Romo Proaño, M. (2009). *Puentes y Vía ductos*.

Taylor, G. (1987). *Puentes*. La Habana: Pueblo y educación.

ANEXOS.

Anexo 1: Planos descriptivos de la superestructura.

Anexo 2: Hoja electrónica de cálculos estructurales.