

**TRABAJO DE GRADO DISEÑO DE PUENTES PEATONALES PARA REDUCIR
LOS ÍNDICES DE ACCIDENTALIDAD CON PEATONES Y OPTIMIZAR EL
FLUJO Y TRÁNSITO VEHICULAR SOBRE LA TRONCAL AVENIDA CIUDAD
DE CALI DESDE LA CALLE 9 HASTA LA CALLE 16B**



PRESENTADO POR:

URIEL LEONARDO ORDOÑEZ ORTIZ 504372
AARÓN ALFREDO STEFAN PORTELA 504360

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTA D.C.
2021**

**TRABAJO DE GRADO DISEÑO DE PUENTES PEATONALES PARA REDUCIR
LOS ÍNDICES DE ACCIDENTALIDAD CON PEATONES Y OPTIMIZAR EL
FLUJO Y TRÁNSITO VEHICULAR SOBRE LA TRONCAL AVENIDA CIUDAD
DE CALI ENTRE CALLE 9 HASTA LA CALLE 16B**

PRESENTADO POR:

**URIEL LEONARDO ORDOÑEZ ORTIZ 504372
AARÓN ALFREDO STEFAN PORTELA 504360**

DIRECTOR:

CAMILO HIGUERA FLÓREZ

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTA D.C.
2021**



Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia](#).

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia



Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

NOTA DE ACEPTACIÓN:

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

BOGOTA D.C, junio 2021

DEDICATORIA

“Este trabajo de grado lo queremos dedicar a nuestras familias, padres, hermanos y esposas. Ya que sin ellos no estaríamos donde estamos, por darnos la fuerza cada día para continuar y no dejar este camino en el que hoy estamos. A nuestros profesores por ayudarnos a ser mejores en nuestro campo. Realmente muchas gracias porque por ellos es que hoy estamos dedicando estas palabras y realizando nuestro trabajo de grado.”

AGRADECIMIENTOS

Agradecer primeramente a Dios por permitirnos llegar hasta el punto en donde estamos, por darnos el conocimiento y la fuerza necesaria de estar aquí. Por la sabiduría de elegir esta carrera tan única en donde sembraremos cosas buenas y muchos más conocimientos; a nuestros padres porque sin ellos no estaríamos aquí. A nuestros hermanos que fueron la base de apoyo y ánimo para poder continuar día a día. A nuestras esposas por dar esa energía y fortaleza de levantarnos cada día a continuar con nuestro sueño.

Agradecer de todo corazón al Ingeniero Camilo Higuera quien fue el que asesoró el proyecto y quien fue la persona que nos dio esa luz de esperanza para continuar, por su ayuda, colaboración, dedicación y profesionalismo, gracias.

Por último, queremos agradecerles a todos los profesores que durante nuestra carrera nos colaboraron, quienes nos enseñaron las bases de la Ingeniería y lo que esta gran carrera conlleva. Nuevamente muchas gracias a todos.

RESUMEN

La finalidad del proyecto de grado es entregar una alternativa definitiva al problema de accidentabilidad peatonal, ya que día a día se observan accidentes de tránsito por pasar vías de alto flujo vehicular. Uno de estos puntos es en la Av. Cali ya que es una Avenida con una demanda vehicular demasiado alta y en donde no hay paso peatonal para pasar de un extremo a otro.

La construcción de 2 superestructuras es importante para salvar vidas mediante como se mencionaba anteriormente son los puentes peatonales, en donde hay un alto flujo de personas reunidas para muchos fines (mercados, colegios, viviendas, lugares de reunión) los puentes dan mucha más seguridad al momento de cruzarlos que al pasar por una vía muy transcurrida para esto se realiza este proyecto de grado para generar una solución.

Se ha tenido por objetivo principal, diseñar las superestructuras denominadas, puentes peatonales, teniendo en cuenta los estudios a realizar, las cargas. Para el modelamiento se ha usado el programa de cómputo SAP2000 con los resultados obtenidos se ha procedido los diseños.

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 24 |
| 2 | GENERALIDADES | 25 |
| 2.1 | ANTECEDENTES | 25 |
| 2.2 | PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 30 |
| 2.2.1 | LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCION DEL PROBLEMA | 31 |
| 2.2.2 | Ubicación de elementos de señalización y prevención vial encontrados dentro de la zona de estudio donde se proyectará el puente peatonal | 32 |
| 2.2.3 | Demanda de población peatonal en el área de estudio para el diseño del puente peatonal | 35 |
| 2.2.4 | Descripción de la movilidad del flujo vehicular en la zona de estudio | 37 |
| 2.3 | JUSTIFICACIÓN | 39 |
| 2.4 | PREGUNTA DE INVESTIGACION | 42 |
| 3 | OBJETIVOS | 43 |
| 3.1 | OBJETIVO GENERAL | 43 |
| 3.2 | OBJETIVOS ESPECIFICOS | 43 |
| 4 | MARCO REFERENCIAL | 44 |
| 4.1 | MARCO TEORICO | 44 |
| 4.2 | TIPOS DE CONCRETO UTILIZADOS PARA CONCRETO POSTENSADO | 46 |
| 4.3 | TIPOS DE ACERO UTILIZADOS PARA CONCRETO POSTENSADO | 46 |
| 4.4 | DUCTOS | 47 |
| 4.5 | LECHADA DE INYECCIÓN | 47 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.6 | ANCLAJES | 47 |
| 4.7 | GENERALIDADES | 48 |
| 4.7.1 | Ingeniería de tránsito y transporte | 48 |
| 4.7.2 | Estudio topográfico | 49 |
| 4.7.3 | Diseño arquitectónico | 49 |
| 4.7.4 | Diseño Estructural | 50 |
| 4.7.5 | Puentes de concreto reforzado | 50 |
| 4.8 | MARCO LEGAL | 52 |
| 4.9 | MARCO CONCEPTUAL | 53 |
| 4.9.1 | Definiciones | 53 |
| 4.9.2 | Clasificación | 53 |
| 4.9.3 | Elementos del puente | 54 |
| 4.9.4 | Normal Colombiana de Diseño de Puentes LRFD- CC P14 | 55 |
| 5 | METODOLOGÍA | 56 |
| 5.1 | RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DEL CORREDOR VIAL DE LA AV. CIUDAD DE CALI. | 56 |
| 5.2 | ANALISIS DE DATOS RECOPIADOS | 56 |
| 5.3 | DEFINICION DEL DISEÑO ARQUITECTONICO Y URBANISTICO DE LOS PUENTES | 56 |
| 5.4 | SOFTWARE DE DISEÑO Y MODELO MATEMATICO | 56 |
| 5.5 | PLANOS CONSTRUCTIVOS | 57 |
| 6 | RECOPIACIÓN DE DATOS | 58 |
| 6.1 | ESTIMACIÓN DEMOGRÁFICA | 58 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.2 | TOPOGRÁFIA Y URBANISMO | 61 |
| 6.3 | AFOROS DE MOVILIDAD | 63 |
| 6.4 | CARACTERIZACIÓN DEL SUELO | 65 |
| 6.4.1 | Geología y geomorfología | 66 |
| 6.4.2 | Nivel freático | 66 |
| 6.4.3 | Coeficientes espectrales de diseño | 66 |
| 6.4.4 | Exploración del suelo | 66 |
| 6.4.5 | Perfil estratigráfico natural | 67 |
| 6.4.6 | Caracterización del suelo | 68 |
| 7 | CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO | 69 |
| 7.1.1 | Estimación de puntos críticos con alta demanda peatonal | 69 |
| 7.1.2 | Localización de señalización y cruces peatonales | 69 |
| 7.1.3 | Determinación para la ubicación optima de los puentes peatonales | 70 |
| 8 | PREDIMENSIONAMIENTO | 71 |
| 8.1 | AFORO PEATONAL EN LA AVENIDA CIUDAD DE CALI | 71 |
| 8.1.1 | Cálculo De intensidad de flujo peatonal y nivel de servicio: | 84 |
| 8.1.2 | Cálculo De intensidad de flujo peatonal y nivel de servicio: | 86 |
| 8.2 | ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS | 87 |
| 8.3 | ALTERNATIVAS | 87 |
| 8.3.1 | Alternativa 1: Superestructura en concreto reforzado | 89 |
| 8.3.2 | Alternativa 2: Superestructura en vigas metálicas y tablero en concreto | 91 |
| 8.3.3 | Alternativa 3: Superestructura en concreto reforzado - viga cajón | 93 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 8.3.4 | Alternativa 4: Superestructura en vigas de concreto postensado | 95 |
| 8.4 | SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA | 97 |
| 9 | ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES | 100 |
| 9.1 | SUPERESTRUCTURA | 100 |
| 9.1.1 | ANÁLISIS Y DISEÑO DEL TRABLERO | 100 |
| 9.1.2 | ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGA POSTENSADA DE 23,4 METROS. 115 | |
| 9.2 | DISEÑO DE APOYO EN MATERIAL ELASTOMERICO O NEOPRENO 155 | |
| 9.3 | DISEÑO DE LA BARANDA | 156 |
| 9.3.1 | Diseño del poste | 156 |
| 9.3.2 | Diseño de los tubos de tráfico | 158 |
| 9.3.3 | Diseño de los anclajes | 159 |
| 9.4 | DISEÑO DE RAMPAS | 161 |
| 9.4.1 | Predimensionamiento | 161 |
| 9.4.2 | Análisis estructural | 162 |
| 9.4.3 | Diseño de aletas | 165 |
| 10 | CONCLUSIONES | 166 |
| 11 | RECOMENDACIONES | 168 |
| 12 | BIBLIOGRAFÍA | 169 |
| 13 | ANEXOS | 172 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1 Peatones y Peatones fallecidos en América latina. | 28 |
| Tabla 2.2. Ubicación De Elementos De Señalización Y Prevención Vial Encontrados Dentro De La Zona De Estudio. | 33 |
| Tabla 2.3 Tipos De Predios Encerrados Dentro Del Área De Influencia. | 35 |
| Tabla 6.1. Sondeos | 67 |
| Tabla 6.2 Resumen de Caracterización Geo-mecánica | 68 |
| Tabla 8.1 Cartera de Aforos para el movimiento 22 realizada por la secretaria Distrital de movilidad sobre la avenida ciudad de Cali con calle 10B. | 73 |
| Tabla 8.2 Cartera de Aforos para el movimiento 31 realizada por la secretaria Distrital de movilidad sobre la avenida ciudad de Cali con calle 10B. | 75 |
| Tabla 8.3 Cartera de Aforos para el movimiento 22 realizada por la secretaria Distrital de movilidad sobre la avenida ciudad de Cali con calle 13D. | 79 |
| Tabla 8.4 Cartera de Aforos para el movimiento 21 realizada por la secretaria Distrital de movilidad sobre la avenida ciudad de Cali con calle 13D. | 82 |
| Tabla 8.5 Nivel de servicio para senderos peatonales | 85 |
| Tabla 8.6. Datos generales puente A | 88 |
| Tabla 8.7. Datos generales puente B | 88 |
| Tabla 8.8 Alternativa 1 Puente A viga T en concreto reforzado | 89 |
| Tabla 8.9 Alternativa 1 Puente B viga T en concreto reforzado | 90 |
| Tabla 8.10 Presupuesto puente A alternativa 1 | 90 |
| Tabla 8.11 Presupuesto Puente B alternativa 1 | 90 |
| Tabla 8.12 Alternativa 2 Puente A perfiles metálicos para vigas y tablero en concreto reforzado | 91 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 8.13 Alternativa 2 Puente B perfiles metálicos para vigas y tablero en concreto reforzado | 92 |
| Tabla 8.14 Presupuesto Puente A alternativa 2 | 92 |
| Tabla 8.15 Presupuesto Puente B alternativa 2 | 92 |
| Tabla 8.16 Alternativa 3 para el puente A viga cajón | 93 |
| Tabla 8.17 Alternativa 3 para el puente B viga cajón | 94 |
| Tabla 8.18 Presupuesto Puente A alternativa 3 | 94 |
| Tabla 8.19 Presupuesto Puente B alternativa 3 | 94 |
| Tabla 8.20 Alternativa 4 para el puente A Viga AASHTO pretensada | 95 |
| Tabla 8.21 Alternativa 4 para el puente B Viga AASHTO pretensada | 96 |
| Tabla 8.22 Presupuesto puente A alternativa 4 | 96 |
| Tabla 8.23 Presupuesto puente B alternativa 4 | 96 |
| Tabla 8.24 Relación de tipo de viga AASHTO con luz libre entre apoyos | 97 |
| Tabla 9.1 Propiedades de materiales para tablero | 100 |
| Tabla 9.2 Dimensiones tableros y aditamentos para puente a y puente b | 101 |
| Tabla 9.3 Resumen de cargas asignadas al modelo. | 103 |
| Tabla 9.4 Combinaciones de cargas | 104 |
| Tabla 9.5 Datos ingresados al modelo | 104 |
| Tabla 9.6 Vista Esquemática de Resultados Modelo Matemático | 107 |
| Tabla 9.7 Resultados del modelo matemático- | 107 |
| Tabla 9.8 Resumen de Resultados del modelo matemático del tablero | 108 |
| Tabla 9.9 Diseño para el momento positivo del tablero | 109 |
| Tabla 9.10 Diseño para el momento negativo del tablero | 111 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 9.11 diseño a cortante del tablero | 114 |
| Tabla 9.12 Propiedades de materiales para la viga | 116 |
| Tabla 9.13 Geometría de los puentes | 117 |
| Tabla 9.14 Geometría de las vigas postensadas AASHTO tipo 3 | 118 |
| Tabla 9.15 Propiedades de las secciones | 118 |
| Tabla 9.16 Verificación de ancho de la sección compuesta | 119 |
| Tabla 9.17 Cargas asignadas al modelo la el análisis de la viga | 122 |
| Tabla 9.18 Combinaciones de carga para el análisis de la viga | 122 |
| Tabla 9.19 Esfuerzos límites y excentricidad del cable de preesfuerzo | 123 |
| Tabla 9.20 Datos ingresados al modelo matemático para el análisis de la viga | 124 |
| Tabla 9.21 Carga por peso propio para la etapa 1 | 126 |
| Tabla 9.22 Carga muerta adicional asignada al modelo y carga muerta por peso propio para la etapa 2 | 127 |
| Tabla 9.23 Asignación de cargas al modelo para la etapa 3 | 128 |
| Tabla 9.24 presentación de esquemas de resultados por etapas utilizando la combinación de carga Servicio 1 para el modelo matemático de la viga | 129 |
| Tabla 9.25 Resumen de resultados aplicando la combinación servicio 1 para análisis por medio de modelo matemático para la viga. | 130 |
| Tabla 9.26 Presentación de esquemas de resultados por etapas utilizando la combinación de carga Resistencia 1 para el análisis matemático de la viga | 130 |
| Tabla 9.27 Resumen de resultados aplicando la combinación Resistencia 1 para análisis por medio de modelo matemático para la viga | 131 |
| Tabla 9.28 Determinación de las fuerzas de preesfuerzo | 131 |
| Tabla 9.29 Determinación de la fuerza de preesfuerzo para el primer tensionamiento | 133 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 9.30 Trayectoria de los cables a lo largo de la viga desde el centro de la luz hasta el apoyo. | 133 |
| Tabla 9.31 Verificación de sollicitación a tracción y compresión para la etapa 1 a lo largo del abscisado de la viga desde el centro de la luz hasta el apoyo | 135 |
| Tabla 9.32 Verificación de sollicitación a tracción y compresión para la etapa 2 a lo largo del abscisado de la viga desde el centro de la luz hasta el apoyo | 137 |
| Tabla 9.33 Verificación de sollicitación a tracción y compresión para la etapa 3 a lo largo del abscisado de la viga desde el centro de la luz hasta el apoyo | 139 |
| Tabla 9.34 Longitud de los cables a lo largo de la trayectoria | 142 |
| Tabla 9.35 Longitud de alargamiento de los cables de preesfuerzo | 142 |
| Tabla 9.36 Perdidas por penetración de cuña | 143 |
| Tabla 9.37 Resultados de las perdidas por penetración de cuña | 143 |
| Tabla 9.38 Perdidas por retracción | 144 |
| Tabla 9.39 Perdidas por flujo Plástico | 145 |
| Tabla 9.40 Perdidas por relajación | 145 |
| Tabla 9.41 Perdidas por acortamiento elástico | 145 |
| Tabla 9.42 Resumen de perdidas | 146 |
| Tabla 9.43 Procedimiento de diseño a flexión | 147 |
| Tabla 9.44 Verificación de momento nominal con fuerzas de preesfuerzo | 148 |
| Tabla 9.45 Verificación de la cuantía máxima | 149 |
| Tabla 9.46 Verificación de refuerzo mínimo | 149 |
| Tabla 9.47 Disposición de refuerzo a temperatura | 150 |
| Tabla 9.48 Verificación de esfuerzo en el acero | 151 |
| Tabla 9.49 Control de agrietamiento | 152 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 9.50 Diseño a cortante | 152 |
| Tabla 9.51 Verificación Cortante nominal | 153 |
| Tabla 9.52 Verificación Refuerzo Transversal mínimo | 153 |
| Tabla 9.53 Verificación de espaciamiento máximo a cortante. | 154 |
| Tabla 9.54 Diseño del apoyo | 155 |
| Tabla 9.55. Materiales | 161 |
| Tabla 9.56. Predimensionamiento | 161 |
| Tabla 9.57. Análisis Estructural | 162 |
| Tabla 9.58. Diseño a flexión | 163 |
| Tabla 9.59. Diseño a cortante | 164 |
| Tabla 9.60. Diseño de aletas | 165 |

LISTA DE GRÁFICAS

| | |
|--|-----|
| Grafica 2.1 Tasa de mortalidad por accidentes de tránsito en América | 26 |
| Grafica 2.2 tasa de mortalidad por accidentes de tránsito por cada país de la región de América | 26 |
| Grafica 2.3 Porcentaje de muertes a nivel Américas por tipo de usuario | 27 |
| Grafica 2.4 Número De Muertes Vs Tipo De Muerte En El Mundo. | 30 |
| Grafica 2.5 Hora del Día VS Velocidad Promedio. | 37 |
| Grafica 2.6 Velocidad Promedio Entre 06:30 – 07:30. | 38 |
| Grafica 2.7 Velocidad Promedio Entre 13:30 – 14:30. | 38 |
| Grafica 2.8 Velocidad Promedio Entre 17:30 – 18:30. | 39 |
| Grafica 9.1 Trayectoria de los cables de preesfuerzo a lo largo del abscisado desde el centro de la luz hasta el apoyo | 134 |
| Grafica 9.2 Diagrama de pérdidas de fuerzas de preesfuerzo por fricción y curvatura | 141 |
| Grafica 9.3 Diagrama de pérdidas de fuerzas de preesfuerzo por penetración de cuña | 144 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 Víctimas fatales en accidentes de tránsito en Bogotá. | 29 |
| Figura 2.2 Localización del proyecto. | 31 |
| Figura 2.3 Ubicación De Elementos De Señalización Y Prevención Vial Dentro De La Zona De Estudio. | 34 |
| Figura 2.4 Sectorización Y Predios Por Tipo Y Uso Adyacente En La Zona de estudio. | 36 |
| Figura 2.5 Pirámide de jerarquización de movilidad según tipo usuarios. | 40 |
| Figura 2.6 Histórico de siniestros en el periodo comprendido entre el 2015 hasta el 2019 | 41 |
| Figura 2.7 histórico de accidentes de tránsito con peatones 2015 -2019 filtrado para la zona de estudio | 41 |
| Figura 2.8 Inventario de puentes peatonales cerca de la zona de estudio. | 42 |
| Figura 4.1 Esquema general de Viga preesforzada. | 45 |
| Figura 4.2.Relación de materiales más utilizados en la construcción de puentes. | 51 |
| Figura 6.1. Mapa general de la zona de estudio | 58 |
| Figura 6.2. UPZ Tintal Norte (78) | 59 |
| Figura 6.3. UPZ Castilla (46) | 59 |
| Figura 6.4. Sectorización en la zona de estudio | 60 |
| Figura 6.5. Localización y topografía de: Andenes, vías y nomenclaturas de vías | 62 |
| Figura 6.6. Localización de semáforos en la Av. Ciudad de Cali | 63 |
| Figura 6.7. Esquema de la intersección en la Calle 10B con Av. Ciudad de Cali | 64 |
| Figura 6.8. Esquema de la intersección en la Calle 13D con Av. Ciudad de Cali | 65 |

| | |
|---|-----|
| Figura 8.1 Esquema de movimientos peatonales en la avenida ciudad de Cali con calle 10B | 72 |
| Figura 8.2. Esquema de movimientos peatonales en la avenida ciudad de Cali con calle 13D. | 78 |
| Figura 8.3 Dimensiones base para los diferentes tipos de viga AASHTO | 97 |
| Figura 8.4 Dimensiones de viga AASHO tipo III adoptadas para el diseño. | 99 |
| Figura 9.1 Detalle de Configuración y distribución del refuerzo del tablero | 115 |
| Figura 9.2 vista isométrica viga AASHTO tipo III de 23,4 metros | 116 |
| Figura 9.3 Dimensiones sección simple | 120 |
| Figura 9.4 Dimensiones sección compuesta | 120 |
| Figura 9.5 Detalle de Configuración y distribución del refuerzo de la viga | 154 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1 Plano Urbanismo y topografía zona de estudio | 172 |
| Anexo 2 Plano implantación puente A | 172 |
| Anexo 3 Plano Implantación puente B | 172 |
| Anexo 4 Planos diseño estructural | 172 |
| Anexo 5 Calculo Diseño Estructural | 172 |
| Anexo 5 Calculo accesorios | 172 |

GLOSARIO

PUENTE: Es aquella infraestructura del transporte, cuya finalidad es permitir la continuación de la circulación de peatones (en algunos casos también bicicletas) en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad, permitiendo pasar obstáculos, como ríos, quebradas, otras vías, carreteras, vías férreas, etc. (Artega Arredondo, 2017)

CONCRETO: Mezcla de arena, grava, roca triturada u otros agregados unidos en una masa por medio de una pasta de cemento y agua. (Brown J. M.)

CONCRETO REFORZADO: Combinación de concreto y acero en la que el refuerzo del acero proporciona la resistencia a la tensión de que carece el concreto. (Brown J. M.)

CARGA MAYORADA: Cargas nominales multiplicadas por el factor de carga apropiado especificado por la combinación de carga bajo consideración. (AIS, 2014)

ACERO ESTRUCTURAL: Se utiliza para las estructuras de construcciones civiles como puentes, casas, a los cuales se exige buena ductilidad, necesaria no sólo para absorber las puntas de tensión, sino también para poder efectuar fácilmente todas las elaboraciones que implican la deformación plástica del material (Brown J. M.)

CONCRETO PRESFORZADO: Se define como la imposición a una estructura de esfuerzos internos que son de carácter opuesto a los causados por las cargas de servicio o de trabajo. (Brown J. M.)

ESTADOS LIMITE DE SERVICIO: Estados límite que se relacionan con las tensiones, deformaciones, y fisuración bajo condiciones regulares de operación. (AIS, 2014)

SUPERESTRUCTURA: Conjunto de los tramos que salvan los vanos situados entre los soportes de un puente. (AIS, 2014)

FACTOR DE CARGA: Multiplicador de base estadística aplicado a efectos de fuerzas que considera fundamentalmente la variabilidad de las cargas, la falta de precisión en los análisis, y la probabilidad de la ocurrencia simultánea de diferentes cargas, pero que también se relaciona con aspectos estadísticos de la resistencia a través del proceso de calibración. (AIS, 2014)

FACTOR DE RESISTENCIA: Multiplicador de base estadística aplicado a la resistencia nominal que considera fundamentalmente la variabilidad de las propiedades de los materiales, las dimensiones estructurales y la calidad de la mano de obra, unido a la incertidumbre en la predicción de la resistencia, pero que también se relaciona con aspectos estadísticos de las cargas a través del proceso de calibración. (AIS, 2014)

DISEÑO: Dimensionamiento y detallado de los elementos y conexiones de un puente. (AIS, 2014)

ESTADO LÍMITE: Condición más allá de la cual el puente o componente deja de satisfacer los requisitos para los cuales fue diseñado. (AIS, 2014)

ESTADOS LIMITE DE RESISTENCIA: Estados límite que se relacionan con la resistencia y la estabilidad durante el ciclo de vida de diseño. (AIS, 2014)

RESISTENCIA MAYORADA: Resistencia nominal multiplicada por un factor de resistencia. (AIS, 2014)

RESISTENCIA NOMINAL: Resistencia de un componente o conexión a las sollicitaciones de las fuerzas, según lo indicado por las dimensiones especificadas en los documentos contractuales y por las tensiones admisibles, deformaciones o resistencias especificadas de los materiales. (AIS, 2014)

1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de grado, hace alusión a la propuesta de dos puentes peatonales, el cual se diseñarán en la Av. Ciudad de Cali entre las calles 9 - 16B, donde hay un gran índice de accidentabilidad, en el cual se mejorará la parte del flujo vial y a su vez su tasa de accidentes.

Como se mencionaba, el problema radica en el alto flujo vehicular de ese sector, a su vez no hay paso para el peatón de un extremo a otro ya que hay unas vallas divisorias las cuales no dejan realizar el paso. Lo más importante es la vida del peatón y son los más vulnerables ya que por el alto flujo de vehículos existe una gran posibilidad de que salgan afectados. Así mismo no se puede dejar a un lado la colisión vehicular causada por los peatones y generando más tráfico del que ya hay.

El proyecto está centrado en buscar una buena solución mediante el diseño de una estructura, que pueda reducir estas partes negativas mencionadas, claramente cumpliendo los estándares establecidos en la normatividad legal existente como la Norma Colombiana de Diseño de Puentes LRFD- CCP 14 y las especificaciones americanas AASHTO LRFD “Bridge Design Specifications”

“Un puente peatonal hace parte de la infraestructura vial que permite el cruce seguro de los peatones a través de vías donde las velocidades vehiculares no permiten un cruce seguro a nivel”. (SDP, 2021)

El proyecto de grado, lo que busca es lograr reducir la accidentabilidad y daño que le pueda ocasionar al peatón. A su vez realizar conexiones de un sector a otro ya que se encuentra una parte residencial y otra industrial. Esos puntos se van a localizar en dos lugares llamados **A** y **B**, el puente A se localizará sobre la Av. Cali en la Calle 16B y el puente B se localizará en la Calle 10D. Para esto se realiza una serie de cálculos y programación para poder generar seguridad al momento de diseñar las superestructuras y dar seguridad a la población que está en el área de estudio.

El proyecto estará dividido en 4 Etapas Principales: **Planteamiento del problema, recopilación de datos, análisis de datos y estudios y diseños**. Estos estudios tienen un fin y es brindar conocimiento para nosotros como estudiantes de Ingeniería Civil refiriéndose al diseño de las superestructuras.

2 GENERALIDADES

2.1 ANTECEDENTES

Como se sabe la seguridad vial es algo supremamente importante, ya que hay que tomar estrategias para poder mitigar esos índices de accidentabilidad y siniestros que se generan cada minuto en el mundo y también dando prioridad al peatón, garantizando seguridad confort así poder contribuir al crecimiento y desarrollo.

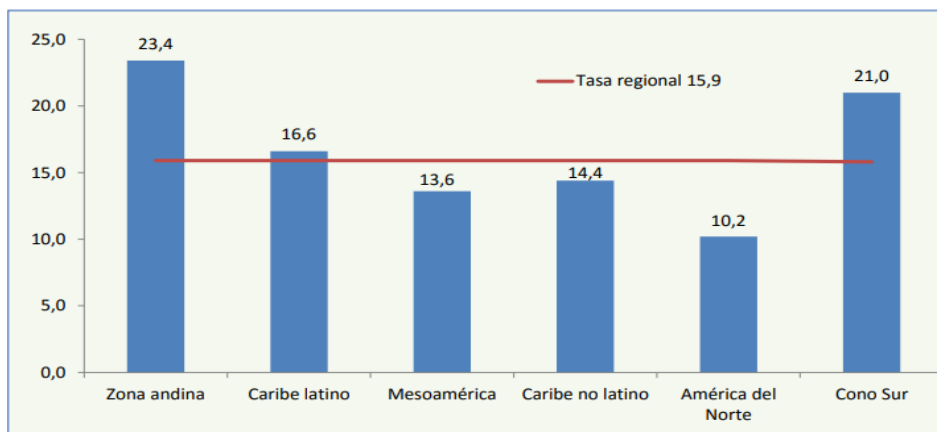
En estudios que se han realizado en la Región de las Américas por la OMS (Organización Mundial de la Salud) y OPS (Organización Panamericana de la Salud) evidencia que, los accidentes causados por el tránsito se cobran la vida de aproximadamente 154.089 personas al año y representa un 12% de las muertes ocasionadas por el tránsito a nivel mundial. También hace alusión a que los motociclistas son los más afectadas a nivel de América el cual representa un 20% de las muertes en esta Región y que va aumentando el 1.7% cada año. (Panamericana, La seguridad vial en la Región de las Américas, 2016)

Cuando se habla con respecto a los peatones los cuales son considerados usuarios vulnerables junto con los ciclistas y motociclistas en las vías de tránsito, representa un 45%, lo que destaca que hay que proteger estos usuarios de las vías de tránsito.

En todo el mundo los accidentes de tránsito cobran la vida de 1.2 millones de personas aproximadamente, cabe resaltar que este dato es anual y que en ese número de muertes la mayor parte de la población es joven que ronda entre los 15 y 29 años de edad.

“La tasa de mortalidad causada por el tránsito en la Región —15,9 por 100.000 habitantes — está por debajo de la tasa mundial de 17,4. Ahora bien, la tasa calculada de mortalidad causada por el tránsito varía de una subregión a otra; por ejemplo, en el Zona andina (tasa de 23,4 por 100.000 habitantes) se observa la tasa más elevada de muertes causadas por el tránsito en la Región, seguido del Cono Sur y del Caribe latino (21,1 y 16,6, respectivamente). América del Norte (10,2) tiene la tasa más baja de muertes por esta causa en la Región.” En la Gráfica 2.1 Tasa de mortalidad por accidentes de tránsito en América se logra evidenciar lo descrito anteriormente publicado por la organización Panamericana de la salud (PAHO). (Organization, 2019)

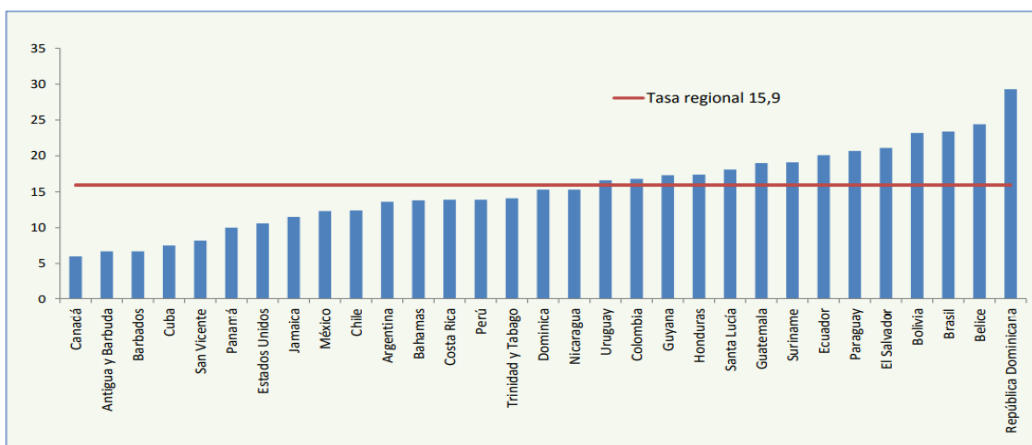
Gráfica 2.1 Tasa de mortalidad por accidentes de tránsito en América



Fuente: PAHO la seguridad vial en la región de las Américas

Para verlo un poco más detallado también se hace una comparación a nivel de países, donde muestra la tasa de mortalidad más baja y más alta de los países en la Región de las Américas que aparecen en la Gráfica 2.2 tasa de mortalidad por accidentes de tránsito por cada país de la región de América.

Gráfica 2.2 tasa de mortalidad por accidentes de tránsito por cada país de la región de América



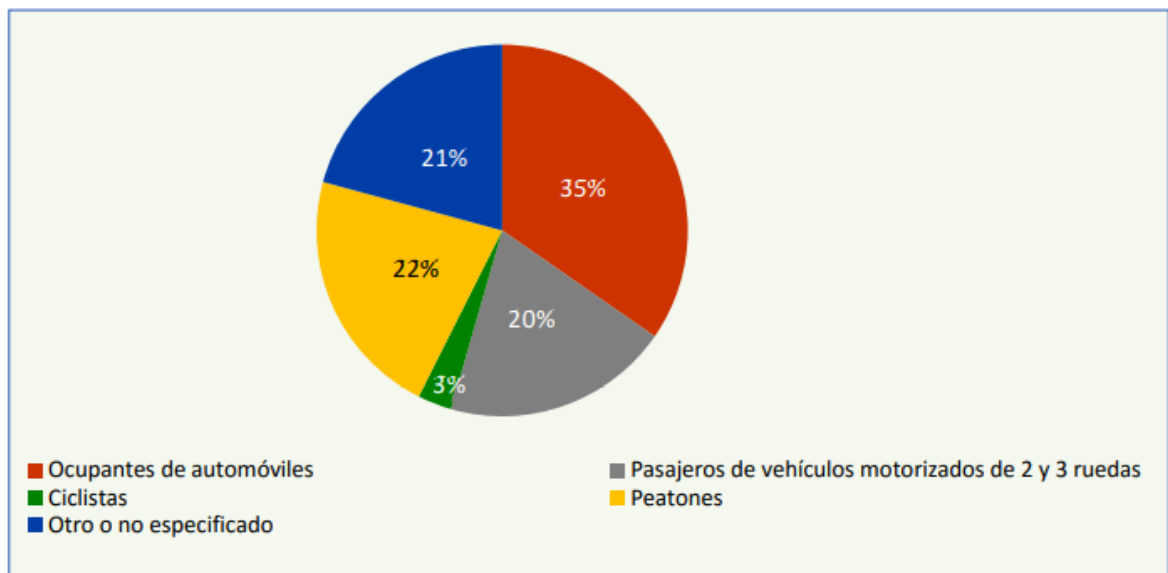
Fuente: PAHO la seguridad vial en la región de las Américas

Se puede observar que en Colombia está situada básicamente en la mitad de la gráfica, esta gráfica hace alusión a la tasa de mortalidad por 100.000 habitantes y que se encuentra por encima de la media de tasa regional la cual es 15.9.

Como se mencionaba anteriormente uno de los usuarios más vulnerables es el peatón, el cual como ya se sabe la probabilidad de sufrir un accidente grave es mucho mayor debido al flujo vehicular tan alto.

En evidencia de lo anterior La organización panamericana de la salud (PAHO) publico la Gráfica 2.3 Porcentaje de muertes a nivel Américas por tipo de usuario en la cual se evidencia el porcentaje de actores viales accidentados en el entorno vial.

Gráfica 2.3 Porcentaje de muertes a nivel Américas por tipo de usuario



Fuente: PAHO la seguridad vial en la región de las Américas

En la Gráfica 2.3 Porcentaje de muertes a nivel Américas por tipo de usuario muestra cómo se mencionaba anteriormente el porcentaje de muertes por tipo de usuario, en este caso el más alto con un 35% se encuentran los ocupantes de automóviles, seguido por los **peatones** con un 22%.

Un estudio que se realizó en la Universidad Nacional Autónoma de México hace referencia al número de peatones lesionados por accidentes viales y víctimas fatales en Latinoamérica, situando a Colombia en el segundo puesto con un índice bastante

alto como se puede observar en la Tabla 2.1 Peatones y Peatones fallecidos en América latina.

Tabla 2.1 Peatones y Peatones fallecidos en América latina.

| País | Peatones lesionados | Fuente | Víctimas fatales | Fuente |
|-----------|---------------------|---------------|------------------|---------------|
| Perú | 48 849 | Minsa, 2017 | 2 054 | Minsa, 2017 |
| Colombia | 38 420 | ANSV, 2017 | 6 476 | ANSV, 2018 |
| Argentina | 28 406 | FIA, 2016 | 7 274 | Indec, 2018 |
| México | 25 364 | Sinave, 2018 | 4 394 | INEGI, 2018 |
| Ecuador | 20 438 | ANT, 2018 | 1 950 | ANT, 2018 |
| Panamá | 11 877 | INEC, 2016 | 4 209 | INEC, 2017 |
| Chile | 10 853 | Conaset, 2017 | 1 483 | Conaset, 2017 |

* Últimos datos reportados correspondientes al 2015.

Fuente: Cfr. Minsa (2017); ANSV (2017); FIA (2016); Sinave (2018); ANT (2018); INEC (2016); Conaset (2017); Indec (2018), INEGI (2018).

Fuente: Seguridad vial y puentes anti peatonales en México y América latina

“Un estudio realizado en Cali, Colombia, demostró que el puente peatonal es el instrumento vial con menor frecuencia de uso (Echeverry, Mera, Villota y Zárate, 2005)” (Gutiérrez, 2019)

También se realiza un estudio con respecto a los puentes peatonales, el cual se considera un intervalo de 300 metros para la distancia en el cual un peatón recorrerá sin utilizar transporte público y se genera una posible hipótesis. (Gutiérrez, 2019)

Los puentes no son utilizados debido a muchas razones, las cuales son como la posibilidad de cruzar la vía sin utilizar el puente, existe inseguridad, falta de mantenimiento y/o falta de educación, cultura de los peatones en esos lugares.

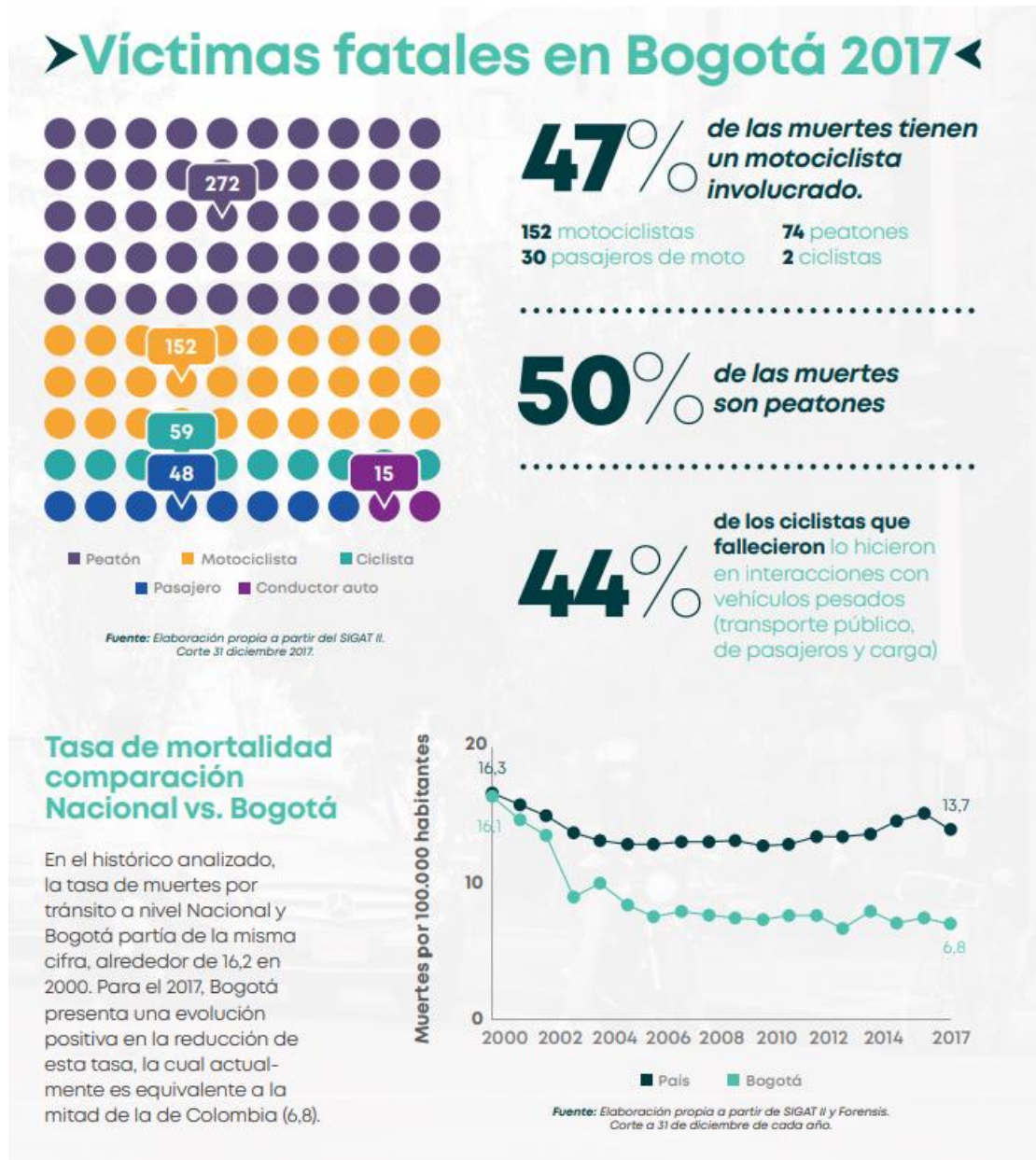
También el motivo de que no crucen los puentes es por su infraestructura, que no está bien pensado para un adulto mayor o alguna persona con discapacidad motriz o visual.

Dentro del rango que hay de peatones lesionados y víctimas fatales, en su gran mayoría son por no cruzar por el puente generando un número alto de víctimas e incrementando las estadísticas, por lo tanto, un puente peatonal es de gran importancia pues esto disminuye en gran medida un accidente fatal.

En el caso de Bogotá, en el observatorio de movilidad en Bogotá muestra las cifras que hay en siniestros viales. En la Figura 2.1 Víctimas fatales en accidentes de

tránsito en Bogotá. se puede observar las víctimas fatales en Bogotá en el año 2017 en porcentaje fueron del 50% para peatones, 47 % tienen un motociclista involucrado y el 44% son ciclistas. (Movilidad S. D., 2017)

Figura 2.1 Víctimas fatales en accidentes de tránsito en Bogotá.



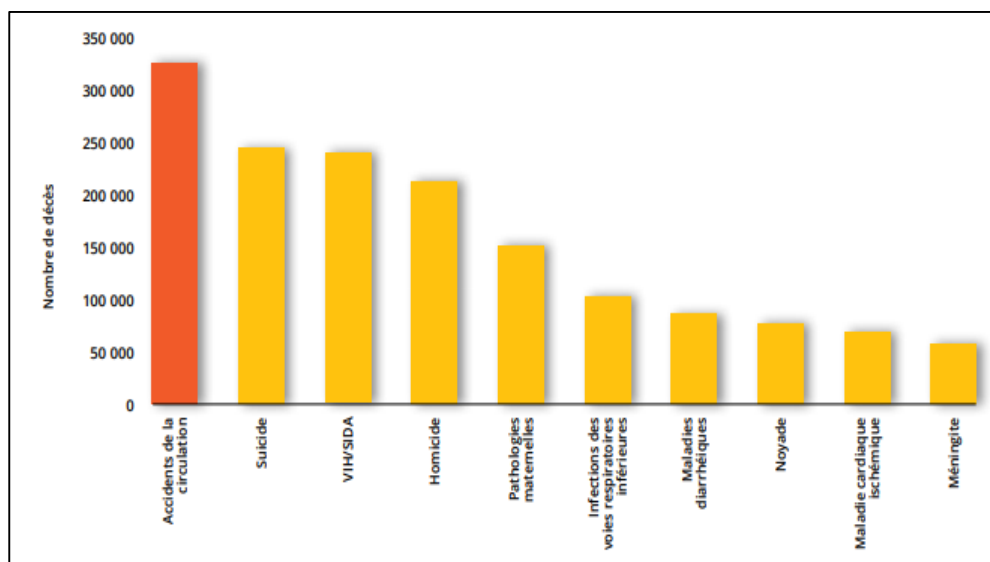
Fuente: observatorio de movilidad Bogotá 2015

2.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

“La seguridad vial se refiere a las medidas adoptadas para reducir el riesgo de lesiones y muerte por accidentes de tránsito. A través de la coordinación y colaboración intersectorial, los países de la Región de las Américas pueden trabajar para mejorar su legislación de seguridad vial y crear un entorno más seguro, accesible y sostenible para los sistemas de transporte, así como para todos los usuarios de las carreteras. La velocidad excesiva contribuye a aproximadamente un tercio de todas las muertes causadas por el tráfico en los países de ingresos altos y la mitad de ellas en los países de ingresos bajos y medianos.” (Panamericana, Acerca de la seguridad vial, 2019)

Según la Gráfica 2.4 Número De Muertes Vs Tipo De Muerte En El Mundo. Publicada por la organización mundial de la salud el 90% de las muertes por accidente de tránsito, ocurren en países de ingresos bajos y medianos, a su vez los traumatismos o lesiones causados por los accidentes de tránsito son la principal causa de las muertes entre personas de 15 a 29 años. También para resaltar es que la Región donde más casos de accidentabilidad hay es en América, donde el 11% de las muertes se generan en esta parte del mundo a nivel global. Cada año mueren 1.25 millones de personas a causa de accidentes de tráfico y millones más resultan heridas. (Santé, 2015)

Gráfica 2.4 Número De Muertes Vs Tipo De Muerte En El Mundo.



Fuente: Organización Mundial De La Santé- Francia 2015

En la Gráfica 2.4 Número De Muertes Vs Tipo De Muerte En El Mundo. hace alusión al número de decesos que hay vs el tipo de muerte en el mundo. Situando a los accidentes de tránsito como el más alto con un número de 325.000 personas muertas por accidentes de tránsito, seguido por suicidios con un número de muertes de 250.000.

2.2.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Figura 2.2 Localización del proyecto.



Fuente: Autores. Google Earth

La localización del estudio se puede observar en la Figura 2.2 Localización del proyecto. y comprende el corredor vial de la Avenida Ciudad de Cali (carrera 86) entre la calle 9 y calle 16B. El tramo mencionado presenta un aumento demográfico, debido a que en los últimos años se han construido diferentes edificaciones que atraen alta demanda poblacional, entre ellas tenemos unidades residenciales como lo son los Conjuntos Residenciales: Castellón de los condes, Reserva de san Agustín, Castilla La nueva, Canela Apartamentos entre otros; además en la zona se encuentran edificaciones institucionales educativas como lo son específicamente la universidad agustiniana, el colegio General Gustavo Rojas Pinilla, Liceo el Castillo y Colegio Agustiniiano Tagaste, de igual manera se tienen en la zona edificaciones

culturales como la casa vieja las palmas y de culto, como el centro misionero Bethesda y la iglesia el Bethel, adicionalmente en la zona se encuentran establecimientos comerciales de gran magnitud y demanda demográfica, como el Homecenter de Tintal, sala de ventas Castilla Imperial, centro de negocio Marval y el frigorífico san Martín, también hay otros establecimientos industriales y comerciales de menor tamaño pero que no suman importancia en cuanto a demanda demográfica del sector se trata.

Además de lo descrito anteriormente se sabe que el corredor vial de la Avenida Ciudad de Cali (carrera 86), cuenta con un alto flujo vehicular, en especial de transportes de carga; ya que esta vía se convierte en una de las arterias viales de abastecimiento de casi todas las actividades comerciales de la ciudad, debido a que es una vía que atraviesa la ciudad de sur a norte, casi en su totalidad, por tales razones en la zona de estudio se presenta una fuerte problemática de movilidad vehicular, ya que los peatones deben usar cruces y elementos de prevención primaria para atravesar el corredor vial, lo cual genera que entorpezca la movilidad de los usuarios y tipo vehículos de la zona.

2.2.2 Ubicación de elementos de señalización y prevención vial encontrados dentro de la zona de estudio donde se proyectará el puente peatonal

En el estudio de la zona se encontraron diversos elementos de prevención primaria, como lo son puentes peatonales y semáforos para cruces peatonales y vehiculares.

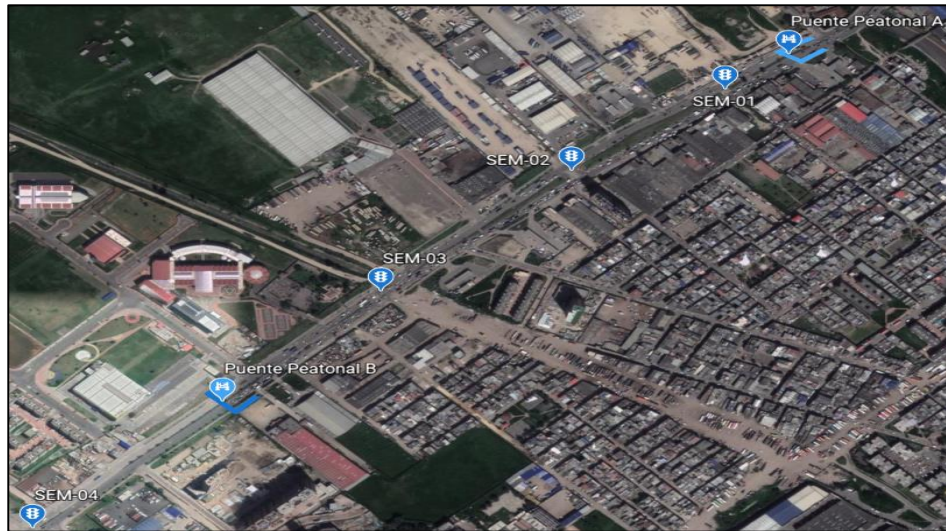
Para el presente estudio, se utilizó software de imágenes satelitales y herramientas con resultados aproximados, para determinar las distancias desde los elementos de protección primaria existentes hasta el lugar donde se proyecta la implementación de los puentes peatonales y se mencionan las distancias y los elementos en la Tabla 2.2. Ubicación De Elementos De Señalización Y Prevención Vial Encontrados Dentro De La Zona De Estudio.

Tabla 2.2. Ubicación De Elementos De Señalización Y Prevención Vial Encontrados Dentro De La Zona De Estudio.

| Distancias desde puentes obtenidas con Google Barth Pro | | | | |
|--|----------|-------------------|----------------------|---------------------------|
| Elemento | | Etiqueta | Ubicación | Distancia (metros) |
| PUENTE PEATONAL A | Semáforo | SEM-01 | Kra 86 con calle 15A | 110 |
| | Semáforo | SEM-02 | Kra 86 con calle 13C | 370 |
| | Semáforo | SEM-03 | Kra 86 con calle 12 | 720 |
| | Puente | Puente Peatonal B | Kra 86 con calle 11 | 1025 |
| | Semáforo | SEM-04 | Kra 86 con calle 9 | 1380 |
| PUENTE PEATONAL B | Semáforo | SEM-04 | Kra 86 con calle 9 | 357 |
| | Semáforo | SEM-03 | Kra 86 con calle 12 | 308 |
| | Semáforo | SEM-02 | Kra 86 con calle 13C | 650 |
| | Semáforo | SEM-01 | Kra 86 con calle 15A | 910 |
| | Puente | Puente Peatonal A | Kra 86 con calle 16A | 1025 |

Fuente: Autores

Figura 2.3 Ubicación De Elementos De Señalización Y Prevención Vial Dentro De La Zona De Estudio.



Fuente: Autores. Google Earth

En la Figura 2.3 Ubicación De Elementos De Señalización Y Prevención Vial Dentro De La Zona De Estudio. se observan los diferentes elementos de señalización, protección vial, peatonal y vehicular próximos a la ubicación de proyección de los puentes peatonales, es decir que, si se recorre de norte a sur desde la calle 16ªB la ubicación del Puente Peatonal **A**; siguiendo en dirección sur se tiene un semáforo a 110 metros de distancia, a la altura de la calle 15ª, el cual habilita el cruce peatonal denominado SEM-01, también se encuentra en la misma dirección otro semáforo a una distancia de 370 metros, en la calle 13C denominado SEM-02, el cual habilita el cruce peatonal y los retornos hacia el norte y hacia el sur sobre la misma la troncal, posteriormente siguiendo en dirección sur en la calle 12, se encuentra un semáforo denominado SEM-03 a una distancia de 720 metros al sur del puente peatonal **A**, que habilita el cruce peatonal y vehicular, más al sur se encuentra la ubicación del puente peatonal **B** a una distancia de 1025 metros y seguido de este en dirección sur otro semáforo denominado SEM-04, a una distancia 1380 metros entre las calles 9 y 10 que habilita el cruce vehicular y peatonal.

Adicionalmente se encuentra, que desde la calle 9 y hasta la calle 12 sobre el separador de la troncal Avenida Ciudad de Cali, existe una valla o barrera que impide totalmente el paso peatonal de la Avenida en este trayecto.

Se debe mencionar que los puentes peatonales más próximos se encuentran fuera del área de estudio; hacia el sur a una distancia de 1270 metros del puente peatonal **A** y hacia el norte el puente peatonal **B**, el otro puente más cercano se encuentra a 510 metros de distancia hacia el norte de la ubicación del puente peatonal **A**. Ambos sobre la misma troncal Avenida Ciudad de Cali.

2.2.3 Demanda de población peatonal en el área de estudio para el diseño del puente peatonal

Para el planteamiento de la demanda poblacional, se estima un área comprendida a 500 metros a cada lado de la troncal Avenida Ciudad de Cali a lo largo del tramo entre la calle 8 y la calle 15ª. Teniendo en cuenta lo anterior, el área de estudio está constituida por construcciones y establecimientos de diferentes usos como lo son: usos comerciales, industriales, residenciales, educativos, culturales y de culto.

También se tiene dentro del área de influencia del estudio infraestructura y dotación urbana, destinada para el sistema integrado de transporte SITP, teniendo de esta manera un ambiente y escenario muy favorable para la implementación de uno o varios puentes peatonales. En la Tabla 2.3 Tipos De Predios Encerrados Dentro Del Área De Influencia. Mostrada a continuación, se mencionan específicamente los usos de cada uno de los predios encerrados dentro del área de influencia del estudio, al igual que las nomenclaturas y direcciones de los mismos.

Tabla 2.3 Tipos De Predios Encerrados Dentro Del Área De Influencia.

| TIPO | NOMBRE | DIRECCIÓN |
|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| CONJUNTOS RESIDENCIALES | Castilla la nueva | Calle 10B # 81F-20 |
| | Reserva de San Agustín I | Calle 10B # 86-50 |
| | Reserva de San Agustín II | Calle 10B # 88A-17 |
| | Reserva de San Agustín III | Calle 11 # 88A-61 |
| | Alsacia Occidental | Calle 10 # 86-90 |
| | Alborada | Calle 13A # 83-25 |
| | Canela | |
| CENTRO COMERCIAL | Homecenter Tintal | Calle 10B # 86-50 |
| | Hiper centro de carnes | Av. Ciudad de Cali # 15A-91 |
| FABRICAS | Lubricantes el porvenir | Carrera 84 # 11A-13 |
| UNIVERSIDAD | Agustiniana | Av. Ciudad de Cali # 11B-95 |

| | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------|
| IGLESIAS | Parroquia San Agustín | Calle 88 # 11a-22 |
| | Agustiniana | Av. Ciudad de Cali # 11B-95 |
| | Millón de almas | Av. Ciudad de Cali # 12-75 |
| HOSPITAL | El Tintal | Calle 10 # 86-58 |
| COLEGIO | Agustiniano Tagaste | Carrera 88 # 11A-21 |

Fuente. Autores

Adicionalmente se presenta la Figura 2.4 Sectorización Y Predios Por Tipo Y Uso Adyacente En La Zona de estudio. la cual esquematiza y muestra de manera clara lo descrito anteriormente.

Figura 2.4 Sectorización Y Predios Por Tipo Y Uso Adyacente En La Zona de estudio.



Fuente. Autores

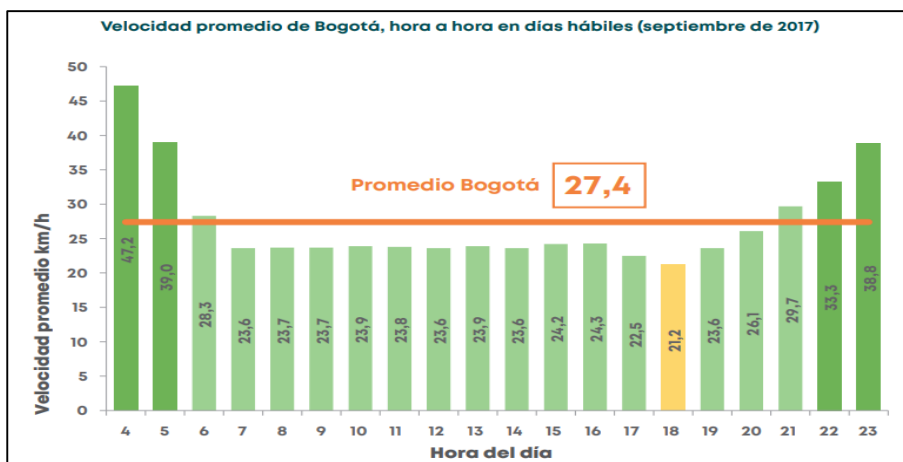
Esta Figura 2.4 Sectorización Y Predios Por Tipo Y Uso Adyacente En La Zona de estudio. muestra la sectorización que hay en la zona de estudio, donde se divide en distintos colores el tipo de uso.

- Color Naranja: Hace referencia a toda la parte industrial de la zona.
- Color Rojo: Se referencia con este color para mostrar en la zona la parte de educación, en donde está la Universidad.
- Color Verde: Hace alusión a toda la parte residencial de la zona
- Color Azul: Hospital el Tintal que se encuentra muy cerca de la zona residencial
- Color Amarillo: Hace parte de la iglesia “El millón de almas” y dentro de la parte educativa también hay otra iglesia que hacer parte de la Universidad Agustiniana.

2.2.4 Descripción de la movilidad del flujo vehicular en la zona de estudio

Con base a la Gráfica 2.5 Hora del Día VS Velocidad Promedio. Para la movilidad de Bogotá, un estudio en el año 2017 por el observatorio de movilidad, dice que la velocidad promedio en las principales vías de la ciudad es de 27,4 Km/h para un día hábil en Bogotá y que entre las 6 y 7 p.m. se registra la menor velocidad en un día hábil con 21 Km/h. (Movilidad S. D., 2017)

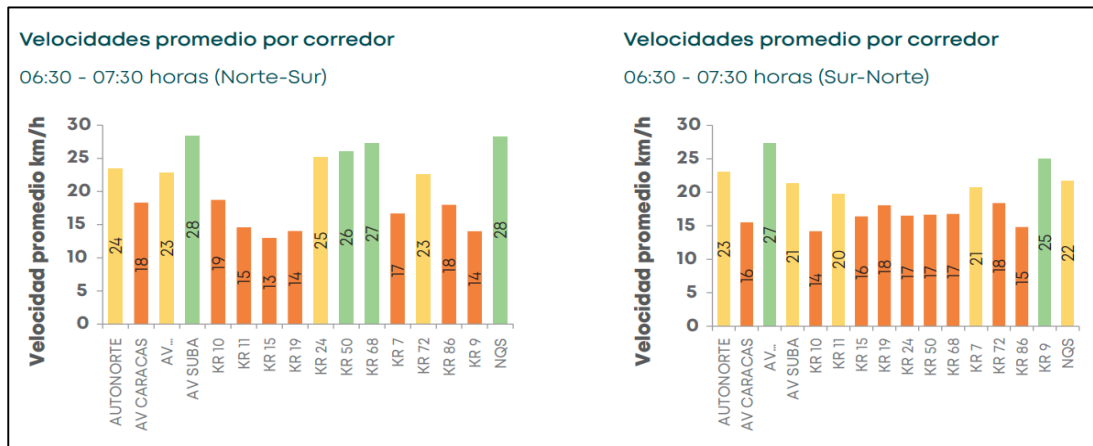
Gráfica 2.5 Hora del Día VS Velocidad Promedio.



Fuente: Observatorio de movilidad Bogotá 2017

En el sector del área de estudio no se presenta una velocidad mayor a los 20 km/h, como se observa en la Gráfica 2.6 Velocidad Promedio Entre 06:30 – 07:30. para el caso de la Avenida Ciudad de Cali (Cra.86) en las horas de alta fluencia, se observa que en sentido Norte Sur en las horas de 6:30 y 7:30 a.m. es de 18 km/h y en el sentido Sur Norte es de 15 km/h, lo cual genera un congestionamiento vial y un mayor tiempo de viaje.

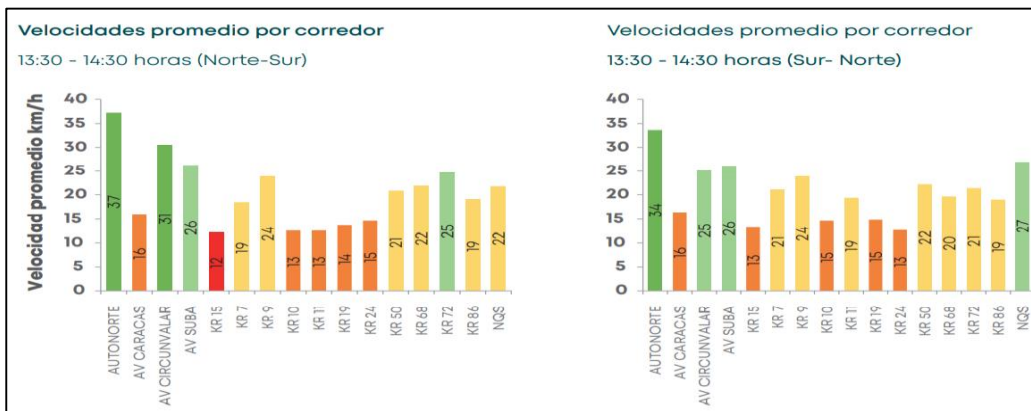
Gráfica 2.6 Velocidad Promedio Entre 06:30 – 07:30.



Fuente: Observatorio de movilidad Bogotá 2017

Para la hora del mediodía, horas entre 13:30 y 14:30 en ambos sentidos se obtiene la Gráfica 2.7 Velocidad Promedio Entre 13:30 – 14:30.

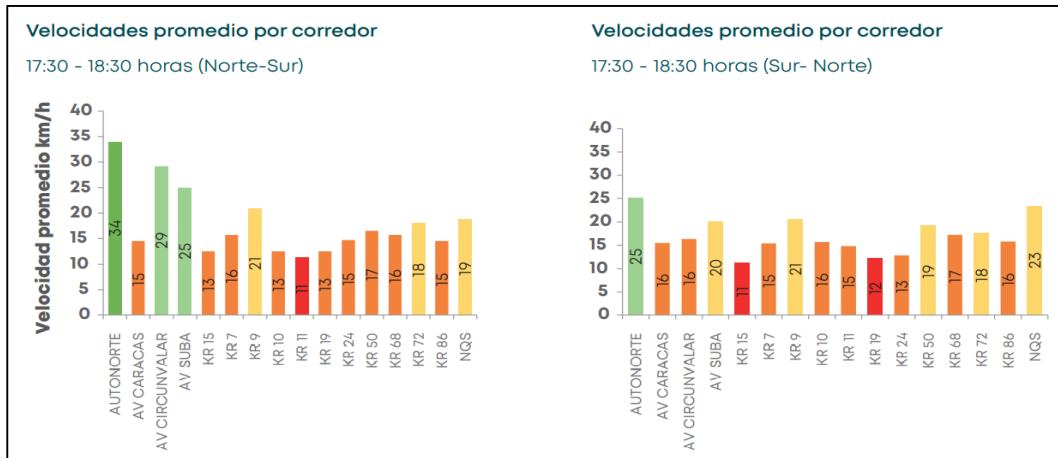
Gráfica 2.7 Velocidad Promedio Entre 13:30 – 14:30.



Fuente: Observatorio de movilidad Bogotá 2017

Para la hora pico, hora de alta movilidad, es decir hora entre 17:30 y 18:30 en ambos sentidos, la velocidad bajará un poco más, la cual se tendrá una velocidad en promedio de 15 y 16 (Km/h) tan y como se muestra en la Gráfica 2.8 Velocidad Promedio Entre 17:30 – 18:30. (Movilidad S. D., 2017)

Gráfica 2.8 Velocidad Promedio Entre 17:30 – 18:30.



Fuente: Observatorio de movilidad Bogotá 2017

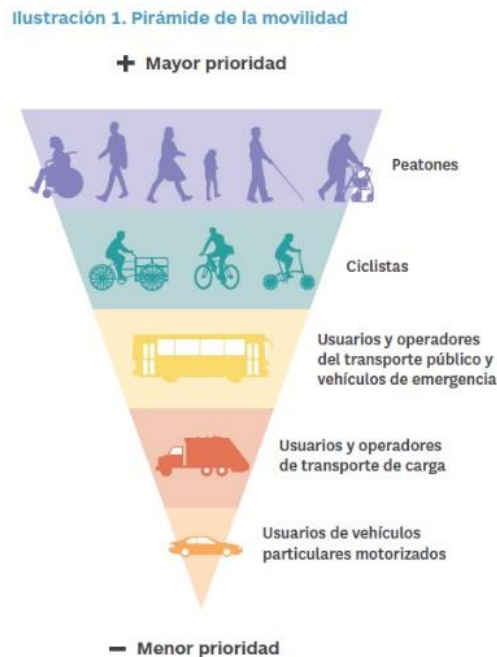
2.3 JUSTIFICACIÓN

Se definen los peatones como todo usuario que se moviliza o transita caminando o a pie por el espacio público; dados los diseños aplicados a la movilidad los peatones son los usuarios que tienen la prioridad sobre los demás, ya que los objetivos de dichos diseños de movilidad están encaminados a facilitar y amenizar la vida y el hecho de transitar del peatón. Teniendo en cuenta lo anterior se tiene que todo entorno construido debe tener en cuenta la obligación de que dicho entorno debe ser utilizado por el mayor número de peatones posibles, generando así un beneficio para usuarios peatonales de todas las edades y condiciones.

Según la organización de las naciones unidas Habitat mencionan en el manual de diseños viales para ciudades mexicanas jerarquizan, la movilidad en el espacio público priorizando a los peatones, pero antes de los mismos les da prioridad a usuarios con distintas discapacidades y con movilidad reducida.

En la Figura 2.5 Pirámide de jerarquización de movilidad según tipo usuarios. se muestra como la organización de las naciones unidas da prioridad a las personas discapacitadas y con movilidad reducida luego a los peatones, ciclistas vehículos de servicio público, vehículos de transporte y abastecimiento, y por último vehículos de uso privado o particular. (ONU, s.f.)

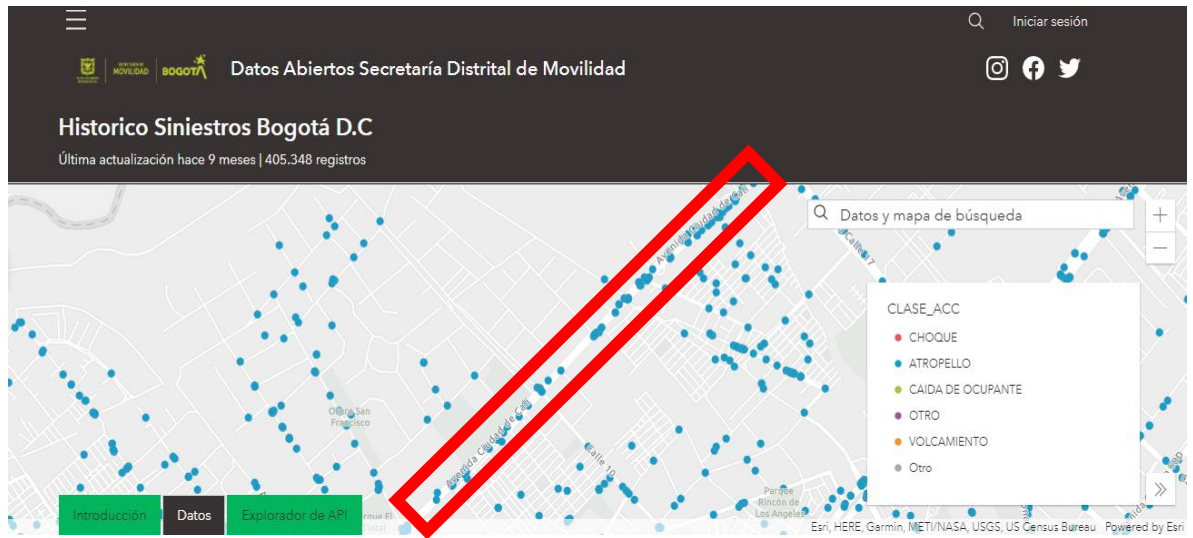
Figura 2.5 Pirámide de jerarquización de movilidad según tipo usuarios.



Fuente: Manual de Calles: Diseño vial para ciudades mexicanas

Al verificar el histórico de siniestralidad y accidentalidad desde el año 2015 hasta el año 2019 se lograron identificar dentro de la zona de estudio, los altos índices de accidentalidad con peatones en la Figura 2.6 Histórico de siniestros en el periodo comprendido entre el 2015 hasta el 2019 se muestran los accidentes tipo atropello en la zona y se especifican de manera gráfica los accidentes tomados como referentes en la zona de estudio.

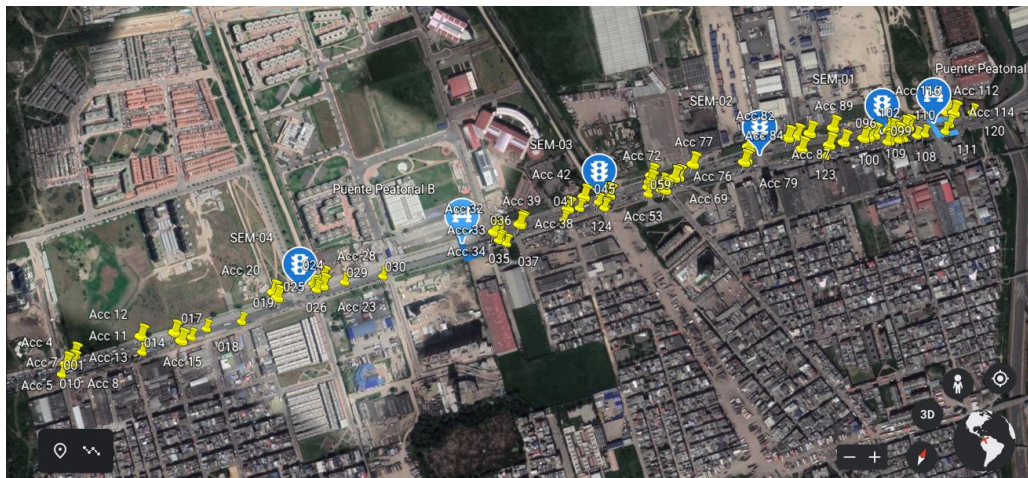
Figura 2.6 Histórico de siniestros en el periodo comprendido entre el 2015 hasta el 2019



Fuente: Histórico siniestros Bogotá – secretaria de movilidad

Se realizó el filtro de los accidentes específicamente sobre la troncal Avenida Ciudad de Cali en sentido norte-sur y en sentido Sur Norte entre la calle 10 y la calle 15A, obteniendo así un total de 125 accidentes de tránsito reportados de tipo atropello y se muestran a continuación en la Figura 2.7 histórico de accidentes de tránsito con peatones 2015 -2019 filtrado para la zona de estudio. (Movilidad S. D., Datos abiertos geográficos de la secretaria Distrital de movilidad, 2020)

Figura 2.7 histórico de accidentes de tránsito con peatones 2015 -2019 filtrado para la zona de estudio



Fuente: Autores Google Earth

Teniendo en cuenta la información de accidentalidad en la zona de estudio presentada en la Figura 2.7 histórico de accidentes de tránsito con peatones 2015 - 2019 filtrado para la zona de estudio se revisó el inventario de puentes peatonales en la zona de estudio como se muestra en la Figura 2.8 Inventario de puentes peatonales cerca de la zona de estudio. a continuación. Encontrando que dentro de la zona de estudio no se cuenta con puentes peatonales. (IDU, 2021)

Figura 2.8 Inventario de puentes peatonales cerca de la zona de estudio.



Fuente: Inventario de puentes existentes. -SIG-IDU

2.4 PREGUNTA DE INVESTIGACION

Teniendo en cuenta la problemática, el escenario y ambiente descrito anteriormente se realiza la siguiente pregunta.

¿Cuál es la mejor solución que se puede implementar en el corredor vial de carrera 86 (Avenida ciudad de Cali) con el fin de disminuir drásticamente los índices de accidentalidad con peatones y a su vez contribuir con la mejora del tránsito vehicular sobre este corredor vial?

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño urbanístico, geométrico y estructural de dos puentes peatonales sobre el corredor vial de la Carrera 86 (Avenida Ciudad de Cali) entre la calle 10B y la calle 11A y otro ubicado en la calle 16B.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar cuál es la ubicación óptima para la implementación de dos puentes peatonales sobre la carrera 86 y caracterizar la zona seleccionada mediante estudios topográficos.
- Especificar y verificar las condiciones del área de estudio mediante la recopilación revisión y procesamiento de datos brindados por fuentes secundarias, como estudios de movilidad, aforos de tránsito caracterizaciones geotecnicas y estimaciones demográficas entre otros.
- Generar la proyección urbanística arquitectónica y geométrica de los puentes peatonales.
- Realizar el diseño estructural óptimo de los puentes peatonales según las especificaciones e indicaciones de la norma colombiana de diseño de puentes CCP-14.

4 MARCO REFERENCIAL

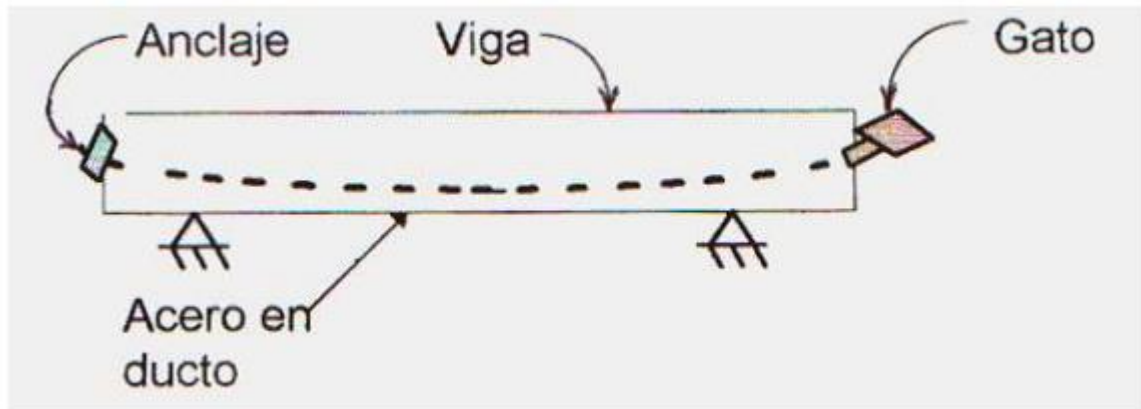
A continuación, se relaciona la información teórica técnica y normativa necesaria para comenzar la etapa de diseño de los puentes en la zona de estudio sobre la Av. Cali y de esta manera dar cumplimiento a los objetivos establecidos.

4.1 MARCO TEORICO

“El presfuerzo o postensado se define como un estado especial de esfuerzos y deformaciones que es inducido para mejorar el comportamiento estructural de un elemento. Por medio del presfuerzo se aumenta la capacidad de carga y se disminuye la sección del elemento. Se inducen fuerzas opuestas a las que producen las cargas de trabajo mediante cable de acero de alta resistencia al ser tensado contra sus anclas. La aplicación de estas fuerzas se realiza después del fraguado, utilizando cables de acero enductados para evitar su adherencia con el concreto. Contrario al pretensado el postensado es un método de presforzado en el cual el tendón que va dentro de unos conductos es tensado después de que el concreto ha fraguado. Así el presfuerzo es casi siempre ejecutado externamente contra el concreto endurecido, y los tendones se anclan contra el concreto inmediatamente después del presforzado”. (Meza)

Generalmente se colocan en los moldes de la viga conductos huecos que contienen a los tendones no esforzados, y que siguen el perfil deseado, antes de vaciar el concreto. Cuando se hace el presforzado por postensado, generalmente se colocan en los moldes de las vigas ductos huecos que contienen a los tendones no esforzados, y que siguen el perfil deseado, antes de vaciar el concreto. Los tendones pueden ser alambres paralelos atados en haces, cables torcidos en torones, o varillas de acero. El ducto se amarra con alambres al refuerzo auxiliar de la viga (estribos sin reforzar) para prevenir su desplazamiento accidental, y luego se vacía el concreto. Cuando este ha adquirido suficiente resistencia, se usa la viga de concreto misma para proporcionar la reacción para el gato de esforzado. En la Figura 4.1 Esquema general de Viga preesforzada.

Figura 4.1 Esquema general de Viga preesforzada.



Fuente: Aspectos fundamentales del concreto preesforzado – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

La tensión se evalúa midiendo tanto la presión del gato como la elongación del acero, los tendones se tensan normalmente todos a la vez o bien utilizando el gato monotoron. Normalmente se rellenan de mortero los ductos de los tendones después de que estos han sido reforzados. Se forza el mortero al interior del ducto en uno de los extremos, a alta presión, y se continua el bombeo hasta que la pasta aparece en el otro extremo del tubo. Cuando se endurece, la pasta une al tendón con la pared interior del ducto. (Meza)

Ventajas

- -Eficiencia en la utilización del concreto.
- -Reducción de secciones hasta un 30%.
- -Reducción de acero de refuerzo a cantidades mínimas.
- -Aligeramiento de la estructura.
- -Menor peso de estructura.
- -Menos peso de cimientos.
- -Disminuye los efectos de sismo.
- -Dimensionar las fuerzas reactivas del presfuerzo con gran precisión.
- -Controlar deflexiones de los elementos estructurales dentro de límites aceptables.

4.2 TIPOS DE CONCRETO UTILIZADOS PARA CONCRETO POSTENSADO

El concreto utilizado en los elementos postensados debe cumplir con la resistencia requerida para que en las diferentes etapas de carga no se sobrepasen los esfuerzos admisibles, tanto de tensión como de compresión. Una ventaja del postensado sobre el pretensado es que el concreto puede ganar resistencia fuera del molde, por lo que no es necesario obtener altas resistencias iniciales para optimizar la producción. El concreto que se usa para prees forzarse por tener mayor calidad y resistencia con respecto al utilizado en construcciones ordinarias. Los valores comunes de f' oscilan entre 350 y 500 kg/cm², siendo el valor estándar 350 kg/cm². Se requiere esta resistencia para poder hacer la transferencia del presfuerzo cuando el concreto haya alcanzado una resistencia de 280 kg/cm². (Meza)

4.3 TIPOS DE ACERO UTILIZADOS PARA CONCRETO POSTENSADO

Los cables de postension consisten usualmente de conjuntos de torones de acero de alta resistencia. Esta es una característica importante pues el uso de aceros de resistencias de fluencia menores lleva a altos porcentajes de pérdida de fuerza.

Los alambres individuales se fabrican laminando en calientes lingotes de acero hasta obtener alambres redondos que, después del enfriamiento, pasan a través de troqueles para reducir su diámetro hasta su tamaño requerido. El proceso de estirado, se ejecuta en frío lo que modifica notablemente sus propiedades mecánicas e incrementa su resistencia.

Posteriormente se les libera de esfuerzos residuales mediante un tratamiento continuo de calentamiento hasta obtener las propiedades mecánicas prescritas. Los alambres se fabrican en diámetros de 3, 4, 5, 6, 7, 9.4 y 10 mm y las resistencias varían desde 16000 hasta 19000 kg/cm². Los alambres de 5, 6 y 7 mm pueden tener acabado liso, dentado y tridentado. (Meza)

4.4 DUCTOS

Los ductos en los cuales se enhebran los cables pueden ser de diversos materiales. La Asociación Americana de Carreteras del Estado y Funcionarios de Transporte (AASHTO por sus siglas en inglés) tienen requerimientos básicos para ductos de algunos materiales, como los metálicos y los plásticos. En Productos de Concreto S.A. se utilizan ductos de fleje metálico en diversos diámetros según así lo requiera el cable a enhebrar. (Meza)

4.5 LECHADA DE INYECCIÓN

Esta se utiliza para completar los ductos una vez que ha concluido la operación de tensado. La lechada debe ser lo suficientemente fluida como para garantizar el correcto llenado de toda la longitud del ducto.

Normalmente la lechada se compone de cemento más agua y se suele incluir un plastificante retardante, sin embargo, si el ducto es muy grande puede emplearse un material de relleno como arena fina. (Meza)

4.6 ANCLAJES

Los anclajes tienen la función de transmitir la fuerza de tensado de los cables a la superficie de concreto endurecido. Estos pueden ser de dos tipos, anclajes muertos o fijos y anclajes vivos o activos. Los anclajes muertos son aquellos que quedan embebidos en la pieza de concreto y no permiten la operación de tensado a través de ellos.

Trabajan por adherencia y tiene la ventaja que suelen ser más económicos. Los anclajes vivos si permiten la labor de tensado y normalmente consisten en una placa o bloque de acero que reacciona contra el concreto. (Meza)

4.7 GENERALIDADES

Los puentes son estructuras bastante atractivas en el campo de la Ingeniería Civil, ya que generan proyecciones estéticas de la sociedad. Primeramente, nace la necesidad de establecer diversas definiciones, conceptos y términos apropiados relacionados con las diferentes estructuras que deben ser empleadas mediante el diseño y construcción de puentes.

Un puente no puede diseñarse sin tener un previo conocimiento apropiado de los conceptos generales desde la etapa de del diseño y del análisis estructural. El concepto de un puente, requiere del diseñador un conocimiento general de otros aspectos, como los conceptos ambientales, estéticos, planificación urbana e integración del paisaje. Por lo cual los diseñadores a menudo tienen que discutir problemas específicos para un concepto de diseño de puentes y de una manera interdisciplinaria con expertos y especialistas de otras áreas de la ingeniería, así como de aspectos de campos más estrechamente relacionados como la ingeniería de carreteras o ferrocarriles. (Olivera)

La evaluación, diseño y construcción de un puente debe satisfacer como mínimo las siguientes condiciones básicas: Resistencia y estabilidad frente a las diferentes cargas y servicios a los que será sometido durante su construcción y uso, deformabilidad admisible dada por los esfuerzos generados por el flujo vehicular o peatonal que circulará por la estructura, y por último la durabilidad, o vida útil acorde con la prevista en el proyecto. (Somenson, 2015)

4.7.1 Ingeniería de tránsito y transporte

El estudio de tránsito se debe realizar con la finalidad de obtener datos específicos y claros sobre la cantidad de usuarios viales que transcurren por la zona de estudio, donde será proyectada la estructura de un puente obteniendo así volúmenes de usuarios, comportamiento de los usuarios y tipo de usuarios. Este estudio se debe realizar basándose en los siguientes ítems.

- Conteos vehiculares en la vía.
- Conteo de transeúntes.
- Análisis de series históricas.
- Proyecciones de crecimiento económico.

-
- Analogías con vías de condiciones similares.
 - Estudios de origen - destino y de capacidad vial.

4.7.2 Estudio topográfico

Por medio de la elaboración de levantamientos y estudios topográficos realizados en campo, los estudios y las obras viales quedarán referidas de una manera planimétrica, y georreferenciados a un sistema local o general de coordenadas ya sea para obras de gran magnitud, medianas o pequeñas, el levantamiento también puede quedar relacionado a un punto específico. Para la realización del estudio topográfico se requerirán entre otros los siguientes trabajos en campo.

- Levantamiento preliminar
- Levantamiento para el proyecto
- Levantamiento para el control de situación
- Replanteo (Ramirez, 2014)

4.7.3 Diseño arquitectónico

A través del diseño arquitectónico y urbanístico, se pretende dar estética y adecuarse al entorno o hasta llegar a mejorarlo, mediante la implementación de su geometría y del trazado, generando espacios que mejoran la calidad de vida de los transeúntes, aparte de cumplir con su objetivo el de dar seguridad, también supone un reto arquitectónico y urbanístico, convirtiéndose así en el uno de los insumos necesarios para el diseño de diseño.

4.7.4 Diseño Estructural

Consiste en la aplicación como tal de la ingeniería estructural mediante cálculos para el dimensionamiento y correcto servicio de los elementos y sistemas estructurales, para que las estructuras soporten la cargas para las cuales se está diseñando la estructura, entre las más importantes y comúnmente encontradas se tienen la carga muerta, carga viva, carga por evento sísmico, carga por empuje de tierras y en algunos casos cargas por empuje hidráulico si nuestro puente pretende rebasar un obstáculo de tipo afluente.

4.7.5 Puentes de concreto reforzado

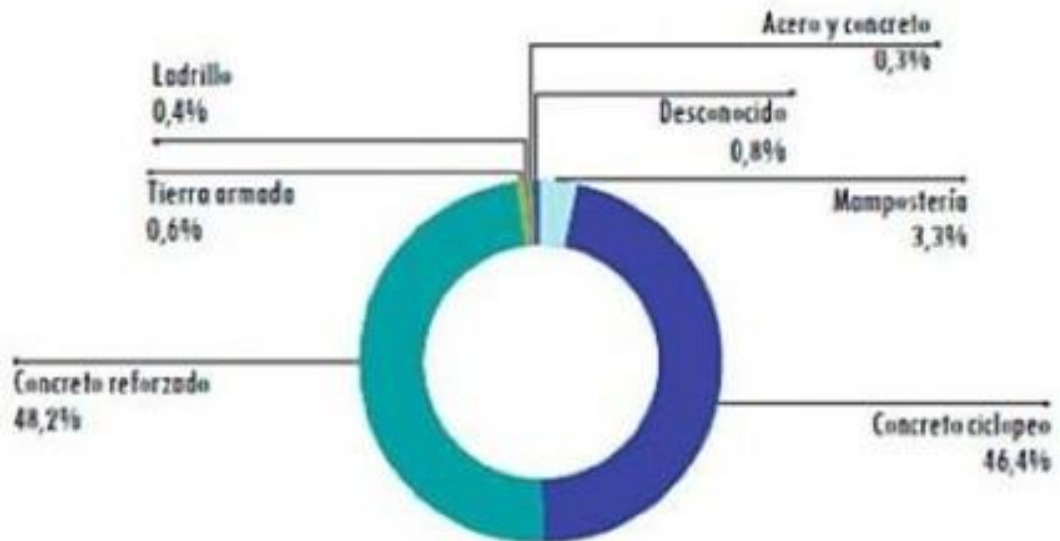
El concreto tiene una alta resistencia a la compresión y una muy baja resistencia a la tensión. El concreto reforzado es una combinación de concreto y acero en la que el refuerzo de acero proporciona la resistencia a la tensión de la cual carece el concreto. (Brown J. M.)

Teniendo en cuenta lo anterior, el concreto reforzado es una de las mejores opciones a elegir como material de construcción, debido a que con él se tienen ventajas sobre otros materiales como pueden ser: la rigidez, alta vida útil, resistencia a las acciones del fuego y de la intemperie y por último su bajo costo por mantenimiento.

Por las anteriores características, el concreto reforzado es consolidado como el material más utilizado en el país y esto se puede demostrar en base a los datos del sistema de puentes de Colombia (Sipucol), donde el 63% de las superestructuras de los puentes de la red vial nacional son en concreto reforzado, el 24% son en concreto preesforzado. Los demás materiales utilizados en la superestructura son: el acero y ladrillo. Para la construcción de los estribos por el contrario se registra, el 48% y 46% contruidos en concreto reforzado y concreto ciclópeo. (Diaz, 2012)

En referencia a la Figura 4.2.Relación de materiales más utilizados en la construcción de puentes., el concreto es el material principal cuando de construir un puente se trata, por su característica como resistencia a la compresión, permiten soportar grandes cargas y aunque tiene poca resistencia a la tracción, mediante el uso combinado de concreto y acero su respuesta ante estas es la ideal.

Figura 4.2. Relación de materiales más utilizados en la construcción de puentes.



Fuente: Ingeniería de puentes Reseña Histórica Pontificia Universidad

Javeriana

La distribución de la relación de materiales que más se utiliza en la construcción de puentes se da de la siguiente manera:

- Ladrillo = 0.4%
- Tierra Armada = 0.6%
- Concreto Reforzado = 48.2%
- Acero y Concreto = 0.3%
- Mampostería = 3.3%
- Concreto Ciclópeo = 46.4%
- Desconocido = 0.8%

4.8 MARCO LEGAL

La responsabilidad real en diseño y construcción se divide entre propietario, gerente de proyecto, diseñador, contratista, pero la distribución exacta depende del sistema legal del país. Evidentemente, el sistema será más eficiente y moralmente aceptable cuando las responsabilidades legales coincidan con la competencia y la iniciativa.

En los sistemas tradicionales, los contratistas solo son responsables de la ejecución y normalmente los diseñadores tienen todas las responsabilidades de gestión y diseño de proyectos, por lo general la responsabilidad principal se da más a los contratistas que a los diseñadores, debido a los costos relativos de diseño y construcción. (Wilson, 2000)

En la actualidad las entidades gubernamentales nacionales han dispuesto la responsabilidad de la ejecución de obras civiles estatales a cuatro entes que intervienen para la proyección y ejecución de obras civiles, como lo son los diseñadores, los interventores de diseño, los contratistas de ejecución y los interventores de ejecución.

Sin embargo, el gobierno nacional ha dispuesto una normatividad para la regulación en los parámetros de diseño y las condiciones de los puentes, tanto vehiculares como peatonales, en la cual se dispone de verificaciones para garantizar el buen funcionamiento de la estructura y confort de los usuarios teniendo en cuenta los requisitos mínimos de cumplimiento.

- Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD - CCP 14.

Teniendo como base el diseño con factores de carga y de resistencia LRFD (Load Resistant Factor Design) que especifica el fundamento en el uso confiable de los métodos estadísticos mediante procedimientos fácilmente utilizables por los diseñadores de puentes. Es así como también tenemos base en la normatividad AASTHO, la cual es norma principal para el diseño de puentes.

- AASTHO LRFD Bridge Design Specifications 6ª edición (2012)
- AASTHO LRFD Bridge Design Specifications 7ª edición (2014)

4.9 MARCO CONCEPTUAL

4.9.1 Definiciones

Un puente se define como una construcción que está hecha para trasladar o transportar vehículos, trenes, peatones y/o ciclo vías, para pasar a través de un obstáculo como ríos, valles, canales marítimos y otras construcciones, como puentes, y carreteras.

La construcción que sostiene a los distintos flujos debe satisfacer como mínimo las siguientes condiciones básicas: resistencia y estabilidad frente a las acciones que está sometida, deformabilidad compatible con las características del flujo que corre sobre ella y durabilidad es decir asegurar una vida útil acorde con la prevista en el proyecto. (AIS, 2014)

4.9.2 Clasificación

Las estructuras se pueden clasificar por su finalidad y objeto como:

- Puentes vehiculares
- Puentes ferroviarios.
- Acueductos.
- Puentes peatonales.
- Puentes provisionales. (Otero)

Dependiendo del tipo de material, por el cual se encuentra constituido se puede clasificar en:

- Piedra o mampostería
- Madera
- Metálico
- Concreto reforzado
- Concreto preesforzado (Paraguay, 2011)

De acuerdo con el sistema estructural se puede clasificar en:

- Losa maciza: Para pontones, puente pequeños y luces de hasta 8 metros
- Vigas: Sistema viga y tablero, soportan luces de hasta 25 metros.
- Cerchas: Soportan luces de hasta 60 metros mediante apoyos, diagonales y nodos
- Atirantados: Soportan luces de hasta 120 metros.
- Colgantes: Soportan luces de hasta 120 metros.

4.9.3 Elementos del puente

Los elementos del puente, se conforman en dos partes las cuales son: Superestructura y Subestructura y/o infraestructura

- Superestructura: es la parte de un puente que esta soportado por el tablero que soporta directamente las cargas vivas, armadura, cables, arcos que transmiten las cargas a los apoyos, es decir que el tablero transporta directamente el tráfico, mientras que otras partes de la superestructura soportan las cargas que pasan sobre ella y las transmiten a las subestructuras. (Lin T. Y., 2017)
- Subestructura y/o infraestructura: es la parte de que queda por debajo los apoyos y se encuentra conformada por pilas, pilares, estribos que soportan directamente la superestructura. Incluyendo las cimentaciones, estas son los encargados de transmitir los esfuerzos al terreno.

4.9.4 Normal Colombiana de Diseño de Puentes LRFD- CC P14

En la norma Colombiana de Diseño de Puentes se estipulan únicamente los requisitos mínimos para el diseño de puentes vehiculares y **peatonales**, donde se garantiza la seguridad pública mediante redundancia y ductilidad y de protección de contra la socavación y las colisiones.

Los estados límite que se especifican en la norma son garantías para el diseño de los puentes, puesto que, con estos se determina, si es construible, seguro y el servicio, articulado con la facilidad de inspección, economía y estética.

5 METODOLOGÍA

5.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DEL CORREDOR VIAL DE LA AV. CIUDAD DE CALI.

La recopilación de datos de referencia que aportan de manera positiva, ya que guardan cierta similitud en algunos aspectos como el tipo de suelo a encontrar en el área de estudio, posible material de construcción, sistema de modelado del puente peatonal.

5.2 ANALISIS DE DATOS RECOPIADOS

El análisis de los datos recopilados, posibilita una mejor toma de decisión, puesto que, en proyectos ya ejecutados se pueden distinguir las soluciones brindadas, ya sea por problemas como la elección del material adecuado hasta los accesorios como barandas, electrométricos, juntas del puente, y pre dimensionamiento no factibles para las personas con movilidad reducida.

5.3 DEFINICION DEL DISEÑO ARQUITECTONICO Y URBANISTICO DE LOS PUENTES

Se desarrolla el diseño geométrico, arquitectónico y urbanístico de los puentes peatonales, en la zona a intervenir.

5.4 SOFTWARE DE DISEÑO Y MODELO MATEMATICO

El análisis del puente peatonal se va a realizar el programa SAP – 2000. En el caso de Microsoft Excel, donde se determina las dimensiones del puente y a su vez se realiza análisis del comportamiento de esfuerzos y deformaciones de los elementos estructurales y las respectivas verificaciones de cumplimiento para cada elemento que se compone el puente.

5.5 PLANOS CONSTRUCTIVOS

Para la creación de los planos se utilizará el software de diseño de AutoCAD Autodesk, que de igual manera servirá para la obtención de los planos de despieces, cuantías de hierro, con la finalidad de generar la fabricación de las diferentes piezas y enseñar las dimensiones finales de la estructura a ejecutar.

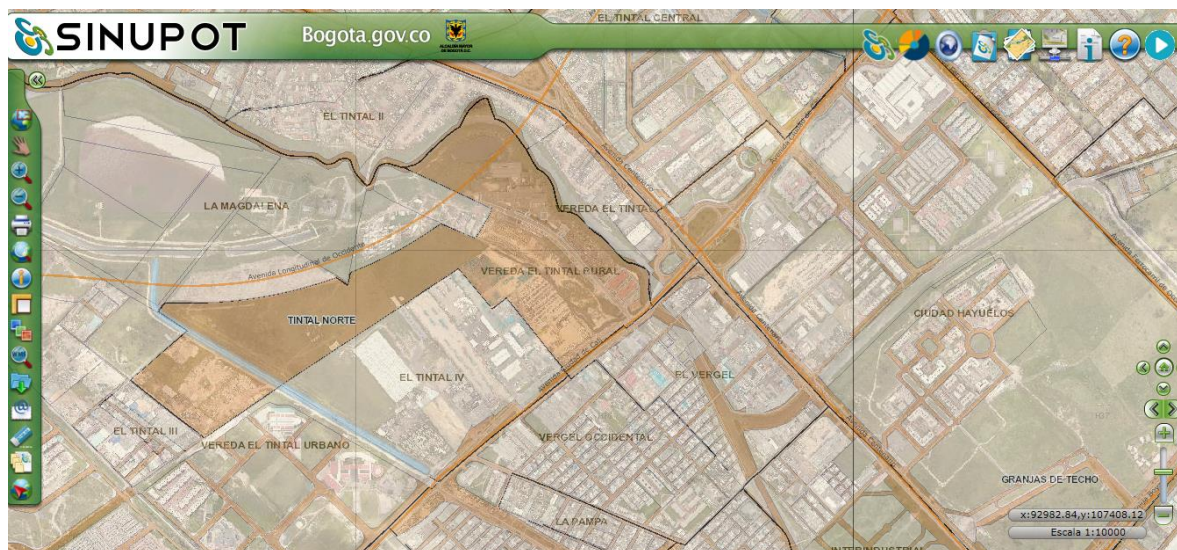
6 RECOPIACIÓN DE DATOS

Se realiza la recopilación de datos necesarios para la caracterización de la zona de estudio mediante fuentes secundarias de la siguiente forma.

6.1 ESTIMACIÓN DEMOGRÁFICA

Se encontraron los datos de demografía teniendo en cuenta las UPZ, las cuales están adyacentes a la zona de estudio, encontrando los siguientes resultados:

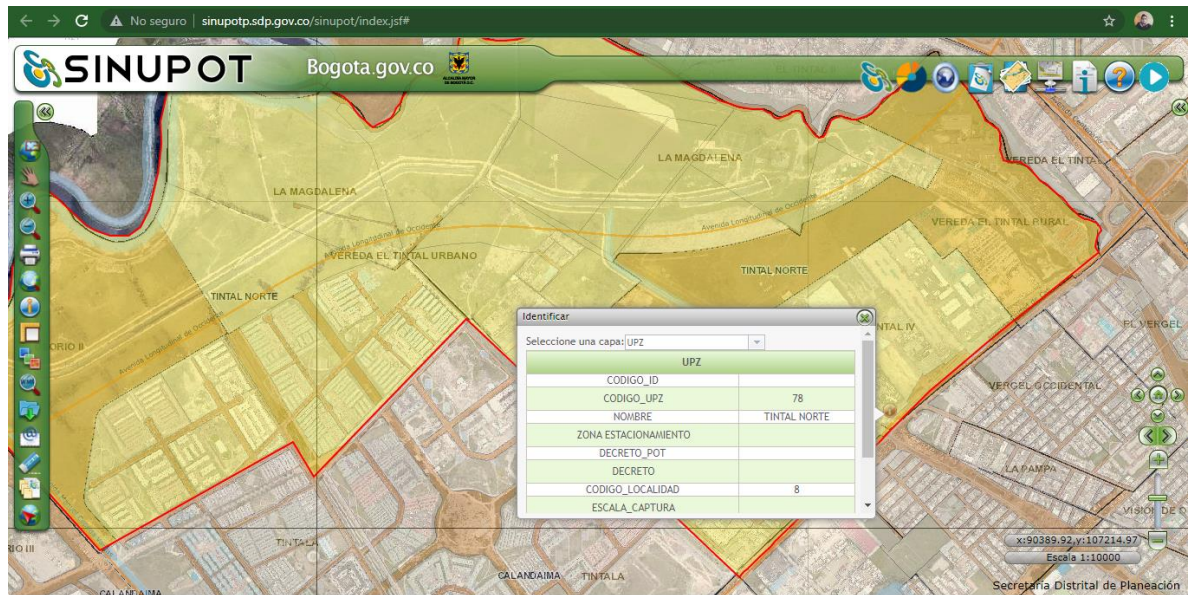
Figura 6.1. Mapa general de la zona de estudio



Fuente: SINUPOT

La información que se muestra a continuación es sacada del SINUPOT. (Bogotá A. M., SINUPOT, 2021). La cual es una herramienta en donde se observa la sectorización y limitación de cada UPZ. Estas UPZ se encuentran localizadas en la Localidad de Kennedy la cual es la localidad número 8 de la ciudad, con un área de 3877.2 hectáreas y una población total de 1,208.980 (2017) (Bogotá, 2017)

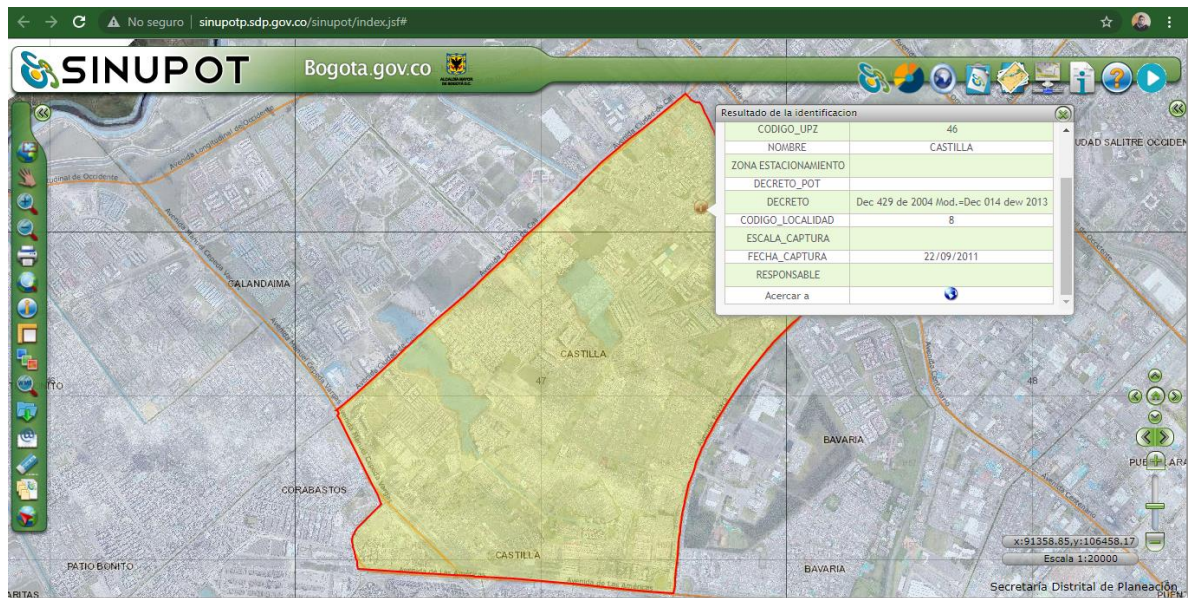
Figura 6.2. UPZ Tintal Norte (78)



Fuente: SINUPOT

En la Figura 6.2. UPZ Tintal Norte (78) muestra el área de la UPZ Tintal Norte, esta UPZ tiene un área total de 343 hectáreas con una población de 106,959 habitantes.

Figura 6.3. UPZ Castilla (46)



Fuente: SINUPOT

En la Figura 6.3. UPZ Castilla (46) muestra el área de la UPZ Castilla, esta UPZ tiene un área total de 503 hectáreas con una población de 156,852 habitantes siendo está la UPZ más poblada que la UPZ de Tintal Norte.

Adicionalmente se realizó una sectorización de las edificaciones en la zona de estudio las cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Figura 6.4. Sectorización en la zona de estudio



Fuente: Autores

En la Figura 6.4. Sectorización en la zona de estudio se evidencia la caracterización según el uso de cada sector de la siguiente forma:

- Lo que se visualiza en color naranja hace referencia a las industrias de la zona
- Lo que se visualiza en color verde hace referencia a zonas residenciales
- Lo que se visualiza en color amarillo hace referencia a Iglesias
- Lo que se visualiza en color rojo son centros educativos, como colegios y universidades
- Lo que se visualiza en color azul hace referencia al Hospital de la zona "Hospital el Tintal"

Teniendo en cuenta lo anterior se hace una estimación demográfica para el área de estudio obteniendo la población total en el área de la **localidad de Kennedy**. De ahí se hace la estimación de población en las UPZ, las cuales se encuentran adyacentes a la zona de estudio.

Obteniendo de esta manera un área total de población de estudio de:

6.2 TOPOGRÁFIA Y URBANISMO

Para la recopilación de datos topográficos y de urbanismo, se recurre a la fuente secundaria de la plataforma Web “Mapas Bogotá” la cual trabaja con sistemas de información geográficos de todas las entidades públicas para la ciudad de Bogotá, lo cual permite obtener de esta fuente los datos más actualizados por parte de las entidades públicas. (Bogotá I. d., 2021)

Los datos recopilados se procesan descargando las capas del portal Web para posteriormente ser escalados y geo - posicionados mediante imágenes satelitales obtenidas por el Google Earth.

Entre los datos recopilados se encuentran:

- Localización de andenes y senderos peatonales
- Localización de ciclo – rutas
- Localización de calzadas vehiculares
- Nomenclaturas de las vías

Figura 6.5. Localización y topografía de: Andenes, vías y nomenclaturas de vías



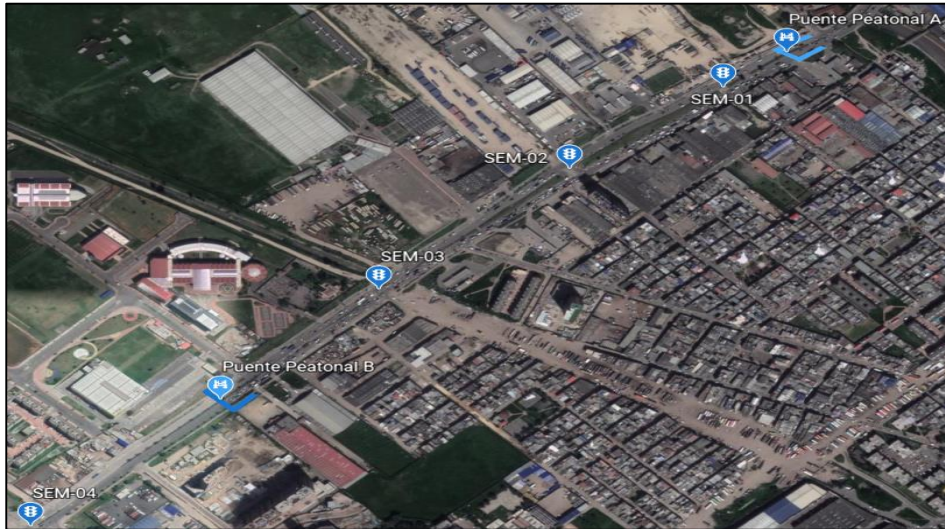
Fuente: Autores

En la Figura 6.5. Localización y topografía de: Andenes, vías y nomenclaturas de vías muestra las localizaciones ya mencionadas anteriormente. (Ver Anexo 1)

Adicionalmente se localizan de manera aproximada, semáforos y cruces peatonales permitidos.

A continuación, se presenta la figura con los datos recopilados descritos anteriormente para la zona de estudio, la cual muestra 3 semáforos durante el trayecto por la Av. Ciudad de Cali. Hay un cuarto semáforo el cual se encuentra mucho más retirado del puente peatonal **B**, claramente se tuvo en cuenta para el paso peatonal.

Figura 6.6. Localización de semáforos en la Av. Ciudad de Cali

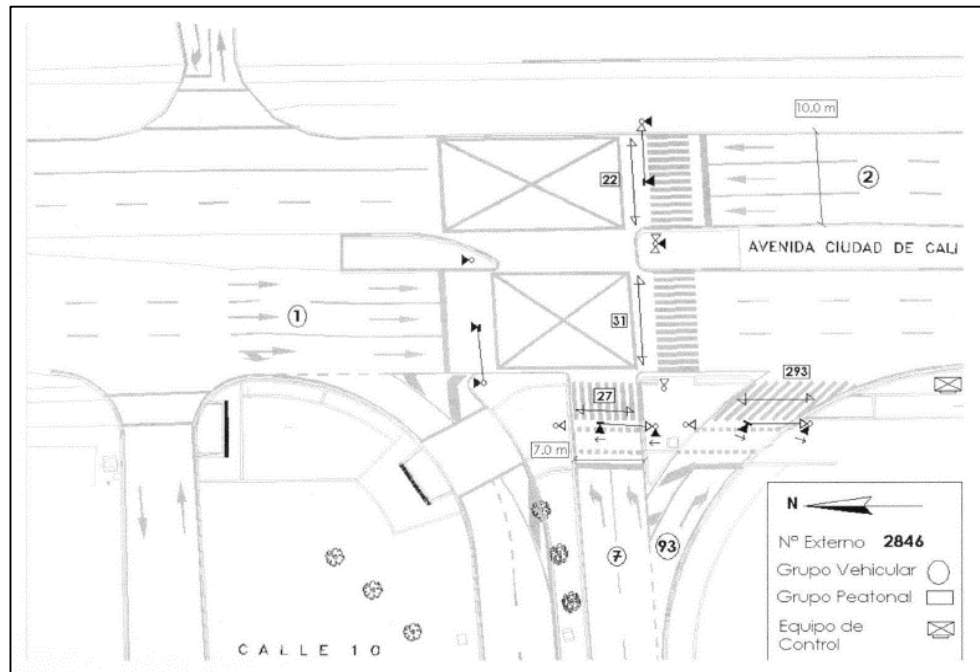


Fuente: Google Earth

6.3 AFOROS DE MOVILIDAD

Los aforos encontrados se realizaron mediante una fuente secundaria la cual se realizó una solicitud para obtener dichos aforos, la fuente secundaria por la cual se obtuvieron los aforos fue de la “Secretaria Distrital de Movilidad”, a continuación, se presentan los esquemas de las intersecciones, sobre las cuales se solicitaron dichos aforos.

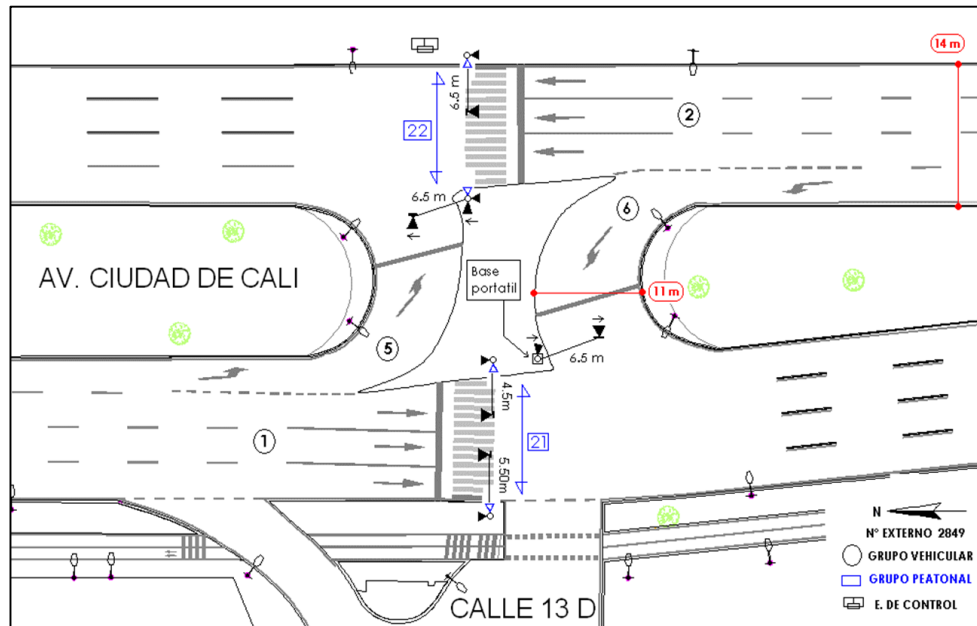
Figura 6.7. Esquema de la intersección en la Calle 10B con Av. Ciudad de Cali



Fuente: Secretaria Distrital de Movilidad, Aforo de la Calle 10B

En la Figura 6.7. Esquema de la intersección en la Calle 10B con Av. Ciudad de Cali muestra la intersección que hay entre la Av. Ciudad de Cali con la Calle 10B, en donde se genera un alto flujo vehicular y peatonal ya que queda cerca al Homecenter y a la Universidad.

Figura 6.8. Esquema de la intersección en la Calle 13D con Av. Ciudad de Cali



Fuente: Secretaria Distrital de Movilidad, Aforo de la Calle 13D

En la Figura 6.8. Esquema de la intersección en la Calle 13D con Av. Ciudad de Cali muestra la intersección que hay entre la Av. Ciudad de Cali con la Calle 13D, en donde se genera un alto flujo vehicular y peatonal ya que queda cerca a los frigoríficos así mismo a la Iglesia y zonas residenciales.

6.4 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Para obtención de datos de la caracterización del suelo se requiere ir a una fuente secundaria el cual nos brindó los estudios de suelos utilizados para la aprobación de una licencia de construcción para un edificio de cinco pisos en la dirección Calle 13ª con Carrera 82b # 12. (Olmos)

6.4.1 Geología y geomorfología

De acuerdo a la información contenida en el decreto 523 de la Microzonificación sísmica de Bogotá está clasificada como zona de respuesta sísmica **Aluvial 100**. (Olmos)

6.4.2 Nivel freático

Se identificó un nivel freático en los sondeos a un promedio de 3.40 metros de profundidad. (Olmos)

6.4.3 Coeficientes espectrales de diseño

| | |
|---|--------------|
| To: Periodo Inicial | 1.12 |
| Tc: Periodo Crítico | 1.12 |
| Tl: Periodo Largo | 3.50 |
| Am: Aceleración Máxima | 0.25 |
| Ao: Aceleración Horizontal pico Efectiva | 0.18 |
| Fa: Factor de ampliación de la Aceleración | 1.20 |
| Fv: Factor de ampliación de la Aceleración con Velocidad Constante | 2.10 (Olmos) |

6.4.4 Exploración del suelo

Para la exploración del subsuelo se ejecutaron cuatro (4) sondeos con un total de 25.50 ml de perforación como se especifica a continuación. (Olmos)

Tabla 6.1. Sondeos

| Punto | Profundidad Explorada (m) | Profundidad Nivel Freático (m) |
|-------|---------------------------|--------------------------------|
| PT-1 | 8,00 | 3,40 |
| PT-2 | 3,00 | NP |
| PT-3 | 8,00 | 3,40 |
| PT-4 | 6,50 | 3,50 |

Fuente: Estudio Geotécnico de José Olmos Olmos.

6.4.5 Perfil estratigráfico natural

De acuerdo con los registros de los sondeos PT-1, PT-2, PT-3 y PT-4 se puede establecer cuatro zonas tipificadas con características homogéneas cada una de ellas. Bajo una placa de concreto de 0.10 m a 0.12 metros de espesor se encuentra un relleno mixto con arenas y desechos de material de construcción con un espesor promedio de 0.40 metros; de esta profundidad hasta los 1.25 en promedio se encuentra una capa de material limo arcilloso de baja plasticidad, color habano parduzco, poco consistente y humedad baja. Luego de los 1.25 metros en promedio hasta los 7.50 metros se encontró una arcilla plástica de consistencia media, color habano, con rangos de humedad natural entre el 40% y el 55%; a medida que aumenta la profundidad el material se hace menos consistente hasta llegar a una consistencia blanda a partir de los 4 metros para luego hacer una ligera recuperación a partir de los 7 metros de profundidad donde aparece un estrato consistente con presencia de arenas y arcilla plástica. (Olmos)

6.4.6 Caracterización del suelo

De los resultados obtenidos, los parámetros de resistencia para la arcilla plástica (CH) son: $C_u = 2.72 \text{ Ton/m}^2$ (Ensayo de compresión inconfiada, sondeo PT-1) El peso unitario del material es:

$$\gamma_t = 1,63 \text{ ton/m}^3.$$

A continuación, se presenta la Tabla 6.2 Resumen de Caracterización Geomecánica con los resultados de caracterización geomecánica del suelo. (Olmos)

Tabla 6.2 Resumen de Caracterización Geo-mecánica

| PROFUNDIDAD (m) | MATERIAL | LL (%) | LP (%) | IP (%) | Wn (%) | C_u (Ton/m ²) | γ_t (Ton/m ³) |
|-----------------|----------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------|----------------------------------|
| De 0,00 a 0,40 | 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| De 0,40 a 1,25 | 2 | 48,50 | 24,51 | 23,99 | 30,00 | | 1,71 |
| De 1,25 a 7,50 | 3 | 83,42 | 30,69 | 52,73 | 58,51 | 2,72 | 1,63 |
| De 7,50 a 8,01 | 4 | 79,07 | 32,84 | 46,23 | 34,24 | | |

Fuente: Estudio Geotécnico de José Olmos.

Donde:

- 1 Material arenoso y desechos de construcción
- 2 Arcilla limosa, arcillas de consistencia media baja plasticidad
- 3 Arcilla plástica habana oscura, consistencia media a blanda
- 4 Arcilla consistente y lentes de arena (Olmos)

7 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

7.1.1 Estimación de puntos críticos con alta demanda peatonal

Teniendo en cuenta los datos tomados por los aforos se puede estimar que se presenta un alto flujo peatonal en la zona industrial cerca a la calle 13, donde se encuentra el frigorífico, así mismo la zona residencial de ese sector.

Otro punto en donde hay un alto flujo de peatones es donde está situado el Homecenter, ya que no solamente se encuentra ese centro de construcción si no que alrededor está la Universidad Agustiniiana y zonas residenciales. También se encuentra una iglesia "Iglesia del Millón de Almas"

7.1.2 Localización de señalización y cruces peatonales

En el estudio de la zona se encontraron diversos elementos de prevención primaria, como lo son puentes peatonales y semáforos para cruces peatonales y vehiculares.

En el puente peatonal **A**, se encontraron 3 semáforos exactamente sobre la zona de estudio.

Los semáforos se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

- SEM-01, Este semáforo está ubicado en la Kra 86 con calle 15A.
- SEM-02, Este semáforo está ubicado en la Kra 86 con calle 13C
- SEM-03, Este semáforo está ubicado en la Kra 86 con calle 12

Para el puente peatonal **B**, se encontraron 4 semáforos sobre la zona de estudio, los cuales están distribuidos de la siguiente manera:

-
- SEM-01, Este semáforo está ubicado en la Kra 86 con calle15A
 - SEM-02, Este semáforo está ubicado en la Kra 86 con calle 13C
 - SEM-03, Este semáforo está ubicado en la Kra 86 con calle 12
 - SEM-04, Este semáforo está ubicado en la Kra 86 con calle 9

Cabe resaltar que son semáforos que están bastante alejados de los puentes peatonales y que cada uno está a una distancia prudente del otro.

7.1.3 Determinación para la ubicación óptima de los puentes peatonales

Teniendo en cuenta las localización en las cuales se evaluaron los aforos de flujo y obteniendo los resultados de estos mismos, se llega a la determinación de ubicar los puentes muy cerca de las intersecciones aforadas dado que se evidencia la una alta demanda de peatones que hay en ciertos sectores de la zona, por esta razón se toman dos puntos específicos ya que en estos dos puntos hay varios lugares de mucha concurrencia debido a los establecimientos comerciales culturales y comerciales encontrados en la zona como lo son los frigoríficos, la Universidades, iglesias y un establecimiento Homecenter, adicional a esto también se toma la ubicación de los puentes propuesta teniendo en cuenta que la geometría debe impactar lo menor posible a los predios privados senderos peatonales y ciclo rutas existentes la ubicación de los puentes se puede evidenciar en las planchas anexas al presente documento (Ver Anexo 1)

8 PREDIMENSIONAMIENTO

A continuación, durante el siguiente capítulo se presenta el procedimiento y metodología realizada para seleccionar los correctos parámetros para el pre dimensionamiento de los puentes peatonales proyectados para ser construidos en la Av. Ciudad de Cali o en la Av. Carrera 86 cercanías de las calles 16C y 10B

La Georreferenciación de los puntos proyectados para la implantación de los puentes se realizó mediante las herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) de acceso al público para la ciudad de Bogotá como lo son el portal web de mapas Bogotá, la aplicación SIG-IDU del instituto de desarrollo urbano y por medio de la herramienta gráfica AutoCAD

por medio de la herramienta de mapas Bogotá se obtuvo la información de planchas y planos de la zona de estudio, actualizados por el IDU en el año 2019 y posteriormente por medio de la plataforma SIG-IDU se realizó la verificación de algunas dimensiones en puntos estratégicos para realizar un escalado aproximado de las imágenes satelitales obtenidas de las mismas plataformas. en la herramienta gráfica AutoCAD se realizó la importación de planchas e imágenes satelitales con el fin de realizar un escalado aproximado de las planchas obtenidas en las herramientas de la web. con lo anterior se estableció la ubicación precisa para la implantación de la infraestructura y superestructura de los puentes, de esta manera se logró conocer las medidas reales puestas en un modelo gráfico detallado del terreno en la zona de estudio.

8.1 AFORO PEATONAL EN LA AVENIDA CIUDAD DE CALI

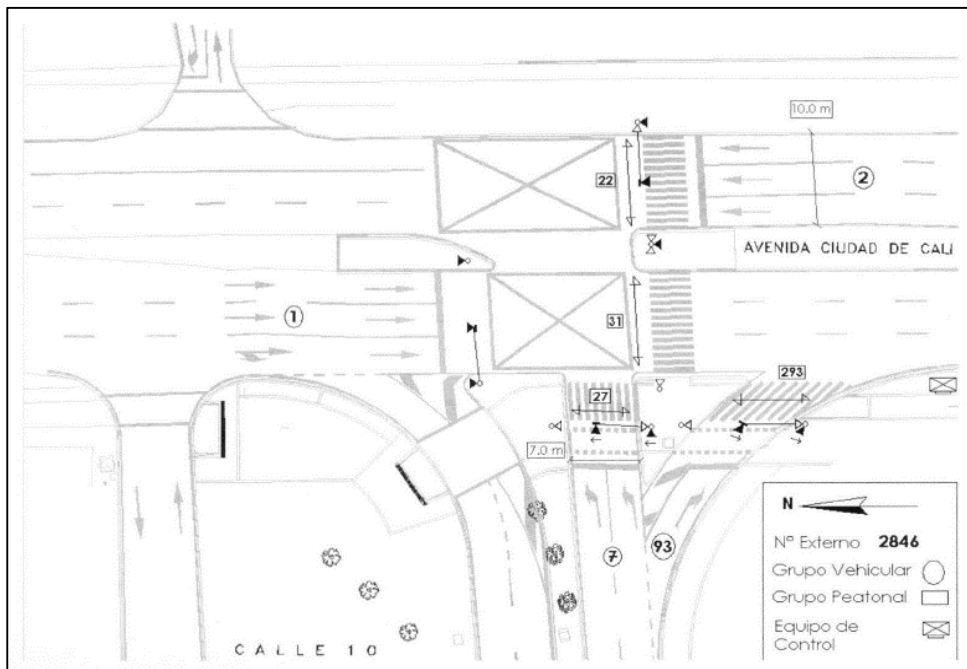
Debido a que se llegará a tener una gran demanda en los puentes peatonales y a la vez que hay unos semáforos actualmente que permiten el paso peatonal en la Av. Ciudad de Cali, cerca de las áreas de estudio. Se procede a realizar una búsqueda de una fuente secundaria de los aforos correspondientes en puntos específicos para el paso peatonal en donde se realizarán las superestructuras, esto con el objetivo de cuantificar el número de personas que hay en el sector y así considerar una cifra real para la demanda de la superestructura peatonal y determinar un ancho requerido para esta misma superestructura.

La fuente en la cual se realizó la búsqueda fue en la secretaria distrital de movilidad en donde se realizó dos aforos en la Calle 10B y la Calle 13B en la Av. Ciudad de Cali. (Movilidad S. D., Aforos entre la Calle 10B y la Calle 15D, 2016).

Estos aforos se realizaron los días 25 de mayo del 2016 y 9 de junio del 2016, no se pudo realizar un aforo actualmente ya que por problemas de movilidad y cuarentenas era muy complejo hacer un seguimiento de peatones debido al COVID-19.

Como se muestra en la Figura 8.1 Esquema de movimientos peatonales en la avenida ciudad de Cali con calle 10B los aforos están divididos en movimientos, los cuales muestran los pasos peatonales en las intersecciones. Para la Calle 10B se realizó de la siguiente manera.



Figura 8.1 Esquema de movimientos peatonales en la avenida ciudad de Cali con calle 10B



Fuente. Secretaria Distrital de Movilidad

Se puede observar en la Figura 8.1 Esquema de movimientos peatonales en la avenida ciudad de Cali con calle 10B, que en la Calle 10B hay dos cruces los cuales están divididos en movimientos, los movimientos 22 y 31, estos dos movimientos se realizaron el mismo día (09/06/2016) y se obtuvo el siguiente aforo.

Tabla 8.1 Cartera de Aforos para el movimiento 22 realizada por la secretaria Distrital de movilidad sobre la avenida ciudad de Cali con calle 10B.



| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA | | | | | | |
|---|---|--|---|---------------------------|---|--|
|  | | UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia Vigilada por el Ministerio de Educación | | |  | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | |
| TESIS | DISEÑO DE PUENTES PEATONALES PARA REDUCIR LOS ÍNDICES DE ACCIDENTALIDAD CON PEATONES Y OPTIMIZAR EL FLUJO Y TRÁNSITO VEHICULAR SOBRE LA TRONCAL AVENIDA CIUDAD DE CALI ENTRE CALLE 9 HASTA LA CALLE 16B | | | | | |
| TESISTAS | Uriel Leonardo Ordoñez Ortiz Aaron Alfredo Stefan Portela | | HORA DE INICIO | 6:00 | | |
| ZONA | Av. Ciudad de Cali - Calle 10 B | | HORA FINAL | 19:45 | | |
| SENTIDO | 22 | | | | | |
| ESTRUCTURA BASE DE DATOS | | | | | | |
| FECHA DE TOMA DE INFORMACIÓN EN FORMATO DD/MM/AAA | LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA DONDE SE EFECTUÓ LA TOMA DE INFORMACIÓN | | PERIODO DE CONTEO DE 15 MINUTOS IDENTIFICADO CON LA HORA HORA INICIAL DEL FORMATO GENERAL | NÚMERO DEL FLUJO PEATONAL | NÚMERO DE PEATONES POR TIPO DE MOVILIDAD | OBSERVACIONES REFERIDAS SOLAMENTE A LA TOMA DE INFORMACIÓN |
| FECHA | VÍA | LOCALIZACIÓN | PERIODO | MOVIMIENTO | PEATONES | OBSERVACIONES |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 600 | 22 | 334 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 615 | 22 | 190 | LLUVIA |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 630 | 22 | 252 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 645 | 22 | 260 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 700 | 22 | 193 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 715 | 22 | 204 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 730 | 22 | 183 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 745 | 22 | 117 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 800 | 22 | 139 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 815 | 22 | 76 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 830 | 22 | 99 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 845 | 22 | 54 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 900 | 22 | 85 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 915 | 22 | 93 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 930 | 22 | 74 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 945 | 22 | 64 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1000 | 22 | 108 | |

| | | | | | | |
|--------------|-------|-------|------|----|-------------|--|
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1015 | 22 | 69 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1030 | 22 | 71 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1045 | 22 | 41 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1100 | 22 | 97 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1115 | 22 | 92 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1130 | 22 | 83 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1145 | 22 | 85 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1200 | 22 | 79 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1215 | 22 | 71 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1230 | 22 | 91 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1245 | 22 | 83 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1300 | 22 | 63 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1315 | 22 | 56 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1330 | 22 | 55 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1345 | 22 | 53 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1400 | 22 | 57 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1415 | 22 | 64 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1430 | 22 | 76 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1445 | 22 | 65 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1500 | 22 | 72 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1515 | 22 | 78 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1530 | 22 | 72 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1545 | 22 | 86 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1600 | 22 | 88 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1615 | 22 | 67 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1630 | 22 | 80 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1645 | 22 | 88 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1700 | 22 | 124 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1715 | 22 | 131 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1730 | 22 | 118 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1745 | 22 | 123 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1800 | 22 | 133 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1815 | 22 | 136 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1830 | 22 | 132 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1845 | 22 | 134 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1900 | 22 | 85 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1915 | 22 | 84 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1930 | 22 | 52 | |
| 09/06/2016 | AK_86 | CL_10 | 1945 | 22 | 45 | |
| TOTAL | | | | | 5804 | |

Fuente. Secretaria Distrital de Movilidad

Se realizó el aforo desde las 6 a.m., hasta las 17:45 p.m. y se tomó como hora pico las horas de la mañana entre 6:00 a.m. a 6:45 a.m., ya que es donde hay más flujo de personas y a su vez para la hora valle se tomó las horas de 13:00 p.m. a las 13:40 p.m. donde hay menos flujo de personas, cabe resaltar que como es un paso peatonal los movimientos 22 y 31 serán casi iguales sin embargo mostrando el aforo del movimiento 31 la diferencia es muy mínima.

Tabla 8.2 Cartera de Aforos para el movimiento 31 realizada por la secretaria Distrital de movilidad sobre la avenida ciudad de Cali con calle 10B.

| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA | | | | | | |
|---|---|--|--|---------------------------|---|--|
|  | | FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | | |  | |
| TESIS | DISEÑO DE PUENTES PEATONALES PARA REDUCIR LOS ÍNDICES DE ACCIDENTALIDAD CON PEATONES Y OPTIMIZAR EL FLUJO Y TRÁNSITO VEHICULAR SOBRE LA TRONCAL AVENIDA CIUDAD DE CALI ENTRE CALLE 9 HASTA LA CALLE 16B | | | | | |
| TESISTAS | Uriel Leonardo Ordoñez Ortiz Aaron Alfredo Stefan Portela | | | HORA DE INICIO | 6:00 | |
| ZONA | Av. Ciudad de Cali - Calle 10 B | | | HORA FINAL | 19:45 | |
| SENTIDO | 31 | | | | | |
| ESTRUCTURA BASE DE DATOS | | | | | | |
| FECHA DE TOMA DE INFORMACIÓN EN FORMATO DD/MM/AAA | LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA DONDE SE EFECTUÓ LA TOMA DE INFORMACIÓN | | PERIODO DE CONTEO DE 15 MINUTOS IDENTIFICADO CON LA HORA INICIAL DEL FORMATO GENERAL | NÚMERO DEL FLUJO PEATONAL | NÚMERO DE PEATONES POR TIPO DE MOVILIDAD | OBSERVACIONES REFERIDAS SOLAMENTE A LA TOMA DE INFORMACIÓN |
| FECHA | VÍA | LOCALIZACIÓN | PERIODO | MOVIMIENTO | PEATONES | OBSERVACIONES |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 600 | 31 | 334 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 615 | 31 | 190 | LLUVIA |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 630 | 31 | 252 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 645 | 31 | 260 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 700 | 31 | 193 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 715 | 31 | 204 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 730 | 31 | 183 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 745 | 31 | 117 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 800 | 31 | 138 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 815 | 31 | 76 | |

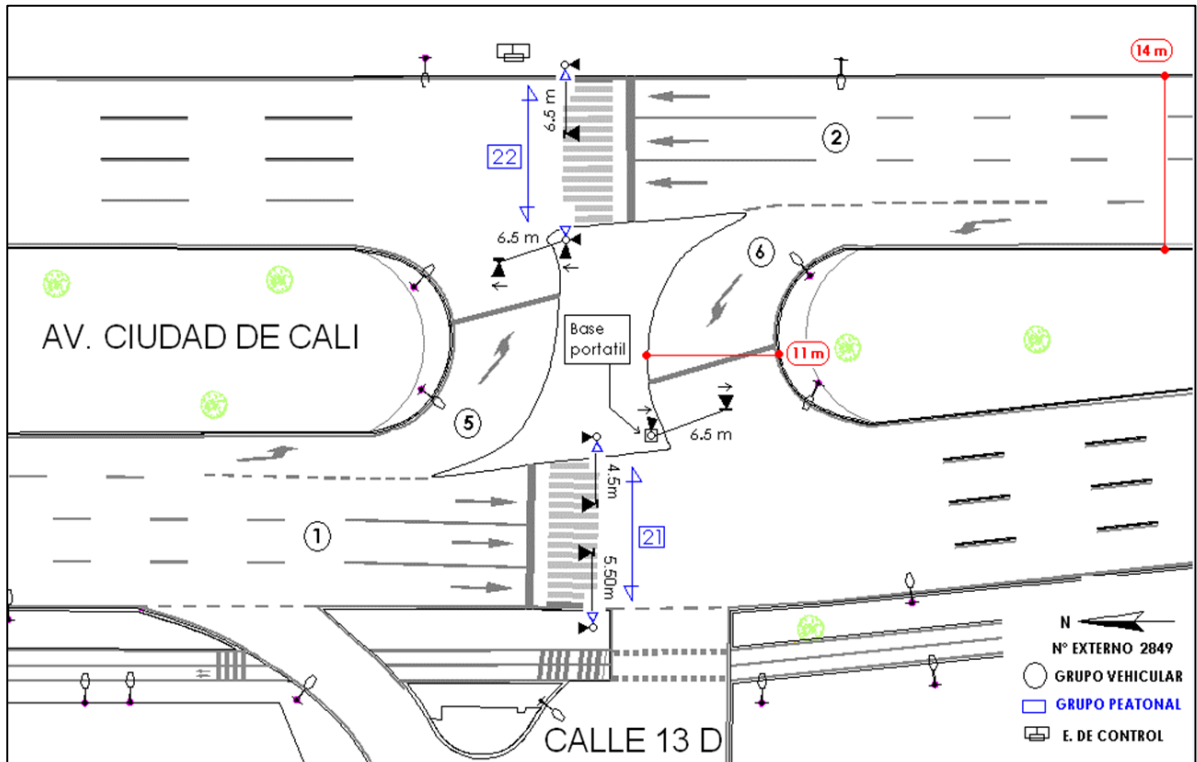
| | | | | | | |
|-------|-------|--------------|------|----|-----|--|
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 830 | 31 | 99 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 845 | 31 | 54 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 900 | 31 | 85 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 915 | 31 | 93 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 930 | 31 | 71 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 945 | 31 | 63 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1000 | 31 | 108 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1015 | 31 | 69 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1030 | 31 | 71 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1045 | 31 | 41 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1100 | 31 | 97 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1115 | 31 | 92 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1130 | 31 | 83 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1145 | 31 | 85 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1200 | 31 | 79 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1215 | 31 | 71 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1230 | 31 | 91 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1245 | 31 | 83 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1300 | 31 | 67 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1315 | 31 | 58 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1330 | 31 | 56 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1345 | 31 | 54 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1400 | 31 | 55 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1415 | 31 | 66 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1430 | 31 | 73 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1445 | 31 | 62 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1500 | 31 | 70 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1515 | 31 | 78 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1530 | 31 | 70 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1545 | 31 | 86 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1600 | 31 | 88 | |

| | | | | | | |
|--------------|-------|--------------|------|----|-------------|--|
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1615 | 31 | 65 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1630 | 31 | 77 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1645 | 31 | 87 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1700 | 31 | 122 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1715 | 31 | 131 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1730 | 31 | 120 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1745 | 31 | 123 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1800 | 31 | 135 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1815 | 31 | 130 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1830 | 31 | 128 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1845 | 31 | 132 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1900 | 31 | 85 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1915 | 31 | 84 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1930 | 31 | 50 | |
| FECHA | AK_86 | LOCALIZACIÓN | 1945 | 31 | 45 | |
| TOTAL | | | | | 5779 | |

Fuente. Secretaria distrital de movilidad.

Para los aforos su totalidad es muy diminuta ya que la diferencia es de 25 peatones, a comparación de la calle 13D que está cerca al puente de la Av. Ciudad de Cali con Calle 13, la cual hay una intersección bastante amplia como se mostrara en la Figura 8.2. Esquema de movimientos peatonales en la avenida ciudad de Cali con calle 13D..

Figura 8.2. Esquema de movimientos peatonales en la avenida ciudad de Cali con calle 13D.



Fuente. Secretaria Distrital De Movilidad

Tabla 8.3 Cartera de Aforos para el movimiento 22 realizada por la secretaria Distrital de movilidad sobre la avenida ciudad de Cali con calle 13D.

| <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL</p> </div>  </div> | | | | | | |
|---|---|---|---|---------------------------|--|--|
| TESIS | | DISEÑO DE PUENTES PEATONALES PARA REDUCIR LOS ÍNDICES DE ACCIDENTALIDAD CON PEATONES Y OPTIMIZAR EL FLUJO Y TRÁNSITO VEHICULAR SOBRE LA TRONCAL AVENIDA CIUDAD DE CALI ENTRE CALLE 9 HASTA LA CALLE 16B | | | | |
| TESISTAS | | Uriel Leonardo Ordoñez Ortiz Aaron Alfredo Stefan Portela | | HORA DE INICIO | 6:00 | |
| ZONA | | Av. Ciudad de Cali - Calle 13 D | | HORA FINAL | 19:45 | |
| SENTIDO | | 22 | | | | |
| ESTRUCTURA BASE DE DATOS | | | | | | |
| FECHA DE TOMA DE INFORMACIÓN EN FORMATO DD/MM/AAA | LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA DONDE SE EFECTUÓ LA TOMA DE INFORMACIÓN | | PERIODO DE CONTEO DE 15 MINUTOS IDENTIFICADO CON LA HORA HORA INICIAL DEL FORMATO GENERAL | NÚMERO DEL FLUJO PEATONAL | NÚMERO DE PEATONES POR TIPO DE MOVILIDAD | OBSERVACIONES REFERIDAS SOLAMENTE A LA TOMA DE INFORMACIÓN |
| FECHA | VÍA | LOCALIZACIÓN | PERIODO | MOVIMIENTO | PEATONES | OBSERVACIONES |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 600 | 22 | 65 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 615 | 22 | 62 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 630 | 22 | 46 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 645 | 22 | 41 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 700 | 22 | 30 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 715 | 22 | 52 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 730 | 22 | 54 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 745 | 22 | 51 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 800 | 22 | 48 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 815 | 22 | 43 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 830 | 22 | 32 | |



| | | | | | | |
|------------|-------|--------|------|----|----|--|
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 845 | 22 | 24 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 900 | 22 | 29 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 915 | 22 | 21 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 930 | 22 | 18 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 945 | 22 | 23 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1000 | 22 | 32 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1015 | 22 | 25 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1030 | 22 | 27 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1045 | 22 | 13 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1100 | 22 | 26 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1115 | 22 | 37 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1130 | 22 | 32 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1145 | 22 | 23 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1200 | 22 | 29 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1215 | 22 | 55 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1230 | 22 | 48 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1245 | 22 | 42 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1300 | 22 | 43 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1315 | 22 | 44 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1330 | 22 | 45 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1345 | 22 | 30 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1400 | 22 | 29 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1415 | 22 | 27 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1430 | 22 | 21 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1445 | 22 | 32 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1500 | 22 | 28 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1515 | 22 | 15 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1530 | 22 | 22 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1545 | 22 | 28 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1600 | 22 | 22 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1615 | 22 | 20 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1630 | 22 | 28 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1645 | 22 | 31 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1700 | 22 | 41 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1715 | 22 | 30 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1730 | 22 | 27 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1745 | 22 | 29 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1800 | 22 | 54 | |

| | | | | | | |
|--------------|-------|--------|------|----|-------------|--|
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1815 | 22 | 40 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1830 | 22 | 33 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1845 | 22 | 31 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1900 | 22 | 16 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1915 | 22 | 21 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1930 | 22 | 23 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1945 | 22 | 11 | |
| TOTAL | | | | | 1849 | |

Fuente. Secretaría distrital de Movilidad

Se muestra en Tabla 8.3 Cartera de Aforos para el movimiento 22 realizada por la secretaria Distrital de movilidad sobre la avenida ciudad de Cali con calle 13D. que el aforo del movimiento 22 el cual da un total de mil ochocientos cuarenta y nueve (1849) peatones para este movimiento y se tomó como hora pico las horas de la mañana entre 6:00 a.m. a 6:45 a.m., ya que es donde hay más flujo de personas y a su vez para la hora valle se tomó las horas de 15:00 p.m. a las 15:40 p.m. donde hay menos flujo de personas. También hay una diferencia significativa con respecto al aforo del movimiento 21 mostrado en Tabla 8.4 Cartera de Aforos para el movimiento 21 realizada por la secretaria Distrital de movilidad sobre la avenida ciudad de Cali con calle 13D.

Tabla 8.4 Cartera de Aforos para el movimiento 21 realizada por la secretaria Distrital de movilidad sobre la avenida ciudad de Cali con calle 13D.

| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA | | | | | | |
|--|---|--|---|---------------------------|--|--|
|  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia <small>Vigilada Mineducación</small> | | FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL | | |  UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia <small>Vigilada Mineducación</small> | |
| TESIS DISEÑO DE PUENTES PEATONALES PARA REDUCIR LOS ÍNDICES DE ACCIDENTALIDAD CON PEATONES Y OPTIMIZAR EL FLUJO Y TRÁNSITO VEHICULAR SOBRE LA TRONCAL AVENIDA CIUDAD DE CALI ENTRE CALLE 9 HASTA LA CALLE 16B | | | | | | |
| TESISTAS | | Uriel Leonardo Ordoñez Ortiz Aaron Alfredo Stefan Portela | | HORA DE INICIO | 6:00 | |
| ZONA | | Av. Ciudad de Cali - Calle 13 D | | HORA FINAL | 19:45 | |
| SENTIDO | | 21 | | | | |
| ESTRUCTURA BASE DE DATOS | | | | | | |
| FECHA DE TOMA DE INFORMACIÓN EN FORMATO DD/MM/AAA | LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA DONDE SE EFECTUÓ LA TOMA DE INFORMACIÓN | | PERIODO DE CONTEO DE 15 MINUTOS IDENTIFICADO O CON LA HORA HORA INICIAL DEL FORMATO GENERAL | NÚMERO DEL FLUJO PEATONAL | NÚMERO DE PEATONES POR TIPO DE MOVILIDAD | OBSERVACIONES REFERIDAS SOLAMENTE A LA TOMA DE INFORMACIÓN |
| FECHA | VÍA | LOCALIZACIÓN | PERIODO | MOVIMIENTO | PEATONES | OBSERVACIONES |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 600 | 21 | 36 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 615 | 21 | 43 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 630 | 21 | 46 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 645 | 21 | 33 | |

| | | | | | | |
|------------|-------|--------|------|----|----|--|
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 700 | 21 | 35 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 715 | 21 | 52 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 730 | 21 | 44 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 745 | 21 | 36 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 800 | 21 | 42 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 815 | 21 | 29 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 830 | 21 | 31 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 845 | 21 | 23 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 900 | 21 | 19 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 915 | 21 | 23 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 930 | 21 | 17 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 945 | 21 | 19 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1000 | 21 | 20 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1015 | 21 | 11 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1030 | 21 | 31 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1045 | 21 | 14 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1100 | 21 | 26 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1115 | 21 | 37 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1130 | 21 | 20 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1145 | 21 | 30 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1200 | 21 | 29 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1215 | 21 | 46 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1230 | 21 | 46 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1245 | 21 | 35 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1300 | 21 | 39 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1315 | 21 | 45 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1330 | 21 | 31 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1345 | 21 | 30 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1400 | 21 | 15 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1415 | 21 | 22 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1430 | 21 | 12 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1445 | 21 | 28 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1500 | 21 | 19 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1515 | 21 | 16 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1530 | 21 | 12 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1545 | 21 | 21 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1600 | 21 | 18 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1615 | 21 | 21 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1630 | 21 | 24 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1645 | 21 | 12 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1700 | 21 | 13 | |

| | | | | | | |
|--------------|-------|--------|------|----|-------------|--|
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1715 | 21 | 20 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1730 | 21 | 26 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1745 | 21 | 38 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1800 | 21 | 25 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1815 | 21 | 37 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1830 | 21 | 17 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1845 | 21 | 17 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1900 | 21 | 17 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1915 | 21 | 6 | |
| 26/05/2016 | AK_86 | CL_13D | 1930 | 21 | 16 | |
| 27/05/2016 | AK_87 | CL_13D | 1945 | 21 | 4 | |
| TOTAL | | | | | 1474 | |

Fuente. Secretaría distrital de Movilidad

El total para este movimiento es de mil cuatrocientos setenta y cuatro (1474) a diferencia del movimiento 22 de mil ochocientos cuarenta y nueve (1849) hay una diferencia de trescientos setenta y cinco (375) peatones. Cabe resaltar que para el aforo que se realizó en la Calle 13D, la superestructura A se encuentra a una distancia de 420 m de la Calle 13D y la superestructura B se encuentra a 400 m de la Calle 10B.

A continuación, se presenta el cálculo de la intensidad de flujo peatonal para las dos zonas de estudio teniendo en cuenta los aforos en las dos intersecciones mostradas anteriormente. Adicionalmente el ancho de la sección mínima de los dos puentes.

8.1.1 Cálculo De intensidad de flujo peatonal y nivel de servicio:

$$I = \frac{QP15}{15 \text{ min} \times Am}$$

Donde:

I= Intensidad (Peatón/min/m)

QP15= Mayor número de peatones registrado en los cuatros periodos de 15 minutos, correspondiente a la hora que genero el valor máximo horario.

Am= Ancho menor de la sección (Luisa Fernanda Rojas Pulido, 2019)

8.1.1.1 Puente A

$$I = \frac{52}{15 \text{ min} \times 2,4 \text{ m}} = 1,44 \text{ Peatón/min/m}$$

Para el puente A se obtiene una intensidad de 1,44 peatón por minuto por metro.

8.1.1.2 Puente B

$$I = \frac{65}{15 \text{ min} \times 2,4 \text{ m}} = 1,80 \text{ Peatón/min/m}$$

Para el puente B se obtiene una intensidad de 1,80 peatón por minuto por metro.

Teniendo en cuenta los valores encontrados mediante el cálculo de intensidad se determina el nivel de servicio para senderos peatonales según la Tabla 8.5 Nivel de servicio para senderos peatonales

Tabla 8.5 Nivel de servicio para senderos peatonales

| NIVEL SERVICIO | Espacio (m ² /peatón) | Volumen (peatón/min./m) | Velocidad (m/s) | v/c |
|----------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------|
| A | >5.6 | <16 | >1.30 | <0.21 |
| B | >3.7 - 5.6 | >16 - 23 | >1.27 - 1.30 | >0.21 - 0.31 |
| C | >2.2 - 3.7 | >23 - 33 | >1.22 - 1.27 | >0.31 - 0.44 |
| D | >1.4 - 2.2 | >33 - 49 | >1.14 - 1.22 | >0.44 - 0.65 |
| E | >0.75 - 1.4 | >49 - 75 | >0.75 - 1.14 | >0.65 - 1.00 |
| F | <0.75 | Variable | <0.75 | Variable |

Fuente. Guía práctica de la movilidad peatonal urbana del IDU

Según la guía de movilidad peatonal urbana del IDU se determina que el nivel de servicio para los puentes peatonales es nivel A.

8.1.2 Cálculo De intensidad de flujo peatonal y nivel de servicio:

Teniendo el nivel de servicio se debe determinar en ancho mínimo que debe tener cada puente para cumplir con el nivel de servicio establecido Mediante la siguiente ecuación.

$$AE = \frac{QP15}{15 \times I}$$

8.1.2.1 Puente A

$$AE = \frac{52}{15 \times 1,44} = 2,40m$$

8.1.2.2 Puente B

$$I = \frac{65}{15 \times 1,80} = 2,40m$$

Evaluando el área mínima de la sección del puente se tiene que el área transitable para los dos puentes es de 2,40 metros cumpliendo de esta manera con el ancho mínimo de para puentes según el manual de diseño de puentes peatonales tipo del IDU. (Bogotá A. M., Cartilla para el puente peatonal prototipo para Bogotá, 2009)

8.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

El presente capítulo comprende el análisis Técnico-Económico de las alternativas de diseño, que da solución al problema planteado, con el principal objetivo de realizar la elección del mejor material para la elaboración de la superestructura de los puentes peatonales, en términos de la infraestructura del puente esta no se tendrá en cuenta para el estudio de pre factibilidad dado a que su composición será uniforme y estándar en la utilización de materiales, la infraestructura no depende del sistema constructivo a utilizar en la superestructura.

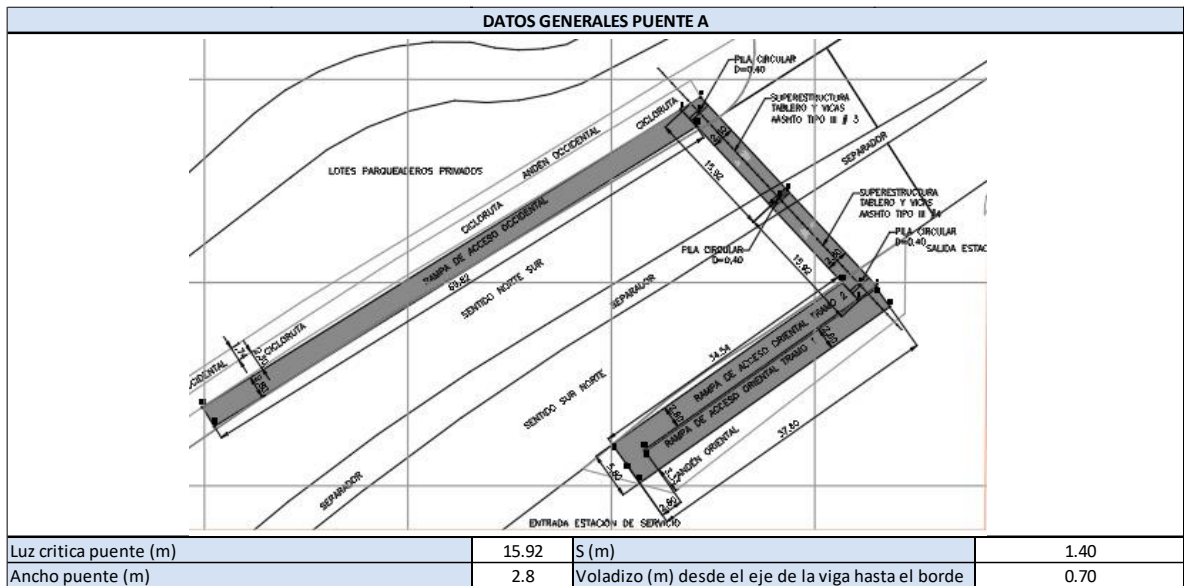
El estudio de pre factibilidad se debe concentrar en la identificación y análisis técnico de las alternativas las cuales deben ser comparativas; Es decir, debe realizarse con los diferentes diseños que se pueden emplear para la ejecución del puente.

8.3 ALTERNATIVAS

Un factor importante a tener en cuenta en el momento de la evaluación de alternativas es el factor económico, para tal fin es necesario presentar el pre dimensionamiento de diferentes alternativas. Y a su vez los costos de ejecución de cada una de dichas alternativas.

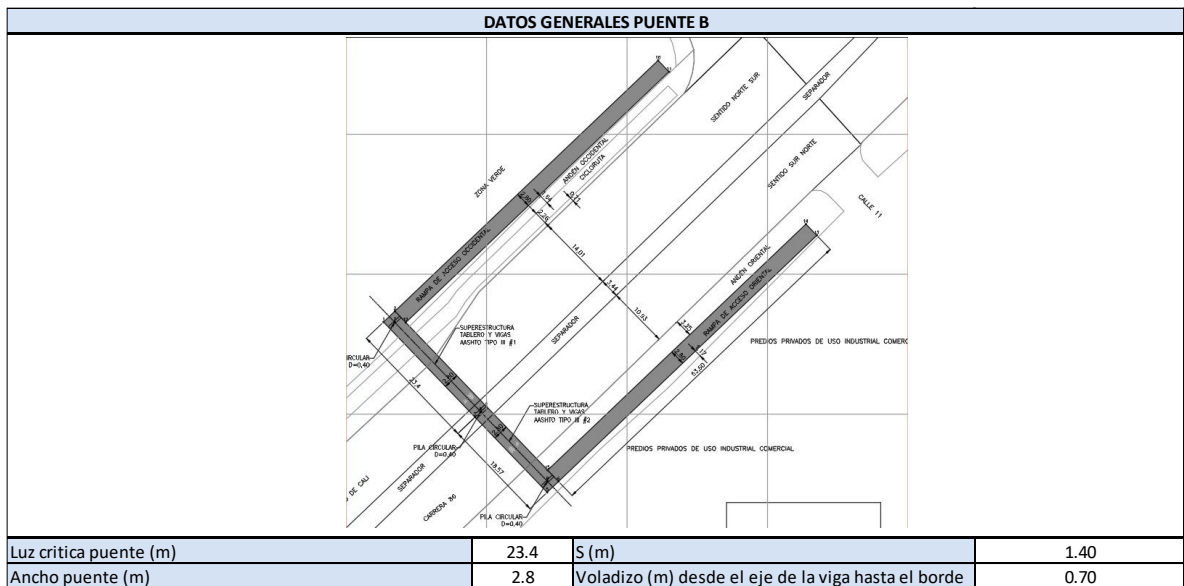
A continuación, se describen las alternativas del proyecto de los puentes peatonales, teniendo en cuenta que para el puente peatonal **A** se tiene una luz entre apoyos de **15.92** metros y que para el puente peatonal **B** se tiene una luz de **23.4** metros, como se describen en la Tabla 8.6. Datos generales puente A y en la Tabla 8.7. Datos generales puente B presentadas a continuación:

Tabla 8.6. Datos generales puente A



Fuentes: Autores

Tabla 8.7. Datos generales puente B



Fuente: Autores

Para realizar el estudio se tuvieron en cuenta las siguientes alternativas:

8.3.1 Alternativa 1: Superestructura en concreto reforzado

Esta alternativa se compone de la unión del concreto con el acero, se realiza por la confiabilidad que ha generado a nivel mundial que ofrece este tipo de concreto, sus principales ventajas son:

- Resistencia considerable a la compresión.
- Resistencia a las acciones del fuego y el agua.
- Rigidez.
- Poco mantenimiento
- Larga vida de servicio
- Capacidad de cargas altas.

La geometría de la alternativa encontrada mediante un predimensionamiento, se puede evidenciar en la Tabla 8.8 Alternativa 1 Puente A viga T en concreto reforzado para el puente A y en la Tabla 8.9 Alternativa 1 Puente B viga T en concreto reforzado para el puente B

Tabla 8.8 Alternativa 1 Puente A viga T en concreto reforzado

| SUPERESTRUCTURA EN CONCRETO REFORZADO VIGA "T" | | | |
|--|---|--------|------|
| MATERIALES | | | |
| Concreto F'c (MPa) | | 35 | |
| Acero Fy (MPa) | | 420 | |
| GEOMETRÍA | | | |
| VIGAS | | | |
| Ancho De Viga "b" | $b' = 0,0157 \sqrt{S} \times L$ | b' (m) | 0,30 |
| Ancho De Viga "b" adoptado | | b' (m) | 0,30 |
| Altura De Viga "h" | $h = 0,070 \times L$ | h (m) | 1,11 |
| Altura De Viga "h" adoptado | | h (m) | 1,15 |
| TABLERO | | | |
| PARÁMETRO NORMA | | | |
| Tabla 2.5.2.6.3-1 — Profund.minimas para superestructuras de profundidad constante | | | |
| PARA LUCES CONTINUAS SIMPLEMENTE APOYADAS | $\frac{S + 3000}{30} \geq 165 \text{ mm}$ | | |
| t mínimo (mm) | 200 | | |
| t calculado (mm) | 147 | | |
| No cumple condicion, se adopta profundidad mínima | | | |
| profundidad del tablero "t" (m) adoptado | 0,20 | | |

PREDIMENSIONAMIENTO
ALTERNATIVA 1 PUENTE A

Fuente Autores

Tabla 8.9 Alternativa 1 Puente B viga T en concreto reforzado

| VIGA SUPERESTRUCTURA EN CONCRETO REFORZADO VIGA "T" | | | |
|--|------------------------|---|------|
| | | | |
| | | | |
| Concreto F'c (MPa) | | | 35 |
| Acero Fy (MPa) | | | 420 |
| GEOMETRÍA | | | |
| VIGAS | | | |
| Ancho De Viga "b" | $b'=0,0157vS \times L$ | b' (m) | 0,43 |
| Ancho De Viga "b" adoptado | | b' (m) | 0,45 |
| Altura De Viga "h" | $h=0,070 \times L$ | h (m) | 1,64 |
| Altura De Viga "h" adoptado | | h (m) | 1,65 |
| TABLERO | | | |
| PARÁMETRO NORMA | | | |
| Tabla 2.5.2.6.3-1 — Profund.minimas para superestructuras de profundidad constante | | | |
| PARA LUCES CONTINUAS SIMPLEMENTE APOYADAS | | $\frac{S + 3000}{30} \geq 165 \text{ mm}$ | |
| t mínimo (mm) | | | 200 |
| t calculado (mm) | | | 147 |
| No cumple condicion, se adopta profundidad mínima | | | |
| profundidad del tablero "t" (m) adoptado | | | 0,20 |

Fuente Autores

Los costos estimados de los materiales para la alternativa 1 del puente A y el puente B. Se presentan a continuación en la Tabla 8.10 Presupuesto puente A alternativa 1y en la Tabla 8.11 Presupuesto Puente B alternativa 1

Tabla 8.10 Presupuesto puente A alternativa 1

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------|---|----------------|----------|--------------|--------------|
| 328 | Concreto y mortero premezclados- Concreto grava común 5000 PSI 34 Mpa (35 Kg/cm ²) | m ³ | 19,90 | \$ 436.135 | \$ 9.113.041 |

Fuente Autores

Tabla 8.11 Presupuesto Puente B alternativa 1

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------|---|----------------|----------|--------------|---------------|
| 328 | Concreto y mortero premezclados- Concreto grava común 5000 PSI 34 Mpa (35 Kg/cm ²) | m ³ | 43,992 | \$ 436.135 | \$ 20.145.773 |

Fuente Autores

8.3.2 Alternativa 2: Superestructura en vigas metálicas y tablero en concreto

Esta alternativa se realiza por la versatilidad y facilidad en la ejecución del proyecto pues al ya estar prefabricado el elemento solo requiere de transporte e instalación, al contrario de la mampostería y del concreto, que son menos resistentes en tensión que en compresión, el acero presenta la misma resistencia a tensión que a compresión. (Valencia 2.1). Sus principales ventajas son:

- Alta resistencia
- Uniformidad
- Elasticidad
- Ductilidad
- Durabilidad
- Tenacidad

Un factor importante a tener en cuenta en el momento de la ejecución es el factor económico, para tal fin es necesario presentar el predimensionamiento de esta alternativa.

La geometría obtenida mediante el predimensionamiento realizado para esta alternativa se puede evidenciar en la Tabla 8.12 Alternativa 2 Puente A perfiles metálicos para vigas y tablero en concreto reforzado para el puente A y en la Tabla 8.13 Alternativa 2 Puente B perfiles metálicos para vigas y tablero en concreto reforzado para el puente B

Tabla 8.12 Alternativa 2 Puente A perfiles metálicos para vigas y tablero en concreto reforzado

| SUPERESTRUCTURA EN ACERO VIGA EN PERFIL METALICO | | | | | | | |
|--|---|--|--|-----------------------------|------------------------|--------|------|
| <p>PREDIMENSIONAMIENTO ALTERNATIVA 3 PUENTE A</p> | | | | | | | |
| | | | | MATERIALES | | | |
| | | | | Concreto F'c (MPa) | 35 | | |
| | | | | Acero Fy (MPa) | 420 | | |
| | | | | GEOMETRÍA | | | |
| | | | | VIGAS | | | |
| | | | | Ancho De Viga "b" | $b'=0,0157VS \times L$ | b' (m) | 0,30 |
| | | | | Ancho De Viga "b" adoptado | | b' (m) | 0,30 |
| | | | | Altura De Viga "h" | $h=0,040 \times L$ | h (m) | 0,64 |
| | | | | Altura De Viga "h" adoptado | | h (m) | 0,65 |
| TABLERO | | | | | | | |
| PARÁMETRO NORMA | | | | | | | |
| Tabla 2.5.2.6.3-1 – Profund.mínimas para superestructuras de profundidad constante | | | | | | | |
| PARA LUCES CONTINUAS SIMPLEMENTE APOYADAS | $\frac{S+3000}{30} \geq 165 \text{ mm}$ | | | | | | |
| t mínimo (mm) | 200 | | | | | | |
| t calculado (mm) | 147 | | | | | | |
| No cumple condicion, se adopta profundidad mínima | | | | | | | |
| profundidad del tablero "t" (m) adoptado | 0,20 | | | | | | |

Fuente Autores

Tabla 8.13 Alternativa 2 Puesto B perfiles metálicos para vigas y tablero en concreto reforzado

| VIGA SUPERESTRUCTURA EN CONCRETO REFORZADO VIGA "T" | | | | | | | |
|--|--|---|--|-----------------------------|----------------------|--------|------|
| | | | | | | | |
| | | | | MATERIALES | | | |
| | | | | Concreto F'c (MPa) | | 35 | |
| | | | | Acero Fy (MPa) | | 420 | |
| | | | | GEOMETRÍA | | | |
| | | | | VIGAS | | | |
| | | | | Ancho De Viga "b" | $b'=0,0157 \times L$ | b' (m) | 0,43 |
| | | | | Ancho De Viga "b" adoptado | | b' (m) | 0,45 |
| | | | | Altura De Viga "h" | $h=0,040 \times L$ | h (m) | 0,94 |
| | | | | Altura De Viga "h" adoptado | | h (m) | 0,95 |
| TABLERO | | | | | | | |
| PARÁMETRO NORMA | | | | | | | |
| Tabla 2.5.2.6.3-1 – Profund.minimas para superestructuras de profundidad constante | | | | | | | |
| PARA LUCES CONTINUAS SIMPLEMENTE APOYADAS | | $\frac{S+3000}{30} \geq 165 \text{ mm}$ | | | | | |
| t minimo (mm) | | 200 | | | | | |
| t calculado (mm) | | 147 | | | | | |
| No cumple condicion, se adopta profundidad mínima | | | | | | | |
| profundidad del tablero "t" (m) adoptado | | 0,20 | | | | | |

Fuente Autores

Los costos estimados de los materiales para la alternativa 2 del puente A y el puente B. Se presentan a continuación en la Tabla 8.14 Presupuesto Puesto A alternativa 2 y en la Tabla 8.15 Presupuesto Puesto B alternativa 2

Tabla 8.14 Presupuesto Puesto A alternativa 2

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------------|---|----------------|----------|--------------|----------------------|
| 9652 | Acero estructural para puente peatonal | Kg | 5530,608 | \$ 14.273 | \$ 82.885.286 |
| 328 | Concreto y mortero premezclados- Concreto grava común 5000 PSI 34 Mpa (35 Kg/cm ²) | m ³ | 8,90 | \$ 436.135 | \$ 4.077.513 |
| VALOR TOTAL | | | | | \$ 86.962.800 |

Fuente Autores

Tabla 8.15 Presupuesto Puesto B alternativa 2

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------------|---|----------------|-----------|--------------|-----------------------|
| 9652 | Acero estructural para puente peatonal | Kg | 11665,602 | \$ 14.273 | \$ 174.828.294 |
| 328 | Concreto y mortero premezclados- Concreto grava común 5000 PSI 34 Mpa (35 Kg/cm ²) | m ³ | 13,10 | \$ 436.135 | \$ 6.000.869 |
| VALOR TOTAL | | | | | \$ 180.829.163 |

Fuente Autores

8.3.3 Alternativa 3: Superestructura en concreto reforzado - viga cajón

Esta alternativa realiza la construcción de puentes con luces hasta de 50 metros, gracias a su eficiencia inercial y tensional, de este tipo de superestructura se puede destacar lo siguiente:

- Buena rigidez tensional que permite mejor distribución transversal de cargas
- Sus deformaciones elásticas y diferidas son menores
- La relación Inercia/sección es buena, tanto para funcionar con momentos positivos y negativos, es por este motivo que este sistema se emplea en vigas continuas. (Somenson, 2015)

Las dimensiones de la alternativa 3 se pueden encontrar mediante el predimensionamiento descrito en la Tabla 8.16 Alternativa 3 para el puente A viga cajón para el puente A y en la Tabla 8.17 Alternativa 3 para el puente B viga cajón.

Tabla 8.16 Alternativa 3 para el puente A viga cajón

| SUPERESTRUCTURA EN CONCRETO REFORZADO "VIGA CAJON" | | | | | | | |
|--|---|--|------|-----------------------------|----------------------|--------|------|
| <p>PREDIMENSIONAMIENTO ALTERNATIVA 2 PUENTE A</p> | | | | | | | |
| | | | | MATERIALES | | | |
| | | | | Concreto F'c (MPa) | | | 35 |
| | | | | Acero Fy (MPa) | | | 420 |
| | | | | GEOMETRÍA | | | |
| | | | | VIGAS | | | |
| | | | | Ancho De Viga "b" | $b'=0,0157 \times L$ | b' (m) | 0,30 |
| | | | | Ancho De Viga "b" adoptado | | | 0,30 |
| | | | | Altura De Viga "h" | $h=0,060 \times L$ | h (m) | 0,96 |
| | | | | Altura De Viga "h" adoptado | | | 1,00 |
| TABLERO | | | | | | | |
| PARÁMETRO NORMA | | | | | | | |
| Tabla 2.5.2.6.3-1 — Profund.minimas para superestructuras de profundidad constante | | | | | | | |
| PARA LUCES CONTINUAS SIMPLEMENTE APOYADAS | $\frac{S + 3000}{30} \geq 165 \text{ mm}$ | | | | | | |
| t minimo (mm) | | | 200 | | | | |
| t calculado (mm) | | | 147 | | | | |
| No cumple condicion, se adopta profundidad mínima | | | | | | | |
| profundidad del tablero "t" (m) adoptado | | | 0,20 | | | | |

Fuente Autores

Tabla 8.17 Alternativa 3 para el puente B viga cajón

| VIGA SUPERESTRUCTURA EN CONCRETO REFORZADO VIGA VIGA CAJON | | | |
|--|-----------------------|---|------|
| MATERIALES | | | |
| Concreto F'c (MPa) | | 35 | |
| Acero Fy (MPa) | | 420 | |
| GEOMETRÍA | | | |
| VIGAS | | | |
| Ancho De Viga "b" | $b'=0,0157V \times L$ | b' (m) | 0,43 |
| Ancho De Viga "b" adoptado | | b' (m) | 0,45 |
| Altura De Viga "h" | $h=0,060 \times L$ | h (m) | 1,40 |
| Altura De Viga "h" adoptado | | h (m) | 1,45 |
| TABLERO | | | |
| PARÁMETRO NORMA | | | |
| Tabla 2.5.2.6.3-1 — Profund.mínimas para superestructuras de profundidad constante | | | |
| PARA LUCES CONTINUAS SIMPLEMENTE APOYADAS | | $\frac{S + 3000}{30} \geq 165 \text{ mm}$ | |
| t mínimo (mm) | | 200 | |
| t calculado (mm) | | 147 | |
| No cumple condicion, se adopta profundidad mínima | | | |
| profundidad del tablero "t" (m) adoptado | | 0,20 | |

**PREDIMENSIONAMIENTO
ALTERNATIVA 2 PUENTE B**

Fuente Autores

Un factor importante a tener en cuenta en el momento de la ejecución es el factor económico, para tal fin se presentan en la Tabla 8.18 Presupuesto Puente A alternativa 3 y en la Tabla 8.19 Presupuesto Puente B alternativa 3 los costos de las alternativas para los dos puentes .

Tabla 8.18 Presupuesto Puente A alternativa 3

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------|--|----------------|----------|--------------|---------------|
| 7657 | Concreto y acero para estructuras / Concreto para estructuras - Concreto de 5000 PSI grava común para viga cajón preesforzadas | m ³ | 21,09 | \$ 1.899.786 | \$ 42.069.811 |

Fuente Autores

Tabla 8.19 Presupuesto Puente B alternativa 3

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|------|--|----------------|----------|--------------|---------------|
| 7657 | Concreto y acero para estructuras / Concreto para estructuras - Concreto de 5000 PSI grava común para viga cajón preesforzadas | m ³ | 46,449 | \$ 1.899.786 | \$ 92.655.318 |

Fuente Autores

8.3.4 Alternativa 4: Superestructura en vigas de concreto postensado

Este método consiste en someter a tensión cables de acero, claramente después de haber colocado el concreto y una vez este adquiera la resistencia deseada, los cables pueden ser adheridos o no adheridos, la tensión proporciona las fuerzas aplicadas que son opuestas a las producidas por las cargas de trabajo, dichas fuerzas no funcionan por adherencia al concreto sino por apoyo extremo, logrando aumentar así su capacidad de carga. Las principales características son:

- Construcción de grandes luces, reduciendo el uso de columnas.
- Sus deformaciones elásticas y diferidas son menores.
- Eficiencia y durabilidad del sistema.

Un factor importante a tener en cuenta en el momento de la ejecución es el factor económico, para tal fin es necesario presentar el predimensionamiento de esta alternativa. Como se muestra en la Tabla 8.20 Alternativa 4 para el puente A Viga AASHTO pretensada.

Tabla 8.20 Alternativa 4 para el puente A Viga AASHTO pretensada

| SUPERESTRUCTURA EN CONCRETO POSTENSADO "VIGA POSTENSADA" | | | | | | | |
|--|---|--|--|-----------------------------|------------------------------|--------|------|
| <p>PREDIMENSIONAMIENTO ALTERNATIVA 4 PUENTE A</p> | | | | | | | |
| | | | | MATERIALES | | | |
| | | | | Concreto F'c (MPa) | | 35 | |
| | | | | Acero Fy (MPa) | | 420 | |
| | | | | GEOMETRÍA | | | |
| | | | | VIGAS | | | |
| | | | | Ancho De Viga "b'" | $b'=0,0157\sqrt{S} \times L$ | b' (m) | 0,30 |
| | | | | Ancho De Viga "b'" adoptado | | b' (m) | 0,30 |
| | | | | Altura De Viga "h" | $h=0,033 \times L$ | h (m) | 0,53 |
| | | | | Altura De Viga "h" adoptado | | h (m) | 0,55 |
| TABLERO | | | | | | | |
| PARÁMETRO NORMA | | | | | | | |
| Tabla 2.5.2.6.3-1 — Profund.mínimas para superestructuras de profundidad constante | | | | | | | |
| PARA LUCES CONTINUAS SIMPLEMENTE APOYADAS | $\frac{S+3000}{30} \geq 165 \text{ mm}$ | | | | | | |
| t mínimo (mm) | 200 | | | | | | |
| t calculado (mm) | 147 | | | | | | |
| No cumple condicion, se adopta profundidad mínima | | | | | | | |
| profundidad del tablero "t" (m) adoptado | 0,20 | | | | | | |

Fuente Autores

Tabla 8.21 Alternativa 4 para el puente B Viga AASHTO pretensada

| VIGA SUPERESTRUCTURA EN CONCRETO REFORZADO VIGA "T" | | | |
|--|------------------------|---|------|
| <p>PREDIMENSIONAMIENTO ALTERNATIVA 4 PUENTE B</p> | | | |
| | | | |
| Concreto F'c (MPa) | | | 35 |
| Acero Fy (MPa) | | | 420 |
| GEOMETRÍA | | | |
| VIGAS | | | |
| Ancho De Viga "b" | $b'=0,0157VS \times L$ | b' (m) | 0,43 |
| Ancho De Viga "b" adoptado | | b' (m) | 0,45 |
| Altura De Viga "h" | $h=0,033 \times L$ | h (m) | 0,77 |
| Altura De Viga "h" adoptado | | h (m) | 0,80 |
| TABLERO | | | |
| PARÁMETRO NORMA | | | |
| Tabla 2.5.2.6.3-1 — Profund.mínimas para superestructuras de profundidad constante | | | |
| PARA LUCES CONTINUAS SIMPLEMENTE APOYADAS | | $\frac{S+3000}{30} \geq 165 \text{ mm}$ | |
| t mínimo (mm) | | | 200 |
| t calculado (mm) | | | 147 |
| No cumple condicion, se adopta profundidad mínima | | | |
| profundidad del tablero "t" (m) adoptado | | | 0,20 |

Fuente Autores

En la Tabla 8.22 Presupuesto puente A alternativa 4 y en la Tabla 8.23 Presupuesto puente B alternativa 4. Se evidencian los costos para la alternativa 4 en los dos puentes.

Tabla 8.22 Presupuesto puente A alternativa 4

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------------|--|----------------|----------|--------------|----------------------|
| 328 | Concreto y mortero premezclados- Concreto grava común 5000 PSI 34 Mpa (35 Kg/cm ²) | m ³ | 22,29 | \$ 436.135 | \$ 10.206.606 |
| 9773 | Cable de acero galvanizado de 5/8 Toneladas | ML | 63,6 | \$ 16.839 | \$ 1.124.508 |
| VALOR TOTAL | | | | | \$ 11.331.114 |

Fuente Autores

Tabla 8.23 Presupuesto puente B alternativa 4

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|--------------------|--|----------------|----------|--------------|----------------------|
| 328 | Concreto y mortero premezclados- Concreto grava común 5000 PSI 34 Mpa (35 Kg/cm ²) | m ³ | 32,76 | \$ 436.135 | \$ 15.002.172 |
| 9773 | Cable de acero galvanizado de 5/8 Toneladas | ML | 93,6 | \$ 16.839 | \$ 1.654.937 |
| VALOR TOTAL | | | | | \$ 16.657.109 |

Fuente Autores

8.4 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

la selección de la alternativa definitiva para el diseño se debe tener en cuenta el presupuesto de los materiales de la superestructura teniendo en cuenta los presupuestos mostrados anteriormente se tiene que el menor presupuesto es el de la viga T en concreto reforzado sin embargo no se recomienda la implementación de vigas T en concreto reforzado para luces mayores a 10 metros, teniendo en cuenta lo anterior se adopta como alternativa definitiva la Viga Tipo AASHTO para los puentes.

El tipo de viga AASTHO adoptada para los puentes se toma de la Tabla 8.24 Relación de tipo de viga AASHTO con luz libre entre apoyos en la que se relaciona el tipo de viga recomendado con la luz máxima entre apoyos de la viga.

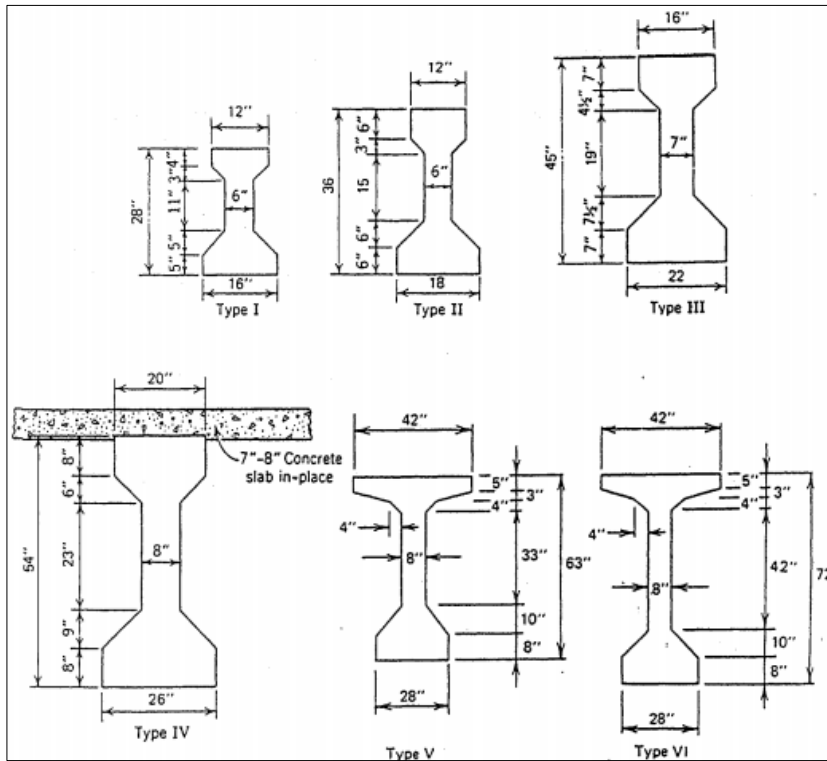
Tabla 8.24 Relación de tipo de viga AASHTO con luz libre entre apoyos

| Beam Type | Area, in. ² | I , in. ⁴ | c_b , in. | Recommended Span Limits, ft |
|-----------|------------------------|------------------------|-------------|-----------------------------|
| I | 276 | 22,750 | 12.59 | 30–45 |
| II | 369 | 50,980 | 15.83 | 40–60 |
| III | 560 | 125,390 | 20.27 | 55–80 |
| IV | 789 | 260,730 | 24.73 | 70–100 |
| V | 1013 | 521,180 | 31.96 | 90–120 |
| VI | 1085 | 733,320 | 36.38 | 110–140 |

Fuente: Design of Prestressed Concrete Structures. 3rd Edition-T. Y Lin Ned- - Burns.

Adicionalmente en la Figura 8.3 Dimensiones base para los diferentes tipos de viga AASHTO se pueden observar las dimensiones base para los diferentes tipos de vigas . (Lin T. Y.)

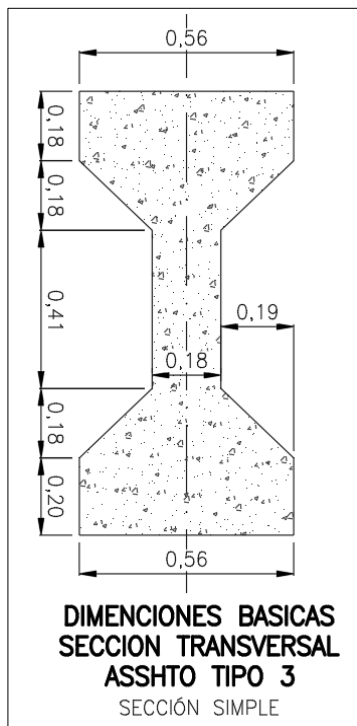
Figura 8.3 Dimensiones base para los diferentes tipos de viga AASHTO



Fuente Design of Prestressed Concrete Structures. 3rd Edition-T.Y Lin Ned- -Burns.

Teniendo en cuenta que la luz crítica en los dos puentes es de 23,4 metros se adopta la geometría base de la viga AASHTO tipo III. Y se predimensiona de según lo mostrado en la Figura 8.4 Dimensiones de viga AASHTO tipo III adoptadas para el diseño. presentada a continuación.

Figura 8.4 Dimensiones de viga AASHO tipo III adoptadas para el diseño.



Fuente Autores

Las dimensiones de la viga presentada anteriormente en la Figura 8.4 Dimensiones de viga AASHO tipo III adoptadas para el diseño. Se adoptan para las vigas de los puentes **A** y **B** debido que esta geometría cumple las recomendaciones para la luz más grande evaluada en los dos puentes de esta manera la geometría adoptada es óptima para implementación de la superestructura en los dos puentes.

9 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

A continuación, en el presente capítulo se presentan los parámetros adoptados, el procedimiento y los cálculos realizados para el diseño de la superestructura para los puentes peatonales denominados **A** y **B**. Teniendo en cuenta la alternativa seleccionada en el capítulo anterior. Por consiguiente, se diseña el tablero y las vigas simplemente apoyadas postensadas tipo AASHTO TIPO III. tomando como luz crítica la mayor luz entre apoyos de los dos puentes con una longitud total de **23.4** metros entre apoyos.

9.1 SUPERESTRUCTURA

El análisis y diseño estructural comprende el tablero y la viga postensada con la mayor luz de tenida en cuenta de los dos puentes a continuación de presenta de forma de tallada el análisis y diseño de los elementos.

9.1.1 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL TABLERO

A continuación, se presentan los materiales geometría general, análisis estructural y diseño estructural para el tablero de los puentes peatonales A y B; se debe tener en cuenta que los cálculos que se presentan están analizados y diseñados para una profundidad de un metro de tablero.

9.1.1.1 Materiales

En la Tabla 9.1 Propiedades de materiales para tablero se presentan los materiales utilizados para el diseño del tablero de la superestructura para los puentes A y B según lo especificado en el código colombiano para puentes del 2014 CCP14

Tabla 9.1 Propiedades de materiales para tablero

| PROPIEDADES DE MATERIALES | | |
|--|-------------------|--------------|
| CONCRETO REFORZADO DE 28 Mpa PARA TABLERO | | |
| PROPIEDAD | UND | VALOR |
| Peso Específico g_c | kN/m ³ | 24 |

| PROPIEDADES DE MATERIALES | | |
|--|-----|-------|
| CONCRETO REFORZADO DE 28 Mpa PARA TABLERO | | |
| PROPIEDAD | UND | VALOR |
| Resistencia A La Compresión F' _c | Mpa | 28 |
| Resistencia A Fluencia Acero Refuerzo F _y | Mpa | 420 |

Fuente Autores

9.1.1.2 Dimensionamiento del tablero y los accesorios

El espesor del tablero se debe dimensionar de acuerdo a los siguientes parámetros establecidos en el CCP 14

$$t = \frac{1.2(S + 3000)}{30}$$

$$t = \frac{1.2(1400 + 3000)}{30}$$

$$t = 176 \text{ mm ; pero } t > 200 \text{ mm}$$

Entonces se adopta el espesor del tablero de 200 mm.

En la Tabla 9.2 Dimensiones tableros y aditamentos para puente a y puente b se muestra el resumen de las dimensiones adoptadas para el tablero y los accesorios de los puentes A y B cumpliendo con los parámetros y especificaciones establecidos por el código colombiano de puentes del 2014 CCP 14

Tabla 9.2 Dimensiones tableros y aditamentos para puente a y puente b

| DIMENSION | UND | VALOR |
|--------------------------------|----------------|-------|
| Separación entre Ejes de Vigas | m | 1,40 |
| Voladizo (m) | m | 0,70 |
| Ancho Tableros (m) | m | 2,80 |
| Altura Tableros (m) | m | 0,20 |
| Área Transversal Tableros | m ² | 0,56 |
| Altura Bordillo (m) | m | 0,35 |
| Ancho Bordillo (m) | m | 0,20 |

| DIMENSION | UND | VALOR |
|---------------------------|----------------|-------|
| Área Transversal Tableros | m ² | 0,07 |
| Recubrimiento libre (m) | m | 0,05 |

Fuente Autores

9.1.1.3 Análisis de cargas para el tablero

Para la determinación de cargas se toma en cuenta los materiales propios de la estructura; los materiales de los accesorios como baranda y la carga viva especificada en el código colombiano de puentes del 2014 CCP14

➤ Carga permanente sobreimpuesta

$$DC \text{ bordillos} = 0.20m * 0.35m * 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$DC \text{ bordillos} = 1.68 \frac{kN}{m}$$

Barandas según detalle del diseño de barandas = $0,32 \frac{kN}{m}$; se tiene entonces una carga total permanente sobre impuesta de $2,00 \frac{kN}{m}$

➤ Carga muerta

$$DC \text{ peso propio tablero} = 0.20m * 2,80m * 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$DC \text{ peso propio tablero} = 13,44 \frac{kN}{m}$$

➤ **Carga viva**

Según CCP 14 para la carga viva peatonal se debe tomar un valor de 3,60 kN/m² y se debe factorizar por el área aferente en distribución.

$$Carga\ Viva\ PL = 3,60 \frac{kN}{m^2}$$

Se calcula la carga viva peatonal distribuida multiplicando la carga viva PL por el ancho transitable del puente peatonal igual a 2.4. De esta manera se obtiene una carga viva PL distribuida de 8.64 kN/m

En la Tabla se muestran el resumen de las cargas asignadas al modelo matemático para la determinación de momentos, cortantes y deformaciones.

Tabla 9.3 Resumen de cargas asignadas al modelo.

| Datos Según Detalle Diseño De Baranda | | |
|--|-------------------|--------------|
| PROPIEDAD | UND | VALOR |
| Peso Específico Baranda | Kn/m | 0,32 |
| Peso Específico Bordillo | Kn/m | 1,68 |
| Peso total de la baranda | Kn/m | 2,00 |
| CARGA VIVA PEATONAL PL | | |
| CARGA | UND | VALOR |
| Carga Viva Según CCP-14 PL | Kn/m ² | 3,6 |
| Carga Viva En Área Aferente PL | Kn/m | 8,64 |
| CARGA MUERTA DC | | |
| CARGA | UND | VALOR |
| Carga Muerta Peso Propio DC | Kn/m | 13,44 |
| Carga Muerta Elem Adicionales DC | Kn/m | 2,00 |

Fuente Autores

9.1.1.4 Combinaciones de cargas

En la Tabla 9.4 Combinaciones de cargas se presentan las combinaciones de carga empleadas para el análisis y diseño estructural

Tabla 9.4 Combinaciones de cargas

| Combinación | Ecuación |
|---------------|-------------------------------|
| Servicio 1 | Ser I = 1,00 x DC+ 1,00 x PL |
| Resistencia 1 | Res I = 1,25 x DC + 1,75 x PL |

Fuente Autores

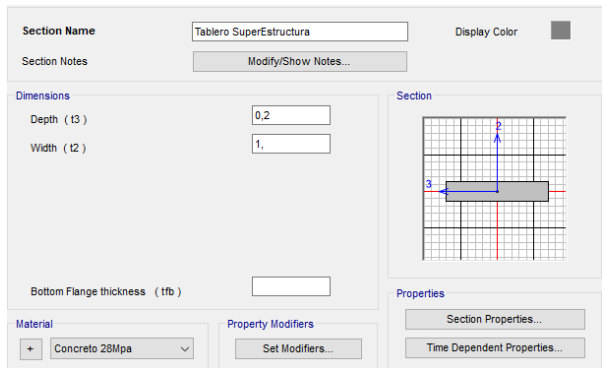
9.1.1.5 Modelo matemático

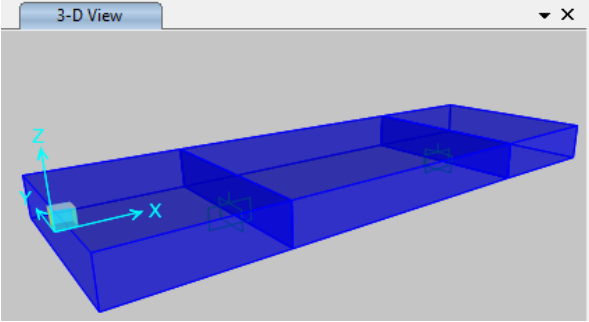
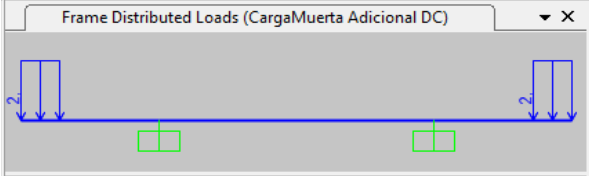
Para el análisis estructural se recurre a la utilización del software SAP2000 para generar un modelo matemático para la obtención de cortantes y momentos últimos sobre el tablero de la estructura.

➤ Datos ingresados al modelo matemático

A continuación, en la Tabla 9.5 Datos ingresados al modelo se presentan los datos incluidos al modelo matemático para la obtención de resultados del análisis estructural.

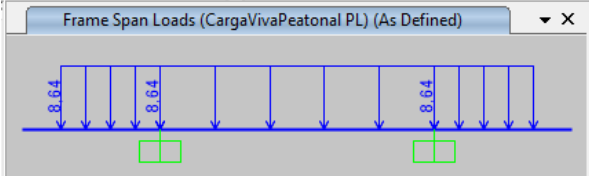
Tabla 9.5 Datos ingresados al modelo

| PROPIEDADES DE MATERIALES | PROPIEDADES DE GEOMETRICAS |
|---------------------------|--|
| |  |

| PROPIEDADES DE MATERIALES | PROPIEDADES DE GEOMETRICAS | | | | | | | | | |
|---|---|---------------------------------|------|-------|-----|---------------------------------|---------------------------------|--------|---------------------------------|---------------------------------|
| <p>General Data</p> <p>Material Name and Display Color: <input type="text" value="Concreto 28 Mpa"/></p> <p>Material Type: <input type="text" value="Concrete"/></p> <p>Material Grade: <input type="text" value="Concreto 28 Mpa"/></p> <p>Material Notes: <input type="button" value="Modify/Show Notes..."/></p> <p>Weight and Mass</p> <p>Weight per Unit Volume: <input type="text" value="24,"/></p> <p>Mass per Unit Volume: <input type="text" value="2,4473"/></p> <p>Units</p> <p><input type="text" value="KN, m, C"/></p> <p>Isotropic Property Data</p> <p>Modulus Of Elasticity, E: <input type="text" value="20636860,"/></p> <p>Poisson, U: <input type="text" value="0,2"/></p> <p>Coefficient Of Thermal Expansion, A: <input type="text" value="9,900E-06"/></p> <p>Shear Modulus, G: <input type="text" value="8598692,"/></p> <p>Other Properties For Concrete Materials</p> <p>Specified Concrete Compressive Strength, f_c: <input type="text" value="28000,"/></p> <p>Expected Concrete Compressive Strength: <input type="text" value="28000,"/></p> <p><input type="checkbox"/> Lightweight Concrete</p> <p>Shear Strength Reduction Factor: <input type="text"/></p> | <p>S Reinforcement Data</p> <p>Rebar Material</p> <p>Longitudinal Bars: <input type="text" value="+ A615Gr60"/></p> <p>Confinement Bars (Ties): <input type="text" value="+ A615Gr60"/></p> <p>Design Type</p> <p><input type="radio"/> Column (P-M2-M3 Design)</p> <p><input checked="" type="radio"/> Beam (M3 Design Only)</p> <p>Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center</p> <p>Top: <input type="text" value="0,07"/></p> <p>Bottom: <input type="text" value="0,07"/></p> <p>Reinforcement Overrides for Ductile Beams</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Left</th> <th>Right</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Top</td> <td><input type="text" value="0,"/></td> <td><input type="text" value="0,"/></td> </tr> <tr> <td>Bottom</td> <td><input type="text" value="0,"/></td> <td><input type="text" value="0,"/></td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/></p> | | Left | Right | Top | <input type="text" value="0,"/> | <input type="text" value="0,"/> | Bottom | <input type="text" value="0,"/> | <input type="text" value="0,"/> |
| | Left | Right | | | | | | | | |
| Top | <input type="text" value="0,"/> | <input type="text" value="0,"/> | | | | | | | | |
| Bottom | <input type="text" value="0,"/> | <input type="text" value="0,"/> | | | | | | | | |
| ASIGNACION DE CARGA | COMBINACIONES Y CASOS DE CARGA | | | | | | | | | |
| <p>Vista 3D</p>  | | | | | | | | | | |
| <p>Carga Muerta DC</p>  | | | | | | | | | | |

PROPIEDADES DE MATERIALES

Carga Viva PL



Frame Span Loads (CargaVivaPeatonal PL) (As Defined)

PROPIEDADES DE GEOMETRICAS

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

| Load Case Name | Load Case Type | Mode | Scale Factor |
|----------------------|----------------|------|--------------|
| CargaMuertaTotal DC | Linear Static | | 1,25 |
| CargaMuertaTotal DC | Linear Static | | 1,25 |
| CargaVivaPeatonal PL | Linear Static | | 1,75 |

Load Case Name

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

Load Case Type

Analysis Type

Linear

Nonlinear

Mass Source

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

| Load Case Name | Load Case Type | Mode | Scale Factor |
|----------------------|----------------|------|--------------|
| CargaMuertaTotal DC | Linear Static | | 1, |
| CargaMuertaTotal DC | Linear Static | | 1, |
| CargaVivaPeatonal PL | Linear Static | | 1, |

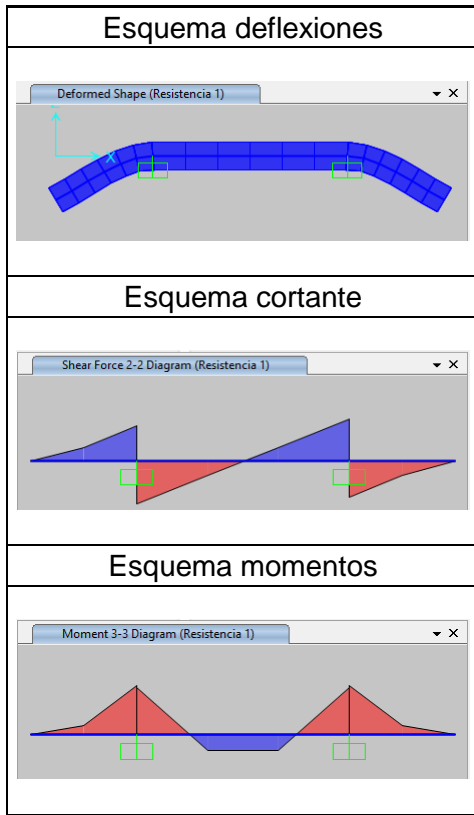
Fuente Autores

➤ Resultados del modelo matemático

A continuación, en la Tabla 9.6 Vista Esquemática de Resultados Modelo Matemático se muestran de forma esquemática y geométrica los resultados de deflexiones, cortantes y momento adicionalmente En la Fuente Autores

Tabla 9.7 Resultados del modelo se presentan los resultados de deflexiones momentos y cortantes últimos a utilizando la combinación de carga Resistencia 1.

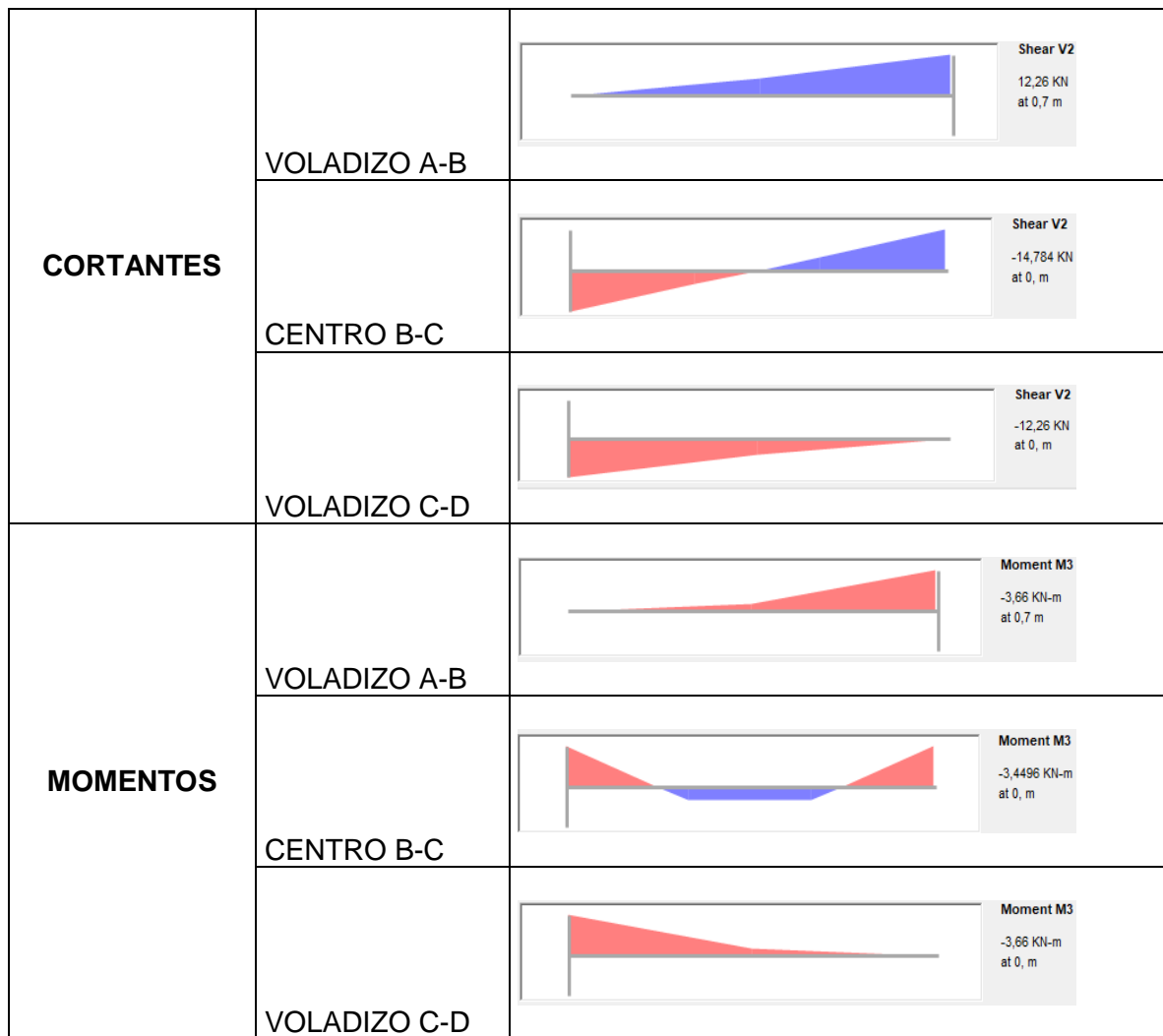
Tabla 9.6 Vista Esquemática de Resultados Modelo Matemático



Fuente Autores

Tabla 9.7 Resultados del modelo matemático-

| VISTA DETALLADA DE RESULTADOS DEL ANALISIS DEL MODELO MATEMATICO | | |
|--|--------------|---|
| RESULTADOS | TRAMO | ESQUEMA DETALLADO |
| REACCIONES | VOLADIZO A-B | <p>Equivalent Loads - Free Body Diagram (Concentrated Forces in KN, Concentrated Moments in KN-m)</p> <p>Dist Load (2-dir) 21,12 KN/m at 0,7 m Positive in -2 direction</p> |
| | CENTRO B-C | <p>Equivalent Loads - Free Body Diagram (Concentrated Forces in KN, Concentrated Moments in KN-m)</p> <p>Dist Load (2-dir) 21,12 KN/m at 1,4 m Positive in -2 direction</p> |
| | VOLADIZO C-D | <p>Equivalent Loads - Free Body Diagram (Concentrated Forces in KN, Concentrated Moments in KN-m)</p> <p>Dist Load (2-dir) 21,12 KN/m at 0, m Positive in -2 direction</p> |



Fuente Autores

A partir de los datos arrojados por el modelo matemático se muestra a continuación en la Tabla 9.8 Resumen de Resultados del modelo matemático del tablero el resumen de los resultados.

Tabla 9.8 Resumen de Resultados del modelo matemático del tablero

| RESUMEN RESULTADOS | | | | | |
|----------------------|---|-------|---------|--------|--------|
| TRAMO | | A-B | B-C | | C-D |
| CORTANTES kN | + | 12,26 | | 14,784 | |
| | - | | -14,784 | | -12,26 |
| MOMENTOS kN-m | - | -3,66 | -3,44 | | -3,66 |
| | + | | | 1,15 | |

| RESUMEN RESULTADOS | | | |
|--------------------|----------|-------------|----------|
| TRAMO | A-B | B-C | C-D |
| DEFLEXIONES (m) | 0,000032 | 0,000006067 | 0,000032 |

Fuente Autores

9.1.1.6 Diseño a Flexión

Se realiza el diseño a flexión conforme a los parámetros y especificaciones establecidos en el código colombiano de puentes CCP 14

➤ Diseño a Flexión para el momento positivo

En la Tabla 9.9 Diseño para el momento positivo del tablero se presenta el procedimiento realizado para el diseño a flexión para el momento positivo del tablero

Tabla 9.9 Diseño para el momento positivo del tablero

| MOMENTO ULTIMO POSITIVO $M_u (+)$ | | | | | 1,15 |
|-----------------------------------|---|--------------|--|------------------------|-------------|
| varilla longitudinal asumida | | | | | |
| varilla # | 4 | e_l | 0,0127 | Área (m ²) | 0,000126677 |
| varilla cortante asumida | | | | | |
| varilla # | 3 | ϕ_v | 0,009525 | Área (m ²) | 0,00007126 |
| PROFUNDIDAD EFECTIVA (m) | | d | $d = t - Rl - \phi_v - \frac{\phi_l}{2}$ | | 0,13413 |
| Cuantía de diseño | | ρ | $\rho = \frac{0,85 \cdot F'c}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2,61 \cdot M_u}{F_c \cdot b \cdot d^2}} \right]$ | | 0,0001691 |
| Cuantía de diseño mínima | | ρ_{min} | 0,003300 | | |
| | | ρ | 0,003300 | | |

| | | | | |
|--|--------------------|--|------------------|-------------|
| Cuantía de diseño adoptada | | | | |
| Área de Refuerzo (m ²) | A _s | A _s =ρ×b×d | | 0,000442613 |
| varilla # | 4 | área (m ²) | 0,00012668 | |
| cantidad de varillas | un | 3,494 | varillas totales | 4 |
| 4 varillas # 4 @ 0,25 | | | | |
| VERIFICACION φM_n > M_u | | | φ = | 0,9 |
| A (m) | a | $a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c \cdot b}$ | | 0,008941897 |
| Momento Positivo Nominal (Kn-m) | M _{n (+)} | $\phi M_n = \phi \times A_s \times F_y \left(d \times \frac{a}{2} \right)$ | | 24,83334416 |
| CUMPLE | | | | |
| VERIFICACION A_s MINIMO | | | | |
| Módulo De Rotura Del Concreto (Mpa) | F _r | $F_R = 0,62 \sqrt{F'_c}$ | | 3,28 |
| Módulo De Sección | S _c | $S_c = \frac{b \times h^2}{6}$ | | 0,00667 |
| Factor De Variación De Fisuración Por Flexión | g ₁ | 1.2 para estructuras prefabricadas segmentales 1.6 para todas las demás estructuras de concreto | | 1,6 |
| Relación Resistencia Fluencia Y Resistencia Tracción De Refuerzo | g ₃ | 0.67 para refuerzo A615, Grado 60 0.75 para refuerzo A706, Grado 60 1.00 para estructuras de concreto preesforzado | | 0,67 |
| Momento De Fisuración KN-m | M _{cr} | $M_{cr} = \gamma_3 * \gamma_1^2 * F_r * S_c$ | | 37,51 |
| 1,33 M _u | | | | 1,53 |
| CUMPLE | | | | |
| VERIFICACION A_s MAXIMO | | | b = | 0,85 |
| C | C | | | 0,010519878 |

| | | | | |
|---|----------------------|--|------------------|----------|
| | | $c = \frac{a}{\beta}$ | | |
| CONDICION | $\frac{c}{d} < 0,42$ | $\frac{c}{d} =$ | 0,078 | |
| CUMPLE | | | | |
| ACERO DE DISTRIBUCION | | | | |
| Condición Área Refuerzo De Distribución (m ²) | A _s Dist | $A_s Dist = \frac{3840}{\sqrt{S}} \leq 67\%$ | | 103 |
| Se Trabaja Con El 67 % Del Refuerzo A Flexión | | | | |
| Área de Refuerzo De Distribución (m ²) | A _s Dist | A _s × 67% | | 0,000339 |
| varilla # | 3 | área (m ²) | 0,00007126 | |
| cantidad de varillas | un | 4,8 | varillas totales | 5 |
| 5 varillas # 3 @ 0,2 | | | | |

Fuente Autores

Como resultado de lo anterior para la cara inferior del tablero se obtiene que el refuerzo consta de 4 varillas longitudinales número 4 cada 0,25 metros por cada metro de en la sección transversal y a su vez se debe destinar unas 5 varillas número 3 cada 0,20 metros como acero de distribución

➤ Diseño a Flexión para el momento negativo

En la Tabla 9.10 Diseño para el momento negativo del tablero se presenta el procedimiento realizado para el diseño a flexión para el momento negativo del tablero.

Tabla 9.10 Diseño para el momento negativo del tablero

| | |
|---|------|
| MOMENTO NEGATIVO M_u (-) | 3,66 |
| varilla longitudinal asumida | |

| | | | | | |
|--|----------------|--|---|--------------------------------|------------|
| varilla # | 4 | ϕ_l | 0,0127 | Área (m ²) | 0,00012668 |
| varilla cortante asumida | | | | | |
| varilla # | 3 | ϕ_v | 0,009525 | Área (m ²) | 0,00007126 |
| PROFUNDIDAD EFECTIVA (m) | | d | $d = t - Rl - \phi_v - \frac{\phi_l}{2}$ | | 0,13413 |
| Cuantía de diseño | | ρ | $\rho = \frac{0,85 \cdot F'c}{F_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2,61 \cdot Mu}{F_c \cdot b \cdot d^2}} \right]$ | | 0,0005399 |
| Cuantía de diseño mínima | | ρ_{min} | 0,003300 | | |
| Cuantía de diseño adoptada | | ρ | 0,003300 | | |
| Área de Refuerzo (m ²) | | A _s | A _s = $\rho \times b \times d$ | | 0,00044261 |
| varilla # | 4 | área (m ²) | 0,0001266769 | | |
| cantidad de varillas | un | 3,494 | varillas totales | 4 | |
| 4 varillas # 4 @ 0,25 | | | | | |
| VERIFICACION $\phi M_n > M_u$ | | | | $\phi = 0,9$ | |
| a | a | $a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F_c \cdot b}$ | | | 0,0089419 |
| Momento Negativo Nominal | Mn (-) | $\phi Mn = \phi \times A_s \times F_y \left(d \times \frac{a}{2} \right)$ | | | 24,8333442 |
| CUMPLE | | | | | |
| VERIFICACION A_s MINIMO | | | | | |
| Módulo De Rotura Del Concreto (Mpa) | F _r | $F_R = 0,62 \sqrt{F'c}$ | | | 3,28 |
| Módulo De Sección | S _c | $S_c = \frac{b \times h^2}{6}$ | | | 0,00667 |

| | | | |
|---|----------------------|--|-----------------------|
| Factor De Variación De Fisuración Por Flexión | g_1 | 1.2 para estructuras prefabricadas segmentales 1.6 para todas las demás estructuras de concreto | 1,6 |
| Relación Res. Fluencia Y Res. Tracción De Refuerzo | g_3 | 0.67 para refuerzo A615, Grado 60 0.75 para refuerzo A706, Grado 60 1.00 para estructuras de concreto preesforzado | 0,67 |
| Momento De Fisuración KN-m | M_{cr} | $M_{cr} = \gamma_3 * \gamma_1^2 * Fr * Sc$ | 37,51 |
| 1,33 M_u | | | 4,87 |
| CUMPLE | | | |
| VERIFICACION A_s MAXIMO | | | $b =$ 0,85 |
| Factor C | C | $c = \frac{a}{\beta}$ | 0,01051988 |
| CONDICION | $\frac{c}{d} < 0,42$ | $\frac{c}{d} =$ | 0,078 |
| CUMPLE | | | |
| ACERO DE DISTRIBUCION | | | |
| Condición Área Refuerzo De Distribución (m ²) | A_s Distribución | $A_s Dist = \frac{3840}{\sqrt{S}} \leq 67\%$ | 103 |
| Se Trabaja Con El 67 % Del Refuerzo A Flexión | | | |
| Área de Refuerzo De Distribución (m ²) | A_s Distribución | $A_s \times 67\%$ | 0,0003395 |
| varilla # | 3 | área (m ²) | 0,00007126 |
| cantidad de varillas | un | 4,8 | varillas totales 5 |
| 5 varillas # 3 @ 0,2 | | | |

Fuente Autores

Como resultado de lo anterior para la cara superior del tablero se obtiene que el refuerzo consta de 4 varillas longitudinales número 4 cada 0,25 metros por cada metro de en la sección transversal y a su vez se debe destinar 5 varillas número 3 cada 0,20 metros como acero de distribución.

➤ **Diseño y verificación a cortante**

A continuación, en la Tabla 9.11 diseño a cortante del tablero se presenta el procedimiento realizado para el diseño a cortante del tablero los puentes

Tabla 9.11 diseño a cortante del tablero

| DISEÑO A CORTANTE $\phi V_n > V_u$ | | | |
|--|-----------------------|---------------|---------------------------------------|
| Cortante Ultimo V_u | kN = | 14,784 | |
| $\phi =$ | | 0,9 | |
| $d_v =$ mayor de | $d_v=0,90 \times d =$ | m | 0,121 |
| | $d_v=0,72 \times t =$ | m | 0,144 |
| Verificación de cumplimiento de cortante | | Valor | $\phi V_n > V_u$ |
| $\phi V_n = \phi V_c = \phi \times 0,166 \times \sqrt{F'_c} \times b \times d_v$ | | 113,84 kN | CUMPLE |

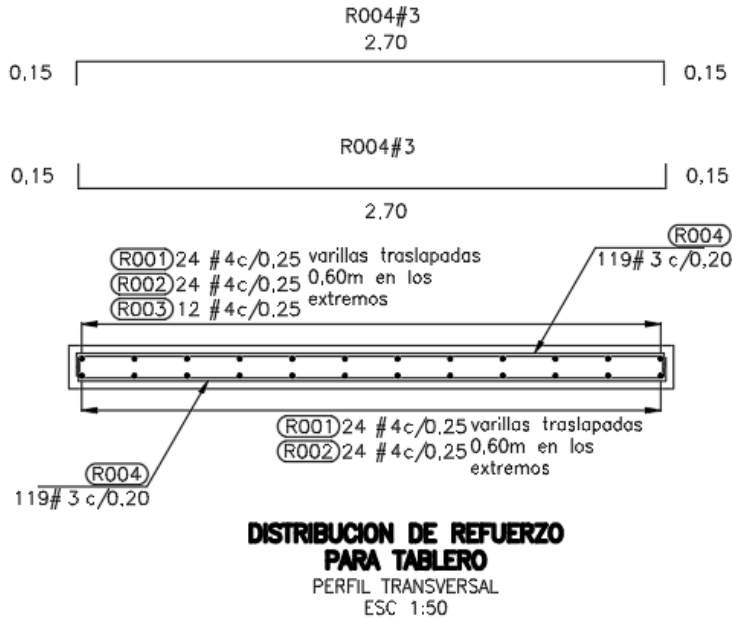
Fuente Autores

Tomando como evidencia en la verificación a cortante mostrada anteriormente se determina que la sección transversal diseñada junto con el acero dispuesto para la misma sección cumple con e la verificación a cortante y se puede continuar con el diseño de las vigas.

9.1.1.7 Detalle y configuración del refuerzo del tablero

En la Figura 9.1 Detalle de Configuración y distribución del refuerzo del tablero se puede observar el detalle y la configuración del refuerzo del tablero

Figura 9.1 Detalle de Configuración y distribución del refuerzo del tablero



Fuente Autores

9.1.2 ANÁLISIS Y DISEÑO DE VIGA POSTENSADA DE 23,4 METROS.

A continuación, se presentan los materiales geometría general, análisis estructural y diseño estructural para una viga postensada AASHTO TIPO III para los puentes peatonales A y B; se debe tener en cuenta que los cálculos que se presentan están analizados y diseñados para la viga con la mayor luz libre entre apoyos tomada como longitud crítica entre los dos puentes peatonales.

9.1.2.1 Materiales

En la Tabla 9.12 Propiedades de materiales para la viga se presentan los materiales utilizados para el diseño de la Viga de la superestructura para los puentes A y B según lo especificado en el código colombiano para puentes del 2014 CCP14.

Tabla 9.12 Propiedades de materiales para la viga

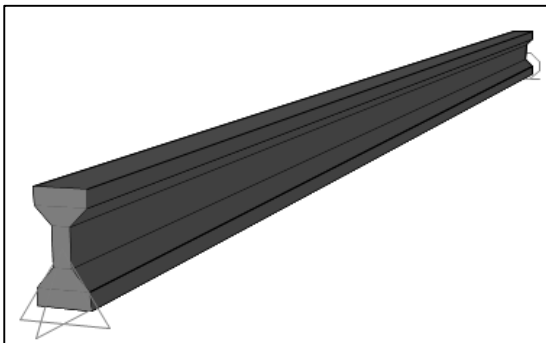
| CONCRETO PARA VIGA | | |
|--|-------------------|--------------|
| Propiedad | Und | Valor |
| Peso Específico g_c | kN/m ³ | 24 |
| Resistencia A La Compresión F'_c (viga) | Mpa | 35 |
| Resistencia A Compresión En Transferencia F'_{ci} (Viga) | Mpa | 29,75 |
| Módulo De Elasticidad (Viga) | Mpa | 28397,18 |
| Resistencia a Compresión F'_c (Tablero) | Mpa | 28 |
| Resistencia. A Compresión En Transferencia F'_{ci} (Tablero) | Mpa | 23,8 |
| Módulo De Elasticidad (Tablero) | Mpa | 25399,21 |
| ACEROS DE REFUERZO Y PREESFUERZO | | |
| Res. a Fluencia acero Refuerzo F_y | Mpa | 420 |
| Res. a Fluencia Acero Preesfuerzo F_{pu} | Mpa | 1860 |
| Res. a Ultima Acero Preesfuerzo F_{py} | Mpa | 1674,00 |

Fuente Autores

9.1.2.2 Dimensionamiento de la viga

A continuación, se presentan de forma detallada las dimensiones necesarias para la realización del dimensionamiento y a su vez las dimensiones propias de la viga, teniendo en cuenta que se debe dimensionar cumpliendo con los parámetros establecidos en el CCP 14.

Figura 9.2 vista isométrica viga AASHTO tipo III de 23,4 metros



Fuente Autores

En la Figura 9.2 vista isométrica viga AASHTO tipo III de 23,4 metros se puede evidenciar de manera la configuración asignada al modelo matemático, al igual que los apoyos asignados a la viga.

➤ **Geometría de superestructura de los puentes**

Para el dimensionamiento de la viga también se deben tener en cuenta dimensiones del tablero y de elementos adyacentes las cuales se presenta a continuación en la Tabla 9.13 Geometría de los puentes

Tabla 9.13 Geometría de los puentes

| Dimensión | Unidad | Valor |
|---------------------------------|----------------|--------------|
| Longitud Entre Apoyos | m | 23,40 |
| Número De Vigas En La Sección | und | 2,00 |
| Ancho del Tablero | m | 2,80 |
| Altura de Tablero | m | 0,20 |
| Separación entre Ejes de Vigas | m | 1,40 |
| Aferencia Sobre Vigas | m | 1,40 |
| Altura Bordillo | m | 0,35 |
| Ancho Bordillo | m | 0,20 |
| Área Transversal Bordillo | m ² | 0,07 |
| Número De Riostras entre apoyos | und | 2,00 |
| Ancho de Riostras | m | 0,30 |
| Recubrimiento libre | m | 0,05 |

Fuente Autores

➤ **Geometría de vigas postensadas AASHTO tipo 3**

para el dimensionamiento de las vigas se adoptaron los valores presentados en la Tabla 9.14 Geometría de las vigas postensadas AASHTO tipo 3 que se evidencia a continuación.

Tabla 9.14 Geometría de las vigas postensadas AASHTO tipo 3

| Dimensión | Unidad | Valor |
|--------------------------------|----------------|--------|
| Altura De Viga | m | 1,15 |
| Ancho De Alma | m | 0,18 |
| Altura Cabeza Superior | m | 0,18 |
| Ancho Cabeza Superior | m | 0,56 |
| Altura Cabeza Inferior | m | 0,20 |
| Ancho Cabeza Inferior | m | 0,56 |
| Altura Acartelamiento Superior | m | 0,18 |
| Ancho Acartelamiento Superior | m | 0,19 |
| Altura Acartelamiento Inferior | m | 0,18 |
| Ancho Acartelamiento Inferior | m | 0,19 |
| Área Transversal Vigas | m ² | 0,42 |
| Longitud bloque de Anclaje | m | 0,9000 |
| Longitud De Transición | m | 0,45 |

Fuente Autores

➤ **Propiedades Geométricas de la sección simple y sección compuesta**

Adicionalmente se deben analizar las propiedades geométricas de las secciones simple (viga) y compuesta (viga + tablero), dichos datos se pueden evidenciar en la mostrada a continuación

Tabla 9.15 Propiedades de las secciones

| PROPIEDADES DE LA SECCIÓN SIMPLE | | | |
|--|----------|----------------|-------|
| Propiedad | | Und | Valor |
| Área | A_{ss} | m ² | 0,420 |
| Centroide Inferior | Y_{is} | m | 0,568 |
| Centroide Superior | Y_{ss} | m | 0,582 |
| Inercia Sobre El Eje X | I_{ss} | m ⁴ | 0,060 |
| Modulo Inferior | S_{is} | m ³ | 0,106 |
| Modulo Superior | S_{ss} | m ³ | 0,103 |
| PROPIEDADES DE LA SECCIÓN COMPUESTA | | | |
| Área | A_{sc} | m ² | 0,700 |

| | | | |
|------------------------|----------|----------------|-------|
| Centroide Inferior | Y_{ic} | m | 0,855 |
| Centroide Superior | Y_{sc} | m | 0,495 |
| Inercia Sobre El Eje X | I_{sc} | m ⁴ | 0,136 |
| Modulo Inferior | S_{ic} | m ³ | 0,159 |
| Modulo Superior | S_{sc} | m ³ | 0,274 |

Fuente Autores

➤ **Verificación del ancho efectivo de la sección compuesta**

De igual manera en la Tabla 9.16 Verificación de ancho de la sección compuesta se presentan los datos de la verificación geométrica del ancho efectivo de la sección compuesta de la superestructura

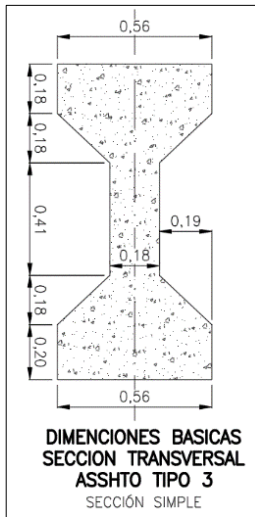
Tabla 9.16 Verificación de ancho de la sección compuesta

| VERIFICACION ANCHO EFECTIVO SECCION COMPUESTA | | | |
|--|--|------------|--------------|
| Verificación | Ecuación | Und | Valor |
| b_{e1} | $12Tl+Tv$ | m | 2,58 |
| b_{e2} | $Lv/4$ | m | 5,85 |
| b_{e3} | S | m | 1,40 |
| b_{e4} | Ancho Aferente Viga | m | 1,40 |
| b_{e5} | $6Tl+Tv/2+S/2$ | m | 1,99 |
| b_{e6} | $6Tl+Tv/2+Voladizo$ | m | 1,99 |
| $b_{e(Definitivo)}$ | $b_{ei} \text{ mínimo}/(\sqrt{F'_c (viga)}/\sqrt{F'_c (tablero)})$ | m | 1,252 |

Fuente Autores

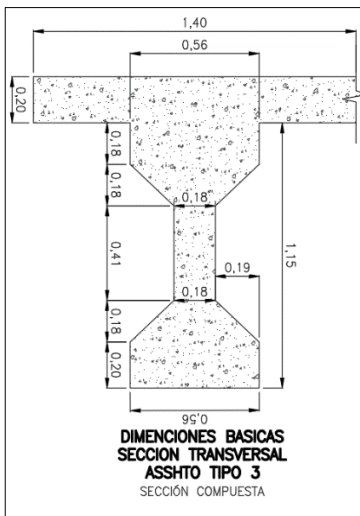
En la Figura 9.3 Dimensiones sección simple y Figura 9.4 Dimensiones sección compuesta se observa el detalle del dimensionamiento definitivo para el diseño de la viga para sección simple y la sección compuesta (viga + tablero).

Figura 9.3 Dimensiones sección simple



Fuente Autores

Figura 9.4 Dimensiones sección compuesta



Fuente Autores

9.1.2.3 Análisis de cargas para la viga

Para la determinación de cargas se toma en cuenta los materiales propios de la estructura; los materiales de los accesorios como baranda y la carga viva especificada en el código colombiano de puentes del 2014 CCP14.

➤ Carga permanente sobreimpuesta

$$DC \text{ bordillos} = 0.20m * 0.35m * 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$DC \text{ bordillos} = 1.68 \frac{kN}{m}$$

Barandas según detalle del diseño de barandas = $0,32 \frac{kN}{m}$; se tiene entonces una carga total permanente sobre impuesta de $2,00 \frac{kN}{m}$

➤ Carga muerta

$$DC \text{ peso propio viga} = 0.42m^2 * 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$DC \text{ peso propio viga} = 10,08 \frac{kN}{m}$$

$$DC \text{ peso propio } 1/2 \text{ tablero} = 0.20m * 1,40m * 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$DC \text{ peso propio tablero} = 6,72 \frac{kN}{m}$$

➤ Carga viva

Según CCP 14 para la carga viva peatonal se debe tomar un valor de 3,60 kN/m y se debe factorizar por el área aferente en distribución.

$$Carga\ Viva\ PL = 3,60 \frac{kN}{m}$$

En la Tabla 9.17 Cargas asignadas al modelo la el análisis de la viga se muestran el resumen de las cargas asignadas al modelo matemático para la determinación de momentos, cortantes y deformaciones de la viga.

Tabla 9.17 Cargas asignadas al modelo la el análisis de la viga

| CARGA MUERTA DC | | |
|--|------------|--------------|
| Carga | Und | Valor |
| Carga Muerta Peso Propio Por Viga DC | Kn/m | 10,08 |
| Carga Muerta Peso Propio Por Aferencia de Tablero DC | Kn/m | 6,72 |
| Carga Muerta Elem Adicionales DC | Kn/m | 2,00 |
| CARGA VIVA PEATONAL PL | | |
| Carga | Und | Valor |
| Carga Viva Según CCP-14 PL | Kn/m | 3,6 |
| Carga Viva En Área Aferente Por Cada Viga PL | Kn/m | 4,32 |

Fuente Autores

9.1.2.4 Combinaciones de cargas

En el cuadro Tabla 9.18 Combinaciones de carga para el análisis de la viga se presentan las combinaciones de carga empleadas para el análisis y diseño estructural

Tabla 9.18 Combinaciones de carga para el análisis de la viga

| COMBINACIONES | |
|----------------------|-------------------------------|
| Combinación | Ecuación |
| Servicio 1 | Ser I = 1,00 x DC+ 1,00 x PL |
| Resistencia 1 | Res I = 1,25 x DC + 1,75 x PL |

Fuente Autores

9.1.2.5 Esfuerzos límites y excentricidad resultante del cable preesfuerzo

A continuación, se presentan en la del procedimiento para la determinación de los esfuerzos límites a tracción y compresión de la superestructura

Tabla 9.19 Esfuerzos límites y excentricidad del cable de preesfuerzo

| ESFUERZOS LIMITES A TRACCIÓN | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------|-----|---|
| ESFUERZO LIMITE | ECUACION | VALOR | UND | OBSERVACION |
| s ₁ | $s_1 = 0,5 \times \sqrt{F'_c}$ | 2,958 | MPa | Resistencia máxima del concreto a tracción en etapa de servicio de acuerdo con el CCP-14. |
| s ₂ | $s_2 = 0,5 \times \sqrt{F'_{ci}}$ | 2,727 | MPa | Resistencia máxima del concreto a tracción durante la transferencia de acuerdo con el CCP-14. |
| s ₃ | $s_3 = 0,5 \times \sqrt{F'_c}$ | 2,958 | MPa | Resistencia máxima del concreto a tracción con cargas sobrepuestas de acuerdo con el CCP-14. |
| ESFUERZOS LIMITES A COMPRESIÓN | | | | |
| ESFUERZO LIMITE | ECUACION | VALOR | UND | OBSERVACION |
| s _{S1} | $s_{S1} = 0,6 \times F'_c$ | 21,00 | MPa | Resistencia máxima del concreto a compresión en etapa de servicio de acuerdo con el CCP-14. |
| s _{S2} | $s_{S2} = 0,6 \times F'_{ci}$ | 17,85 | MPa | Resistencia máxima del concreto a compresión durante la transferencia de acuerdo con el CCP-14. |
| EXCENTRICIDAD RESULTANTE DEL CABLE | | | | |
| e | $Y_{ic} - 0,15$ | 0,66 | m | Excentricidad del cable resultante de preesfuerzo en la sección compuesta |

Fuente Autores

9.1.2.6 Modelo matemático para el análisis de la viga


Para el análisis estructural de la viga se recurre a la utilización del software SAP2000 para generar un modelo matemático para la obtención de cortantes y momentos últimos sobre el tablero de la estructura

➤ Datos ingresados al modelo matemático

A continuación, en los datos incluidos al modelo matemático para la obtención de resultados del análisis estructural.

Tabla 9.20 Datos ingresados al modelo matemático para el análisis de la viga

| PROPIEDADES DE MATERIALES | PROPIEDADES DE GEOMETRICAS |
|---------------------------|----------------------------|
| | |

| ASIGNACION DE APOYOS | COMBINACIONES Y CASOS DE CARGA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------|--------------|---------------------|---------------|--|------|---------------------|---------------|--|------|----------------------|---------------|--|------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------------------|----|--------------|--------------------------|----|--------------|---------------|----|----------------|----------------|------|--------------|---------------------|---------------|--|----|---------------------|---------------|--|----|----------------------|---------------|--|----|
| <p>Vista 3D</p>  | <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> <p>Load Combination Name (User-Generated) <input type="text" value="Resistencia 1"/></p> <p>Notes <input type="button" value="Modify/Show Notes..."/></p> <hr/> <p>Load Combination Type <input type="text" value="Linear Add"/></p> <p>Options</p> <p><input type="button" value="Convert to User Load Combo"/> <input type="button" value="Create Nonlinear Load Case from Load Combo"/></p> <p>Define Combination of Load Case Results</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Load Case Name</th> <th>Load Case Type</th> <th>Mode</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CargaMuertaTotal DC</td> <td>Linear Static</td> <td></td> <td>1,25</td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td>CargaMuertaTotal DC</td> <td>Linear Static</td> <td></td> <td>1,25</td> </tr> <tr> <td>CargaVivaPeatonal PL</td> <td>Linear Static</td> <td></td> <td>1,75</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;"><input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Modify"/> <input type="button" value="Delete"/></p> <hr/> <p>Load Case Name <input type="text" value="CargaMuertaTotal DC"/> <input type="button" value="Set Def Name"/> <input type="button" value="Modify/Show..."/></p> <p>Load Case Type <input type="text" value="Static"/> <input type="button" value="Design..."/></p> <p>Stiffness to Use</p> <p><input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Unstressed State</p> <p><input type="radio"/> Stiffness at End of Nonlinear Case</p> <p><small>Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case</small></p> <p>Leads Applied</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>CargaMuerta Adicional DC</td> <td>1,</td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td>Load Pattern</td> <td>CargaMuerta Adicional DC</td> <td>1,</td> </tr> <tr> <td>Load Pattern</td> <td>PesoPropio DC</td> <td>1,</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;"><input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Modify"/> <input type="button" value="Delete"/></p> <p>Mass Source <input type="text" value="MSSSRC1"/></p> <p style="text-align: right;"><input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/></p> <hr/> <p>Load Combination Name (User-Generated) <input type="text" value="servicio 1"/></p> <p>Notes <input type="button" value="Modify/Show Notes..."/></p> <hr/> <p>Load Combination Type <input type="text" value="Linear Add"/></p> <p>Options</p> <p><input type="button" value="Convert to User Load Combo"/> <input type="button" value="Create Nonlinear Load Case from Load Combo"/></p> <p>Define Combination of Load Case Results</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Load Case Name</th> <th>Load Case Type</th> <th>Mode</th> <th>Scale Factor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CargaMuertaTotal DC</td> <td>Linear Static</td> <td></td> <td>1,</td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td>CargaMuertaTotal DC</td> <td>Linear Static</td> <td></td> <td>1,</td> </tr> <tr> <td>CargaVivaPeatonal PL</td> <td>Linear Static</td> <td></td> <td>1,</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;"><input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Modify"/> <input type="button" value="Delete"/></p> </div> | Load Case Name | Load Case Type | Mode | Scale Factor | CargaMuertaTotal DC | Linear Static | | 1,25 | CargaMuertaTotal DC | Linear Static | | 1,25 | CargaVivaPeatonal PL | Linear Static | | 1,75 | Load Type | Load Name | Scale Factor | Load Pattern | CargaMuerta Adicional DC | 1, | Load Pattern | CargaMuerta Adicional DC | 1, | Load Pattern | PesoPropio DC | 1, | Load Case Name | Load Case Type | Mode | Scale Factor | CargaMuertaTotal DC | Linear Static | | 1, | CargaMuertaTotal DC | Linear Static | | 1, | CargaVivaPeatonal PL | Linear Static | | 1, |
| Load Case Name | Load Case Type | Mode | Scale Factor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CargaMuertaTotal DC | Linear Static | | 1,25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CargaMuertaTotal DC | Linear Static | | 1,25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CargaVivaPeatonal PL | Linear Static | | 1,75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Load Type | Load Name | Scale Factor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Load Pattern | CargaMuerta Adicional DC | 1, | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Load Pattern | CargaMuerta Adicional DC | 1, | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Load Pattern | PesoPropio DC | 1, | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Load Case Name | Load Case Type | Mode | Scale Factor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CargaMuertaTotal DC | Linear Static | | 1, | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CargaMuertaTotal DC | Linear Static | | 1, | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CargaVivaPeatonal PL | Linear Static | | 1, | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente Autores

➤ **Cargas ingresadas al modelo matemático**

Para la asignación de cargas y análisis de la viga se toma 3 etapas en las cuales a la viga se le van asignando diferentes cargas hasta terminar en la etapa de utilización del puente

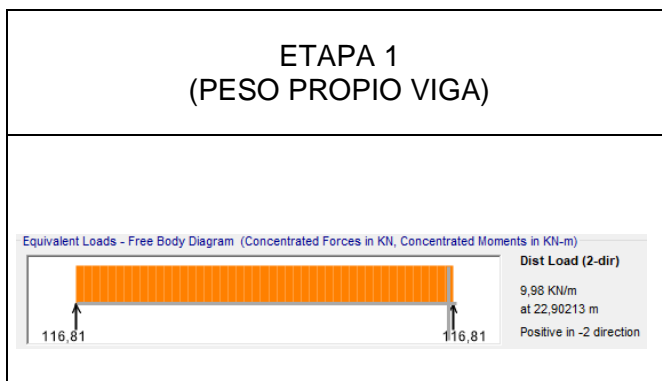
- Etapa 1 (peso propio de la viga) corresponde a la etapa constructiva donde la viga solamente tiene que soportar el peso propio de la misma sin el tablero ni accesorios
- Etapa 2 (peso propio de la viga + tablero) corresponde a la etapa constructiva donde la viga debe soportar el peso propio de la misma adicionando el peso propio del tablero del puente.
- Etapa 3 (peso propio de la viga + peso propio del tablero + peso por barandas + carga viva) corresponde a la etapa de funcionamiento del puente y la viga debe soportar el peso propio de los elementos y la carga viva de circulación peatonal

Teniendo en cuenta lo anterior se presenta a continuación la asignación de cargas por cada una de las etapas al modelo matemático.

❖ Cargas asignadas en la etapa 1

Para la etapa 1 se designa un valor de 1 en el patrón de carga Dead para asegurar que el software tome por defecto el peso propio del elemento teniendo en cuenta el material asignado al mismo para esta etapa el software toma por defecto una carga muerta por peso propio del elemento un valor de 9,98 kN/m . En la Tabla 9.21 Carga por peso propio para la etapa 1 se evidencia la asignación de cargas para la etapa 1

Tabla 9.21 Carga por peso propio para la etapa 1



Fuente Autores

❖ Cargas asignadas en la etapa 2

Para la etapa 2 se asigna un valor de carga muerta adicional de 6,72 kN/m correspondiente al peso propio del tablero; teniendo de esta manera una resultante por carga muerta de 16,7 kN/m para la etapa 2 en la Tabla 9.22 Carga muerta adicional asignada al modelo y carga muerta por peso propio para la etapa 2 se evidencia la asignación de cargas para la etapa 2

Tabla 9.22 Carga muerta adicional asignada al modelo y carga muerta por peso propio para la etapa 2



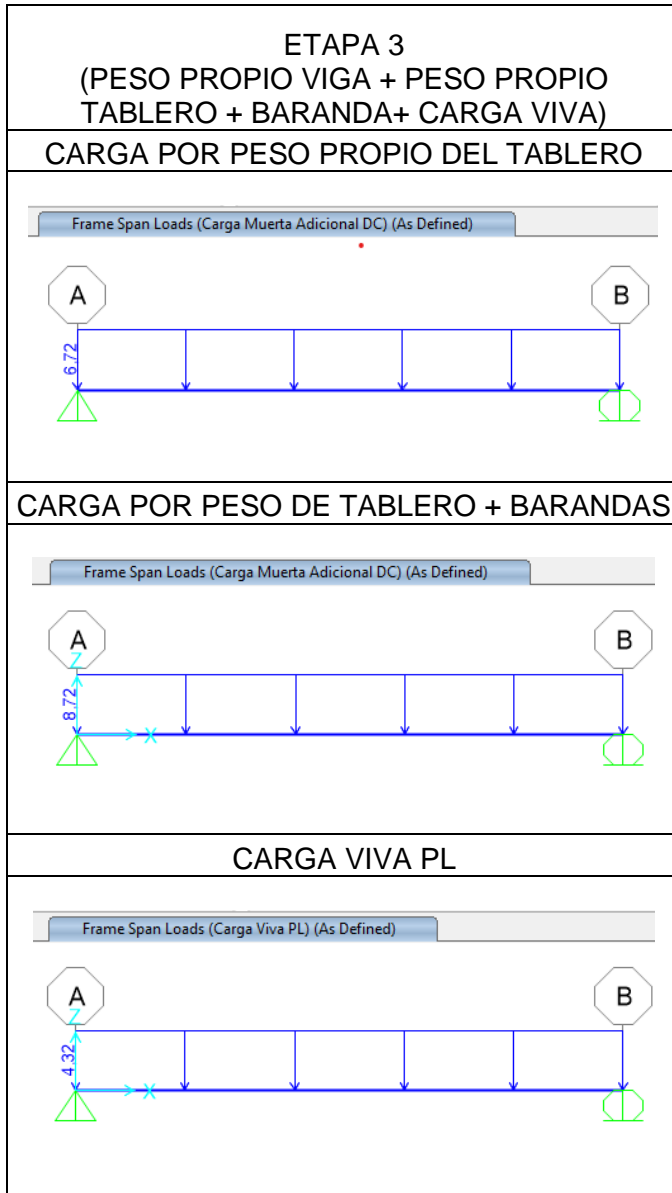
Fuente Autores

❖ Cargas asignadas en la etapa 3

Para la etapa 3 se adiciona la carga viva peatonal al modelo matemático con un valor de 4,32 kN/m en el patrón de carga PL, adicionalmente también se asigna una carga muerta adicional por el peso de las barandas del puente con un valor de 2 kN/m; de esta manera se obtiene una carga muerta adicional total de 8,72 kN/m de esta manera la carga muerta total para el modelo es de 18,7 kN/m en la Tabla 9.23

Asignación de cargas al modelo para la etapa 3 se evidencia la asignación de cargas para la etapa 3

Tabla 9.23 Asignación de cargas al modelo para la etapa 3



Fuente Autores

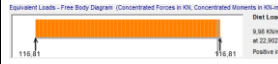
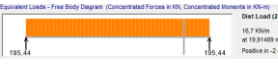
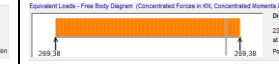





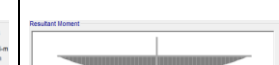



➤ **Resultados del modelo matemático**

Los resultados de momentos cortantes y deflexiones para las combinaciones servicio 1 resistencia 1 y se presentan a continuación:

❖ **Resultados del modelo matemático para la combinación servicio 1**

En la Tabla 9.24 presentación de esquemas de resultados por etapas utilizando la combinación de carga Servicio 1 para el modelo matemático de la viga se presentan los resultados de momentos y cortantes últimos a utilizando la combinación de carga Servicio1

Tabla 9.24 presentación de esquemas de resultados por etapas utilizando la combinación de carga Servicio 1 para el modelo matemático de la viga

| RESULTADO | ETAPA 1 (PESO PROPIO VIGA) | ETAPA 2 (PESO PROPIO VIGA + PESO PROPIO TABLERO) | ETAPA 3 (PESO PROPIO VIGA + PESO PROPIO TABLERO + BARANDA+ CARGA VIVA) |
|------------|---|--|---|
| REACCIONES |  |  |  |
| CORTANTES |  |  |  |
| MOMENTOS |  |  |  |
| DEFLEIONES |  |  |  |

Fuente Autores

Teniendo en cuenta los datos arrojados por el modelo matemático, a continuación, en la Tabla 9.25 Resumen de resultados aplicando la combinación servicio 1 para análisis por medio de modelo matemático para la viga se presenta el resumen de los resultados evaluando con la combinación de cargas servicio 1.

Tabla 9.25 Resumen de resultados aplicando la combinación servicio 1 para análisis por medio de modelo matemático para la viga.

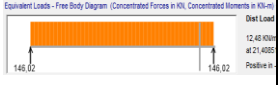
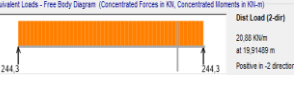
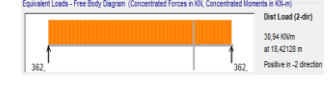
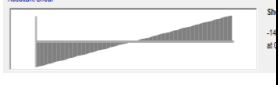

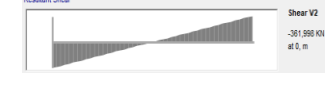
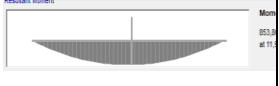
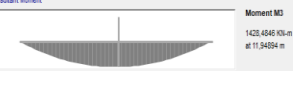
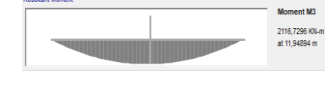
| RESULTADO | | ETAPA 1 | ETAPA 2 | ETAPA 3 |
|---------------|---|---------|---------|---------|
| CORTANTES kN | + | 116,813 | 195,437 | 269,381 |
| | - | 116,813 | 195,437 | 269,381 |
| MOMENTOS kN-m | + | 0,0620 | 0,104 | 0,114 |

Fuente Autores

❖ Resultados del modelo matemático para la combinación resistencia 1

En la Tabla 9.26 Presentación de esquemas de resultados por etapas utilizando la combinación de carga Resistencia 1 para el análisis matemático de la viga se presentan esquemáticamente para las etapas 1, 2 y 3 los resultados de momentos y cortantes últimos a utilizando la combinación de carga Resistencia 1.

Tabla 9.26 Presentación de esquemas de resultados por etapas utilizando la combinación de carga Resistencia 1 para el análisis matemático de la viga

| RESULTADO | ETAPA 1 (PESO PROPIO VIGA) | ETAPA 2 (PESO PROPIO VIGA + PESO PROPIO TABLERO) | ETAPA 3 (PESO PROPIO VIGA + PESO PROPIO TABLERO + BARANDA+ CARGA VIVA) |
|------------|---|--|---|
| REACCIONES |  |  |  |
| CORTANTES |  |  |  |
| MOMENTOS |  |  |  |

Fuente Autores

Teniendo en cuenta los datos arrojados por el modelo matemático, a continuación, en la Tabla 9.27 Resumen de resultados aplicando la combinación Resistencia 1 para análisis por medio de modelo matemático para la viga se presenta el resumen de los resultados evaluando con la combinación de cargas resistencia 1.

Tabla 9.27 Resumen de resultados aplicando la combinación Resistencia 1 para análisis por medio de modelo matemático para la viga

| RESUMEN RESULTADOS RESISTENCIA 1 | | | | |
|----------------------------------|---|---------|----------|----------|
| RESULTADO | | ETAPA 1 | ETAPA 2 | ETAPA 3 |
| CORTANTES kN | + | 146,16 | 244,296 | 361,998 |
| | - | -146,16 | -244,296 | -361,998 |
| MOMENTOS kN-m | + | 853,806 | 1428,484 | 2116,729 |
| DEFLEXIONES (m) | | 0,078 | 0,105 | 0,123 |

Fuente Autores

9.1.2.7 Diseño de los cables

Para el diseño de los cables se determinan las fuerzas de preesfuerzo; en la Tabla 9.28 Determinación de las fuerzas de preesfuerzo se presenta el procedimiento y los parámetros utilizados para la determinación de las fuerzas de preesfuerzo.

Tabla 9.28 Determinación de las fuerzas de preesfuerzo

| DETERMINACION DE FUERZAS DE PREESFUERZO | | | | |
|---|---|-----------|----------------|---|
| FUERZA | ECUACION | VALOR | UND | OBSERVACIONES |
| Pa | $P_{t=\alpha} = \frac{(Mu(\text{servicio}) * Y_{ic}) - (I_{sc} * \sigma_i) * A_{sc}}{(I_{sc} + (A_{sc} * Y_{ic} * (Y_{ic} - 0,15)))}$ | 1689,04 | kN | Determinación de fuerza de preesfuerzo pata t=∞ |
| P ₀ | $P_0 = \frac{P_{t=\alpha}}{1 - \text{perdidas}\%}$ | 1882,56 | kN | Determinación de fuerza de preesfuerzo pata t=0 |
| Diámetro Torón | Diámetro del torón 3/8, 1/2 o 5/8 | 1/2 | pul | Diámetro de acero de preesfuerzo |
| At | SEGÚN CATALOGOS | 0,0000987 | m ² | Área del acero de preesfuerzo |
| # C | Número De Cables | 2 | und | Número de cables |

| FxPu | Tabla 5.4.4.1-1 — Propiedades de Torones y Barras de Preeforzado | | | | 1860 | Mpa | Esfuerzo ultimo de acero de preefuerzo en baja relajación tomado de Tabla 5.4.4.1-1 CCP-14 |
|---------------------|--|--|------------------------------|---|---------|-----|--|
| | Material | Grado o tipo | Diámetro, mm | Resistencia a la tracción, f_{pu} (ksi) | | | |
| | Cable | 1725 MPa (Grado 250) 1860 MPa (Grado 270) | 6.35 a 15.24 9.53 a 15.24 | 1726 MPa 1860 MPa | | | |
| | | | | | | | 80% de f_{pu} , excepto 90% de f_{pu} para cable de baja relajación |
| FxPy | $F_{py} = 0,9 \times F_{pu}$ | | | | 1674 | Mpa | Esfuerzo de fluencia en el acero de preefuerzo de tabla 5.9.3-1 límite de esfuerzo para los torones CCP-14 |
| FxPadmisible | $F_{p admisible} = 0,8 \times F_{py}$ | | | | 1339,2 | Mpa | Fuerza admisible de torón postensado |
| PxTorón | $P_{toron} = F_{admissible} \times A_t$ | | | | 132,18 | kN | Fuerza de resistencia de torón |
| Cantidad de Torones | $Cant. Torones = \frac{P_0}{P_{toron}}$ | | | | 14 | und | cantidad de torones |
| Pt=0 | $P_{t=0} = P_{Toron} \times Cant. Torones$ | | | | 1850,51 | kN | Fuerza de preefuerzo en el centro de la luz |
| e | Yis-0,20 | | | | 0,368 | m | Excentricidad del cable resultante de preefuerzo en la sección simple |

Fuente Autores

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores se adoptan 2 cables de 7 torones cada uno.

Para el área de transversal de cada cable se multiplica el área del torón por el número de torones asignados a cada cable obteniendo de esta manera un área transversal para cada cable de 0,0006909 metros cuadrados.

Multiplicando el 80% de tensión, el área de cada cable y el esfuerzo limite a fluencia del acero de los torones se determina la fuerza de preefuerzo ejercida por cada uno de los cables para el primer y único los resultados y parámetros para dicha determinación se presentan en la Tabla 9.29 Determinación de la fuerza de preefuerzo para el primer tensionamiento. mostrada a continuación.

Tabla 9.29 Determinación de la fuerza de preesfuerzo para el primer tensionamiento

| CABLE | CANTIDAD DE TORONES (UND) | Y _o (m) | Y _e (m) | Δ _y (m) | % TENSION | AREA _{Cable} (m ²) | FUERZA _{Cable} (kN) |
|-------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|---|------------------------------|
| 1 | 7 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 80% | 0,0006909 | 925,25 |
| 2 | 7 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | | 0,0006909 | 925,25 |

Fuente Autores

9.1.2.8 Trayectoria de los cables

Luego de determinar el diseño de los cables de preesfuerzo se determina la trayectoria de los mismos a partir de la ecuación de trayectoria descrita por el ingeniero Carlos Ramiro Vallecilla y se obtienen los resultados evidenciados en la Tabla 9.30 Trayectoria de los cables a lo largo de la viga desde el centro de la luz hasta el apoyo.

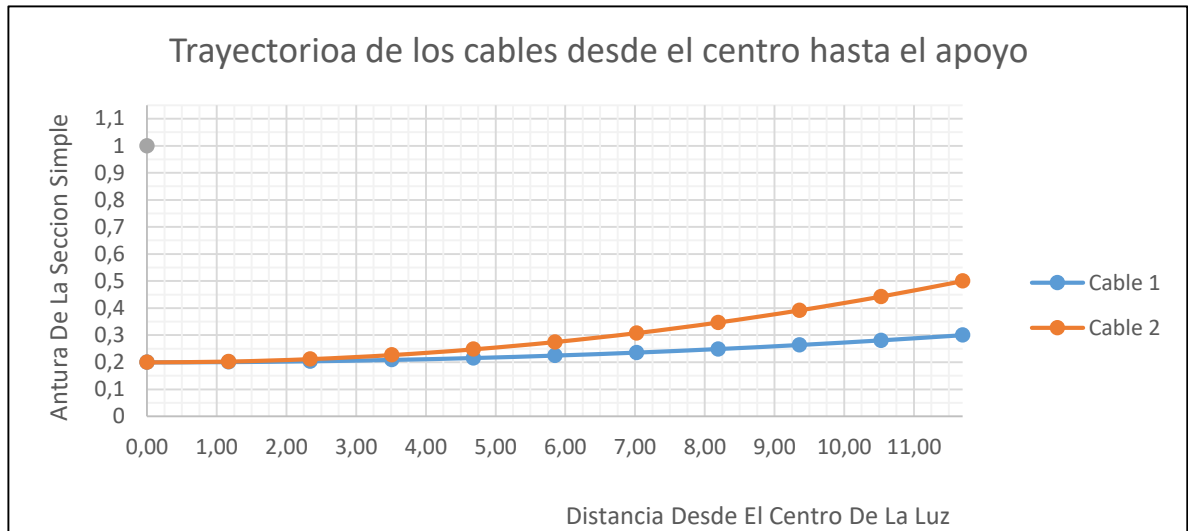
$$Trayectoria = \left(\frac{y_e - y_o}{\left(\frac{L_v}{2}\right)^2} * x^2 \right) + y_o$$

Tabla 9.30 Trayectoria de los cables a lo largo de la viga desde el centro de la luz hasta el apoyo.

| CABLE | TRAYECTORIA DE LOS CABLES APARTIR DEL CENTRO DESDE EL CENTRO DE LA LUZ HASTA EL APOYO CADA 1,17 m | | | | | | | | | | |
|---------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,00 | 1,17 | 2,34 | 3,51 | 4,68 | 5,85 | 7,02 | 8,19 | 9,36 | 10,53 | 11,70 |
| Cable 1 | 0,2 | 0,201 | 0,204 | 0,209 | 0,216 | 0,225 | 0,236 | 0,249 | 0,264 | 0,281 | 0,3 |
| Cable 2 | 0,2 | 0,203 | 0,212 | 0,227 | 0,248 | 0,275 | 0,308 | 0,347 | 0,392 | 0,443 | 0,5 |

Se puede observar la trayectoria de los cables a lo largo del abscisado para la mitad de la viga en la gráfica Grafica 9.1 Trayectoria de los cables de preesfuerzo a lo largo del abscisado desde el centro de la luz hasta el apoyo.

Grafica 9.1 Trayectoria de los cables de preesfuerzo a lo largo del abscisado desde el centro de la luz hasta el apoyo



Fuente Autores

9.1.2.9 Verificación de esfuerzos durante la transferencia de para las etapas 1 2 y 3

Para la verificación de esfuerzos durante la transferencia de carga para las etapas 1, 2 y 3 de la estructura se adopta un coeficiente de fricción $\mu=0,25$ adicionalmente se toma un coeficiente de curvatura involuntaria $k=0,00000066$, tomados de la tabla 5.9.5.2.2b-1 del CCP-14,

Con los datos descritos anteriormente se determina la excentricidad, el momento flector de acuerdo a las cargas de cada una de las etapas y la verificación para tracción y compresión como se muestra en las tablas: respectivamente para las etapas 1, 2 y 3

Tabla 9.31 Verificación de sollicitación a tracción y compresión para la etapa 1 a lo largo del abscisado de la viga desde el centro de la luz hasta el apoyo

| PARAMETRO | UNIDAD | VALOR | OBSERVACION | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|----------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| $S_{adm.c}$ | MPa | 17,85 | Esfuerzo admisible del concreto a compresión durante la transferencia | | | | | | | | | |
| $S_{adm.t}$ | MPa | 2,73 | Esfuerzo admisible del concreto a tracción durante la transferencia | | | | | | | | | |
| μ | --- | 0,25 | Coeficiente de fricción Según CCP 14 5.9.5.2.2b-1 | | | | | | | | | |
| k | $1/m$ | 6,60E-07 | Coeficiente de curvatura involuntaria CCP 14 5.9.5.2.2b-1 | | | | | | | | | |
| PARAMETRO | LONGITUD MEDIDA DESDE EL CENTRO DE LA LUZ | | | | | | | | | | | |
| ABSISA | 0,00 | 1,17 | 2,34 | 3,51 | 4,68 | 5,85 | 7,02 | 8,19 | 9,36 | 10,53 | 11,70 | |
| A_{ss} (m ²) | 0,420 | | | | | | | | | | | |
| S_{is} (m ³) | 0,106 | | | | | | | | | | | |
| S_{ss} (m ³) | 0,104 | | | | | | | | | | | |
| kx | 0,000000 | 0,000001 | 0,000002 | 0,000002 | 0,000003 | 0,000004 | 0,000005 | 0,000005 | 0,000006 | 0,000007 | 0,000008 | |
| Dy/Dx ₁ | 0,00000 | 0,00085 | 0,00256 | 0,00427 | 0,00598 | 0,00769 | 0,00940 | 0,01111 | 0,01282 | 0,01453 | 0,01624 | |
| a ₁ | 0,00000 | 0,00085 | 0,00171 | 0,00256 | 0,00342 | 0,00427 | 0,00513 | 0,00598 | 0,00684 | 0,00769 | 0,00855 | |
| mxa ₁ | 0,00000 | 0,00021 | 0,00043 | 0,00064 | 0,00085 | 0,00107 | 0,00128 | 0,00150 | 0,00171 | 0,00192 | 0,00214 | |
| cons ₁ | 1,00000 | 0,99979 | 0,99957 | 0,99936 | 0,99914 | 0,99893 | 0,99871 | 0,99850 | 0,99829 | 0,99807 | 0,99786 | |
| P ₁ | 925,253 | 925,452 | 925,650 | 925,849 | 926,047 | 926,246 | 926,445 | 926,643 | 926,842 | 927,041 | 927,239 | |
| e ₁ | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,36 | 0,35 | 0,34 | 0,33 | 0,32 | 0,30 | 0,29 | 0,27 | |
| Dy/Dx ₂ | 0,00000 | 0,00256 | 0,00769 | 0,01282 | 0,01795 | 0,02307 | 0,02820 | 0,03332 | 0,03844 | 0,04356 | 0,04868 | |
| a ₂ | 0,00000 | 0,00256 | 0,00513 | 0,00769 | 0,01026 | 0,01282 | 0,01538 | 0,01794 | 0,02050 | 0,02306 | 0,02562 | |
| mxa ₂ | 0,00000 | 0,00064 | 0,00128 | 0,00192 | 0,00256 | 0,00320 | 0,00384 | 0,00449 | 0,00513 | 0,00577 | 0,00640 | |
| cons ₂ | 1,00000 | 0,99936 | 0,99872 | 0,99808 | 0,99744 | 0,99680 | 0,99616 | 0,99552 | 0,99488 | 0,99424 | 0,99361 | |

| PARAMETRO | UNIDAD | VALOR | OBSERVACION | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|----------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| S _{adm.c} | MPa | 17,85 | Esfuerzo admisible del concreto a compresión durante la transferencia | | | | | | | | | |
| S _{adm.t} | MPa | 2,73 | Esfuerzo admisible del concreto a tracción durante la transferencia | | | | | | | | | |
| μ | --- | 0,25 | Coeficiente de fricción Según CCP 14 5.9.5.2.2b-1 | | | | | | | | | |
| k | 1/m | 6,60E-07 | Coeficiente de curvatura involuntaria CCP 14 5.9.5.2.2b-1 | | | | | | | | | |
| PARAMETRO | LONGITUD MEDIDA DESDE EL CENTRO DE LA LUZ | | | | | | | | | | | |
| ABSISA | 0,00 | 1,17 | 2,34 | 3,51 | 4,68 | 5,85 | 7,02 | 8,19 | 9,36 | 10,53 | 11,70 | |
| P ₂ | 925,253 | 925,847 | 926,442 | 927,036 | 927,631 | 928,227 | 928,822 | 929,418 | 930,013 | 930,609 | 931,205 | |
| e ₂ | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,34 | 0,32 | 0,29 | 0,26 | 0,22 | 0,18 | 0,13 | 0,07 | |
| Σ(P×e) (Kn-m) | 681,54 | 678,13 | 667,30 | 649,05 | 623,36 | 590,23 | 549,63 | 501,55 | 446,00 | 382,94 | 312,38 | |
| ΣP (Kn) | 1850,507 | 1851,299 | 1852,092 | 1852,885 | 1853,679 | 1854,472 | 1855,267 | 1856,061 | 1856,855 | 1857,650 | 1858,445 | |
| MDC (Kn-m) | 683,05 | 676,36 | 655,82 | 621,55 | 573,91 | 512,28 | 437,05 | 348,45 | 245,75 | 129,56 | 0,00 | |
| s _{Sup} (Kpa) | -4,39 | -4,42 | -4,52 | -4,68 | -4,89 | -5,16 | -5,50 | -5,89 | -6,35 | -6,86 | -7,43 | |
| s _{Inf} (Kpa) | -4,42 | -4,39 | -4,30 | -4,15 | -3,95 | -3,68 | -3,36 | -2,97 | -2,53 | -2,03 | -1,48 | |
| S _{adm.c} | -17,85 | | | | | | | | | | | |
| S _{adm.t} | 2,73 | | | | | | | | | | | |
| Verificación Compresión | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | |
| Verificación Torsión | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | |

Fuente Autores

Tabla 9.32 Verificación de solicitación a tracción y compresión para la etapa 2 a lo largo del absicado de la viga desde el centro de la luz hasta el apoyo

| PARAMETRO | UNIDAD | VALOR | OBSERVACION | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|----------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| S _{adm.c} | MPa | 17,85 | Esfuerzo admisible del concreto a compresión durante la transferencia | | | | | | | | | |
| S _{adm.t} | MPa | 2,73 | Esfuerzo admisible del concreto a tracción durante la transferencia | | | | | | | | | |
| μ | --- | 0,25 | Coeficiente de fricción Según CCP 14 5.9.5.2.2b-1 | | | | | | | | | |
| k | 1/m | 6,60E-07 | Coeficiente de curvatura involuntaria CCP 14 5.9.5.2.2b-1 | | | | | | | | | |
| PARAMETRO | LONGITUD MEDIDA DESDE EL CENTRO DE LA LUZ | | | | | | | | | | | |
| ABSISA | 0,00 | 1,17 | 2,34 | 3,51 | 4,68 | 5,85 | 7,02 | 8,19 | 9,36 | 10,53 | 11,70 | |
| A _{sc} (m ²) | 0,700 | | | | | | | | | | | |
| S _{ic} (m ³) | 0,159 | | | | | | | | | | | |
| S _{sc} (m ³) | 0,274 | | | | | | | | | | | |
| kx | 0,00000 | 0,000001 | 0,000002 | 0,000002 | 0,000003 | 0,000004 | 0,000005 | 0,000005 | 0,000006 | 0,000007 | 0,000008 | |
| Dy/Dx ₁ | 0,00000 | 0,00085 | 0,00055 | 0,00055 | 0,00055 | 0,00055 | 0,00055 | 0,00055 | 0,00055 | 0,00055 | 0,00055 | |
| a ₁ | 0,00000 | 0,00085 | -0,00031 | 0,00085 | -0,00031 | 0,00085 | -0,00031 | 0,00085 | -0,00031 | 0,00085 | -0,00031 | |
| mxa ₁ | 0,00000 | 0,00021 | -0,00008 | 0,00021 | -0,00008 | 0,00021 | -0,00008 | 0,00021 | -0,00008 | 0,00021 | -0,00008 | |
| cons ₁ | 1,00000 | 0,99979 | 1,00008 | 0,99978 | 1,00007 | 0,99978 | 1,00007 | 0,99978 | 1,00007 | 0,99978 | 1,00007 | |
| P ₁ | 925,253 | 925,452 | 925,184 | 925,453 | 925,185 | 925,455 | 925,187 | 925,456 | 925,188 | 925,457 | 925,189 | |
| e ₁ | 0,66 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,61 | 0,59 | 0,57 | 0,56 | |
| Dy/Dx ₂ | 0,00000 | 0,00256 | 0,00769 | 0,01282 | 0,01795 | 0,02307 | 0,02820 | 0,03332 | 0,03844 | 0,04356 | 0,04868 | |
| a ₂ | 0,00000 | 0,00256 | 0,00513 | 0,00769 | 0,01026 | 0,01282 | 0,01538 | 0,01794 | 0,02050 | 0,02306 | 0,02562 | |
| mxa ₂ | 0,00000 | 0,00064 | 0,00128 | 0,00192 | 0,00256 | 0,00320 | 0,00384 | 0,00449 | 0,00513 | 0,00577 | 0,00640 | |
| cons ₂ | 1,00000 | 0,99936 | 0,99872 | 0,99808 | 0,99744 | 0,99680 | 0,99616 | 0,99552 | 0,99488 | 0,99424 | 0,99361 | |
| P ₂ | 925,253 | 925,847 | 926,442 | 927,036 | 927,631 | 928,227 | 928,822 | 929,418 | 930,013 | 930,609 | 931,205 | |

| PARAMETRO | UNIDAD | VALOR | OBSERVACION | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|----------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| S _{adm.c} | MPa | 17,85 | Esfuerzo admisible del concreto a compresión durante la transferencia | | | | | | | | | |
| S _{adm.t} | MPa | 2,73 | Esfuerzo admisible del concreto a tracción durante la transferencia | | | | | | | | | |
| μ | --- | 0,25 | Coeficiente de fricción Según CCP 14 5.9.5.2.2b-1 | | | | | | | | | |
| k | 1/m | 6,60E-07 | Coeficiente de curvatura involuntaria CCP 14 5.9.5.2.2b-1 | | | | | | | | | |
| PARAMETRO | LONGITUD MEDIDA DESDE EL CENTRO DE LA LUZ | | | | | | | | | | | |
| ABSISA | 0,00 | 1,17 | 2,34 | 3,51 | 4,68 | 5,85 | 7,02 | 8,19 | 9,36 | 10,53 | 11,70 | |
| e ₂ | 0,66 | 0,65 | 0,64 | 0,63 | 0,61 | 0,58 | 0,55 | 0,51 | 0,46 | 0,41 | 0,36 | |
| Σ(P×e) | 1212,21 4 | 1209,030 | 1198,12 | 1180,154 | 1154,398 | 1121,540 | 1080,888 | 1033,103 | 977,515 | 914,756 | 844,191 | |
| ΣP | 1850,50 7 | 1851,299 | 1851,625 | 1852,489 | 1852,816 | 1853,681 | 1854,009 | 1854,874 | 1855,201 | 1856,067 | 1856,395 | |
| MDC | 1142,79 | 1131,61 | 1097,24 | 1039,90 | 960,19 | 857,09 | 731,22 | 582,99 | 411,16 | 216,76 | 0,00 | |
| S _{Sup} | -2,90 | -2,93 | -3,01 | -3,16 | -3,36 | -3,61 | -3,92 | -4,29 | -4,72 | -5,20 | -5,73 | |
| S _{Inf} | -2,21 | -2,16 | -2,01 | -1,76 | -1,43 | -0,98 | -0,45 | 0,18 | 0,91 | 1,74 | 2,66 | |
| S _{adm.c} | -17,85 | | | | | | | | | | | |
| S _{adm.t} | 2,73 | | | | | | | | | | | |
| Verificación compresión | CUMPL E | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | |
| Verificación Torsión | CUMPL E | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | |

Fuente Autores

Tabla 9.33 Verificación de solicitación a tracción y compresión para la etapa 3 a lo largo del abscisado de la viga desde el centro de la luz hasta el apoyo

| PARAMETRO | UNIDAD | | VALOR | | OBSERVACION | | | | | | |
|----------------------------|---|----------|----------|----------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $S_{adm.c}$ | MPa | | 21 | | Esfuerzo admisible del concreto a compresión durante la transferencia | | | | | | |
| $S_{adm.t}$ | MPa | | 2,96 | | Esfuerzo admisible del concreto a tracción durante la transferencia | | | | | | |
| m | --- | | 0,25 | | Coeficiente de fricción Según CCP 14 5.9.5.2.2b-1 | | | | | | |
| k | $1/m$ | | 6,60E-07 | | Coeficiente de curvatura involuntaria CCP 14 5.9.5.2.2b-1 | | | | | | |
| PARAMETRO | LONGITUD MEDIDA DESDE EL CENTRO DE LA LUZ | | | | | | | | | | |
| ABSISA | 0,00 | 1,17 | 2,34 | 3,51 | 4,68 | 5,85 | 7,02 | 8,19 | 9,36 | 10,53 | 11,70 |
| A_{sc} (m ²) | 0,700 | | | | | | | | | | |
| S_{ic} (m ³) | 0,159 | | | | | | | | | | |
| S_{sc} (m ³) | 0,274 | | | | | | | | | | |
| kx | 0,000000 | 0,000001 | 0,000002 | 0,000002 | 0,000003 | 0,000004 | 0,000005 | 0,000005 | 0,000006 | 0,000007 | 0,000008 |
| Dy/Dx ₁ | 0,00000 | 0,00085 | 0,00256 | 0,00427 | 0,00598 | 0,00769 | 0,00940 | 0,01111 | 0,01282 | 0,01453 | 0,01624 |
| a ₁ | 0,00000 | 0,00085 | 0,00171 | 0,00256 | 0,00342 | 0,00427 | 0,00513 | 0,00598 | 0,00684 | 0,00769 | 0,00855 |
| mxa ₁ | 0,00000 | 0,00021 | 0,00043 | 0,00064 | 0,00085 | 0,00107 | 0,00128 | 0,00150 | 0,00171 | 0,00192 | 0,00214 |
| cons ₁ | 1,00000 | 0,99979 | 0,99957 | 0,99936 | 0,99914 | 0,99893 | 0,99871 | 0,99850 | 0,99829 | 0,99807 | 0,99786 |
| P ₁ | 925,253 | 925,452 | 925,650 | 925,849 | 926,047 | 926,246 | 926,445 | 926,643 | 926,842 | 927,041 | 927,239 |
| e ₁ | 0,66 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,61 | 0,59 | 0,57 | 0,56 |
| Dy/Dx ₂ | 0,00000 | 0,00256 | 0,00769 | 0,01282 | 0,01795 | 0,02307 | 0,02820 | 0,03332 | 0,03844 | 0,04356 | 0,04868 |
| a ₂ | 0,00000 | 0,00256 | 0,00513 | 0,00769 | 0,01026 | 0,01282 | 0,01538 | 0,01794 | 0,02050 | 0,02306 | 0,02562 |
| mxa ₂ | 0,00000 | 0,00064 | 0,00128 | 0,00192 | 0,00256 | 0,00320 | 0,00384 | 0,00449 | 0,00513 | 0,00577 | 0,00640 |
| cons ₂ | 1,00000 | 0,99936 | 0,99872 | 0,99808 | 0,99744 | 0,99680 | 0,99616 | 0,99552 | 0,99488 | 0,99424 | 0,99361 |

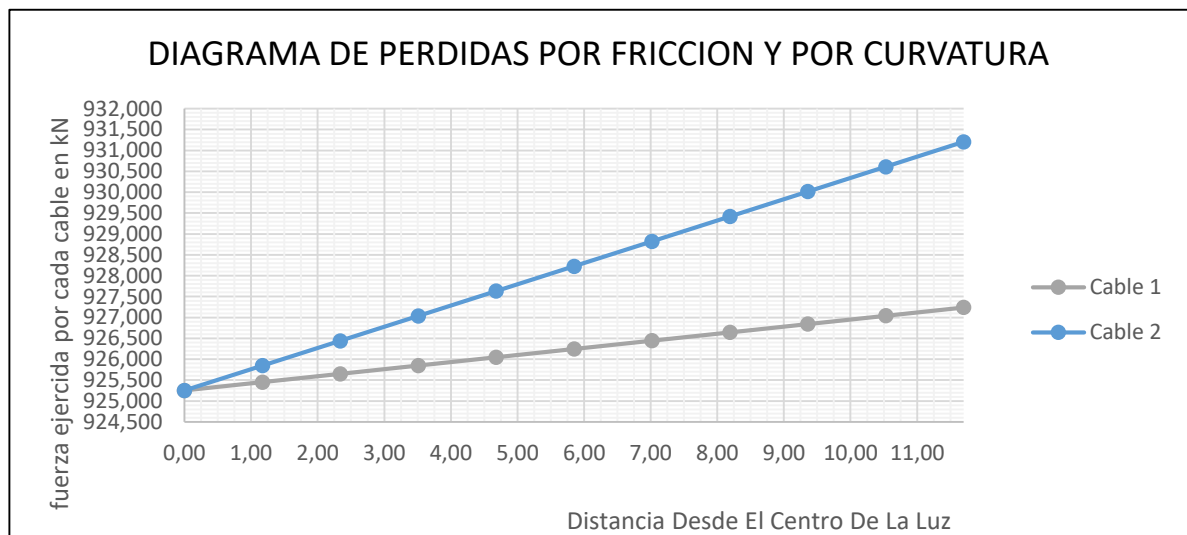
| PARAMETRO | UNIDAD | VALOR | | OBSERVACION | | | | | | | |
|-------------------------|---|----------|----------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| S _{adm.c} | MPa | 21 | | Esfuerzo admisible del concreto a compresión durante la transferencia | | | | | | | |
| S _{adm.t} | MPa | 2,96 | | Esfuerzo admisible del concreto a tracción durante la transferencia | | | | | | | |
| m | --- | 0,25 | | Coeficiente de fricción Según CCP 14 5.9.5.2.2b-1 | | | | | | | |
| k | 1/m | 6,60E-07 | | Coeficiente de curvatura involuntaria CCP 14 5.9.5.2.2b-1 | | | | | | | |
| PARAMETRO | LONGITUD MEDIDA DESDE EL CENTRO DE LA LUZ | | | | | | | | | | |
| ABSISA | 0,00 | 1,17 | 2,34 | 3,51 | 4,68 | 5,85 | 7,02 | 8,19 | 9,36 | 10,53 | 11,70 |
| P ₂ | 925,253 | 925,847 | 926,442 | 927,036 | 927,631 | 928,227 | 928,822 | 929,418 | 930,013 | 930,609 | 931,205 |
| e ₂ | 0,66 | 0,65 | 0,64 | 0,63 | 0,61 | 0,58 | 0,55 | 0,51 | 0,46 | 0,41 | 0,36 |
| Σ(P×e) | 1212,214 | 1209,031 | 1198,433 | 1180,410 | 1154,949 | 1122,039 | 1081,668 | 1033,823 | 978,493 | 915,665 | 845,329 |
| ΣP | 1850,507 | 1851,299 | 1852,092 | 1852,885 | 1853,679 | 1854,472 | 1855,267 | 1856,061 | 1856,855 | 1857,650 | 1858,445 |
| MDC | 1279,62 | 1267,10 | 1228,62 | 1164,40 | 1075,16 | 959,71 | 818,77 | 652,79 | 460,38 | 242,71 | 0,00 |
| S _{Sup} | -2,40 | -2,43 | -2,54 | -2,71 | -2,94 | -3,24 | -3,61 | -4,04 | -4,54 | -5,11 | -5,74 |
| S _{Inf} | -3,07 | -3,01 | -2,84 | -2,55 | -2,15 | -1,63 | -1,00 | -0,26 | 0,61 | 1,58 | 2,66 |
| S _{adm.c} | -21 | | | | | | | | | | |
| S _{adm.t} | 2,96 | | | | | | | | | | |
| Verificación Compresión | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE |
| Verificación Tracción | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE | CUMPLE |

Fuente Autores

9.1.2.10 Pérdidas de las fuerzas de preesfuerzo.

Los resultados del cálculo de pérdidas de las fuerzas de preesfuerzo se representan mediante la Grafica 9.2 Diagrama de pérdidas de fuerzas de preesfuerzo por fricción y curvatura . presentada a continuación.

Grafica 9.2 Diagrama de pérdidas de fuerzas de preesfuerzo por fricción y curvatura



Fuente Autores

En la Grafica 9.2 Diagrama de pérdidas de fuerzas de preesfuerzo por fricción y curvatura se puede observar que para el cable 1 se tiene una pérdida de 1,986 kN a lo largo del cable desde el apoyo hasta el centro de la luz de igual manera se logra observar que el cable 2 sufre una mayor pérdida en el mismo trayecto con un valor de 5,952 kN

➤ Cálculo de la longitud de alargamiento de los cables.

Para el cálculo de la longitud de alargamiento de los cables se multiplica el área transversal de cada cable con módulo de elasticidad del acero, posteriormente el valor de dicha multiplicación se multiplica con la fuerza P de cada cable y a su vez con la longitud resultante de la trayectoria de cada cable.

➤ **Longitud de los cables.**

La longitud de los cables a lo largo de la trayectoria se presenta en la Tabla 9.34 Longitud de los cables a lo largo de la trayectoria a continuación

Tabla 9.34 Longitud de los cables a lo largo de la trayectoria

| ABSISA | CABLE1 | CABLE2 |
|--------------|------------|------------|
| 0,00 A 1,17 | 1,17000043 | 1,17000385 |
| 1,17 A 2,34 | 1,17000385 | 1,17003461 |
| 2,34 A 3,51 | 1,17001068 | 1,17009615 |
| 3,51 A 4,68 | 1,17002094 | 1,17018845 |
| 4,68 A 5,85 | 1,17003461 | 1,1703115 |
| 5,85 A 7,02 | 1,17005171 | 1,17046529 |
| 7,02 A 8,19 | 1,17007222 | 1,17064982 |
| 8,19 A 9,36 | 1,17009615 | 1,17086506 |
| 9,36 A 10,53 | 1,1701235 | 1,17111101 |
| 10,53 A 11,7 | 1,17015426 | 1,17138764 |
| LONG TOTAL | 11,7005684 | 11,7051134 |

Fuente Autores

En la Tabla 9.35 Longitud de alargamiento de los cables de preesfuerzo se presentan los resultados y el procedimiento de los cálculos de longitud de alargamiento de los cables

Tabla 9.35 Longitud de alargamiento de los cables de preesfuerzo

| CABLE | L. total (m) | E × A (kN) | P (kN) | ΔL (m) | OBSERVACIONES |
|--------|--------------|------------|--------|---------|-------------------------------------|
| CABLE1 | 11,7006 | 145089 | 925,25 | 0,07462 | longitud y alargamiento del cable 1 |
| CABLE2 | 11,7051 | 145089 | 925,25 | 0,07465 | longitud y alargamiento del cable 2 |

Fuente Autores

➤ **Cálculo de las pérdidas por penetración de cuña**

Para la determinación de las pérdidas por penetración de cuña se emplean las siguientes ecuaciones.

$$W = \sqrt{\frac{\Delta L_c * E_{PS} * A_t}{\Delta p}}$$

Donde w es la distancia desde el anclaje hasta el punto donde la fuerza por rozamiento debida a la penetración de cuña es igual a cero.

$$\Delta p = \frac{P_o - P_L}{L}$$

Δp es el cálculo de la perdida de la fuerza por unidad de longitud,

Para este caso ΔL_c se toma igual a 3 milímetros

Para el cálculo de pérdidas de la fuerza de preesfuerzo a lo largo de la viga se toma

$$\Delta P = 2 * \Delta p * W$$

En la Tabla 9.36 Perdidas por penetración de cuña se presenta el procedimiento y parámetros para el cálculo de las perdidas por penetración de cuña

Tabla 9.36 Perdidas por penetración de cuña

| cable | P _(anclaje) | Δp (kN) | ΔL_c (mm) | W (m) | ΔP (kN) |
|---------|------------------------|-----------------|-------------------|-------|-----------------|
| cable 1 | 927,239 | 0,169875564 | 3 | 4,94 | 1,68 |
| cable 2 | 931,205 | 0,509395998 | 3 | 2,85 | 2,91 |

Fuente Autores

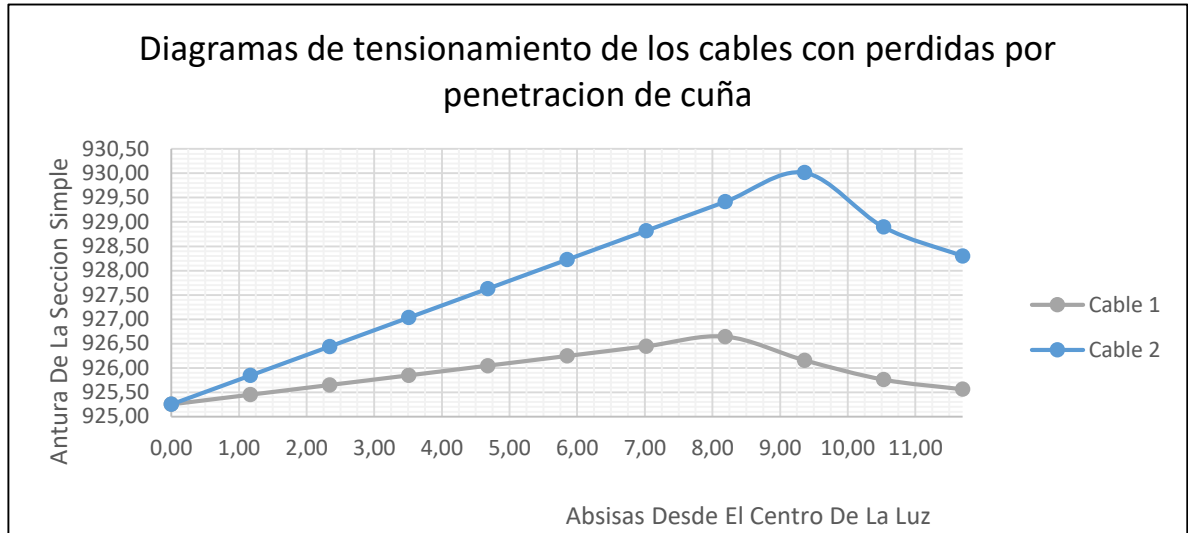
Adicionalmente en la Tabla 9.37 Resultados de las perdidas por penetración de cuña se presentan los resultados de las pérdidas a lo largo del abscisado desde el centro de la luz hasta el apoyo.

Tabla 9.37 Resultados de las perdidas por penetración de cuña

| abscisa | 0,00 | 1,17 | 2,34 | 3,51 | 4,68 | 5,85 | 7,02 | 8,19 | 9,36 | 10,53 | 11,70 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| cable 1 | 925,25 | 925,45 | 925,65 | 925,85 | 926,05 | 926,25 | 926,44 | 926,64 | 926,16 | 925,76 | 925,56 |
| cable 2 | 925,25 | 925,85 | 926,44 | 927,04 | 927,63 | 928,23 | 928,82 | 929,42 | 930,01 | 928,90 | 928,30 |

En la gráfica Grafica 9.3 Diagrama de pérdidas de fuerzas de preesfuerzo por penetración de cuña se puede evidenciar la representación de las perdidas por penetración de cuña y curvatura

Grafica 9.3 Diagrama de pérdidas de fuerzas de preesfuerzo por penetración de cuña



Fuente Autores

➤ **Cálculo de pérdidas de preesfuerzo para el primer y único tensionamiento**

A continuación, se presentan los parámetros tomados según el CCP14, para la evaluación de las pérdidas de preesfuerzo por retracción y a su vez los resultados de las evaluaciones de perdidas por retracción, flujo plástico, relajación, y acortamiento elástico. En la Tabla 9.38 Perdidas por , la Tabla 9.39 Perdidas por flujo Plástico, la Tabla 9.40 Perdidas por relajación y la Tabla 9.41 Perdidas por acortamiento elástico, respectivamente.

❖ **Perdidas por retracción**

Tabla 9.38 Perdidas por retracción

| Ítem | Valor | Observación |
|------|-------|-------------|
|------|-------|-------------|

| | | |
|----------|--------|-------------------------------------|
| RH % | 80 | Humedad Relativa |
| SH Mpa | 28 | Δ retracción de Fraguado |
| Ap. (kN) | 19,345 | perdidas por retracción de fraguado |

Fuente Autores

❖ Perdidas por flujo plástico

Tabla 9.39 Perdidas por flujo Plástico

| Ítem | Valor | Observación |
|-----------------|--------|--------------------------------|
| e | 0,37 | excentricidad |
| M | 0 | Momento en el centro |
| Fcdr | 0 | σ en centro de gravedad |
| CRC | 51,599 | Δ flujo Plástico |
| Δp (kN) | 35,650 | perdidas por flujo plástico |

Fuente Autores

❖ Perdidas por relajación.

Tabla 9.40 Perdidas por relajación

| Ítem | Valor | Observación |
|-----------------|--------|-------------------------|
| FR | | |
| CR | 34,585 | |
| Δp (kN) | 23,895 | perdidas por relajación |

Fuente Autores

❖ Perdidas por acortamiento elástico

Tabla 9.41 Perdidas por acortamiento elástico

| Acortamiento Elástico | | |
|-----------------------|-------|-------------|
| Ítem | Valor | Observación |

| | | |
|-----------------|----------|------------------------------------|
| Eci Mpa | 24917,56 | Modulo del concreto |
| Fcir Mpa | 4,30 | σ en centro de gravedad |
| Ex Mpa | 200000 | Modulo del acero |
| Es Mpa | 1,726 | Δ Acortamiento elástico |
| Δp (kN) | 1,192 | perdidas por acortamiento elástico |

Fuente Autores

Adicionalmente En la Tabla 9.42 Resumen de perdidas se presenta el resumen con todas las pérdidas del análisis.

Tabla 9.42 Resumen de perdidas

| parámetro | Valor kN | Porcentaje |
|------------------------------|----------|------------|
| <i>Fuerza en el gato</i> | 925,25 | 100% |
| <i>Fricción y curvatura</i> | 0,99 | 0,11% |
| <i>Retracción</i> | 19,35 | 2,09% |
| <i>Acortamiento elástico</i> | 1,19 | 0,13% |
| <i>Flujo plástico</i> | 35,65 | 3,85% |
| <i>Relajación del acero</i> | 23,89 | 2,58% |
| <i>Recuperación elástica</i> | 13,88 | 1,50% |
| Pérdida total | 94,95 | 10,26% |

Fuente Autores

9.1.2.11 Diseño a flexión

Para el diseño a flexión de la viga se evalúa la cuantía requerida y posteriormente se verifica que el acero suministrado para la sección sea suficiente de tal manera que el momento nominal de la viga sea mayor que el momento ultimo encontrado mediante el análisis realizado por medio del momento matemático. En la Tabla 9.43 Procedimiento de diseño a flexión. Se evidencia el proceso del diseño a flexión.

➤ **Procedimiento de diseño a flexión**

Tabla 9.43 Procedimiento de diseño a flexión

| DISEÑO A FLEXIÓN | | | |
|---|--|---------------------------|---------------|
| MOMENTO ULTIMO DE LA SECCION COMPUESTA | | | |
| Mu | = 1,25 x DC + 1,75 x PL | 2116,729 | kN |
| Profundidad efectiva | $d = t + h - Rl - \phi_V - \phi_l/2$ | 1,26 | |
| cuantía de diseño $\rho =$ | $\frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{\frac{2,61 \times M_u}{f'_c \times b \times d^2}} \right]$ | 0,0026 | |
| cuantía mínima $\rho_{\min} =$ | | 0,0033 | |
| Cuantía adoptada para el diseño | | 0,0033 | |
| Area de refuerzo m^2 | $A_s = \rho \times b \times d$ | 0,00581531 | |
| Varilla | 10 | Area varilla | 0,00079173 |
| Numero de Varillas | 8 | configuracion de refuerzo | 8 ϕ # 10 |
| Verificacion ϕ Momento nominal refuerzo pasivo | | $\phi =$ | 0,9 |
| a | $\frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$ | 0,064 | m |
| ϕM_n | $\phi \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$ | 2937,17 | kN-m |
| VERIFICACION $\phi M_n > M_u$ | | CUMPLE | |

Fuente Autores

Teniendo en cuenta el procedimiento descrito en la tabla Tabla 9.43 Procedimiento de diseño a flexión se disponen 8 varillas número 10 como refuerzo pasivo distribuidas en dos filas en la parte inferior de la viga respetando el recubrimiento libre de 5 centímetros con una separación uniforme entre varillas no mayor a 11 centímetros y una separación entre filas de varillas de 5 centímetros.

➤ **Verificación momento nominal con las fuerzas de preesfuerzo**

El cálculo de la verificación nominal con las fuerzas de preesfuerzo se puede evidenciar en la Tabla 9.44 Verificación de momento nominal con fuerzas de preesfuerzo

Tabla 9.44 Verificación de momento nominal con fuerzas de preesfuerzo

| Verificación ϕM_n fuerzas de preesfuerzo | | $\phi = 1$ | |
|--|---|------------|-------|
| A_{ps} | $\#Total\ Torones \times Area\ Torones$ | 0,00138 | m |
| d_p | $Altura\ de\ la\ viga - 0,20$ | 0,95 | m |
| Factor β_1 | $0,85 - 0,05((f'_c - 28)/7)$ | 0,8 | ----- |
| ecuacion de K | $2 \times (1,04 - (f_{py}/f_{pu}))$ | 0,28 | ----- |
| C profundidad eje neutro | $\frac{A_{ps} \times f_{pu}}{0,85 \times f'_c \times \beta_1 \times b_w + k \times A_{ps} \times \frac{f_{pu}}{d_p}}$ | 0,075 | m |
| a | $\beta_1 \times C$ | 0,060 | m |
| f_{ps} | $f_{pu} \times \left(1 - \frac{C}{d_p}\right)$ | 1712,33 | MPa |
| ϕM_n | $A_{ps} \times f_{ps} \times \left(d_p - \frac{a}{2}\right)$ | 2176,42 | kN-m |
| VERIFICACION $\phi M_n > M_u$ | | CUMPLE | |

Fuente Autores

Como se puede observar según el proceso realizado en la Tabla 9.44 Verificación de momento nominal con fuerzas de preesfuerzo para la configuración estructural con la disposición geométrica de la sección, y los cables de tensión asignados se cumple satisfactoriamente con la verificación.

➤ Verificación cuantía máxima

A continuación, en la Tabla 9.45 Verificación de la cuantía máxima se puede evidenciar que la disposición de acero planteada para la sección es satisfactoria dado que la verificación cumple.

Tabla 9.45 Verificación de la cuantía máxima

| VERIFICACION CUANTIA MAXIMA | | | | | |
|-----------------------------|--|------|-----------------|-------|--------|
| a | $\frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$ | | 0,064 | m | |
| Factor β_1 | $0,85 - 0,05((f'_c - 28) / 7)$ | | 0,8 | ----- | |
| C | a / β_1 | | 0,0798 | m | |
| Verificacion ρ Maxima | $\frac{C}{d} <$ | 0,42 | $\frac{C}{d} =$ | 0,063 | CUMPLE |

Fuente Autores

➤ **Verificación cuantía mínima**

Para la verificación del refuerzo mínimo se describen los parámetros y resultados en la Tabla 9.46 Verificación de refuerzo mínimo

Tabla 9.46 Verificación de refuerzo mínimo

| VERIFICACION DE REFUERZO MINIMO | | | |
|---------------------------------|--|---------|--|
| parametro | unidad | valor | observacion |
| fr | Mpa | 3,67 | Modulo de rotura según CCP14 |
| fcpe | Mpa | 18,43 | Esfuerzo a compresion por preesfuerzo |
| Mdcn | kN-m | 1142,79 | Momento no mayorado por DC |
| Sic | m3 | 0,159 | Mod. fibra extrema de seccion compuest |
| Sis | m3 | 0,106 | Modulo fibra extrema de seccion Simple |
| γ_1 | ----- | 1,60 | factor variacion de fisuracion por flexion |
| γ_2 | ----- | 1,10 | Factor variacion del Preesfuerzo |
| γ_3 | ----- | 1,00 | Variacion en la resistencia de refuerzo |
| Mcr | kN-m | 6060,37 | Momento de fisuracion |
| 1,33Mu | kN-m | 2815,25 | Momento nominal Resistente |
| Verificacion Cuantia Minima | $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow M_{cr} \\ \rightarrow 1,33 M_u \end{array} \right\} > M_n$ | | CUMPLE |

Como se puede evidenciar en la Tabla 9.46 Verificación de refuerzo mínimo el refuerzo mínimo dispuesto en el diseño cumple teniendo en cuenta que el momento nominal resistente de la sección debe ser mayor que el menor momento entre el momento de fisuración y el momento nominal resistente

➤ **Refuerzo a temperatura**

Para evitar descascara-miento y/o fisuración del concreto en la sección de la viga se dispone refuerzo a temperatura a lo largo de la misma según lo descrito en la Tabla 9.47 Disposición de refuerzo a temperatura

Tabla 9.47 Disposición de refuerzo a temperatura

| REFUERZO A TEMPERATURA | | | |
|------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------|
| ρ_{Temp} | $0,0018 \times b \times h$ | 0,0003726 | |
| A_{sTemp} | cm^2 | 3,726 | |
| Varilla | 4 | Area varilla | 1,27 |
| Numero de Varillas | 4 | configuracion de refuerzo | 4 ϕ # 4 |

Como se muestra en la Tabla 9.47 Disposición de refuerzo a temperatura se disponen 4 varillas número 4 distribuidas uniformemente en cada cara lateral de la viga en el alma y la cabeza superior de la misma ,se deben disponer respetando un recubrimiento libre de 5 centímetros.

➤ **Verificación de esfuerzo en el acero**

El cumplimiento de la verificación del esfuerzo en el acero de se puede evidenciar en el proceso descrito en la Tabla 9.48 Verificación de esfuerzo en el acero presentada a continuación.

Tabla 9.48 Verificación de esfuerzo en el acero

| VERIFICACION DE ESFUERZO EN EL ACERO | | | |
|---|--|-----------------|-----------|
| Relacion Modular | $n = \frac{E_s}{E_c}$ | ----- | 7,043 |
| Profundidad efectiva | $d = h_t - Rl - \phi_V - \phi_l/2$ | m | 1,26 |
| dc | $t - d =$ | m | 0,09 |
| Area de Refuerzo | $Area \phi \times Cantidad \phi =$ | cm ² | 63,34 |
| Area de Refuerzo traccion | $A_{st} = A_s \times n$ | cm ² | 446,090 |
| Calculo Del Eje Neutro Y | | | |
| eje neutro Y | $10000 \times y^2 = (A_{st} \times d) - (A_{st} \times y)$ | m | 0,215 |
| Calculo Brazo Jd | | | |
| Brazo Jd | $Jd = d - \frac{y}{3}$ | | 1,184 |
| Esfuerzo Del Acero En Condicion De Servicio | | | |
| Esfuerzo Acero Condicion De Servicio f_{ss} | $f_{ss} = \frac{Ms}{Jd \times A_s}$ | kPa | 210087,01 |
| | | Mpa | 210,087 |
| según CCP-14 | $0,60 f_y =$ | Mpa | 252 |
| Verificacion de esfuerzo en el acero según CCP-14 | $f_{ss} \leq 0,60 f_y$ | CUMPLE | |

Fuente Autores

➤ Control de agrietamiento

Adicionalmente se realiza la verificación de control de agrietamiento de la sección donde se debe tener en cuenta la separación máxima del refuerzo dispuesto en el diseño a flexión; el cumplimiento del control de agrietamiento se puede evidenciar teniendo en cuenta el proceso realizado para la verificación de la Tabla 9.49 Control de agrietamiento en la cual se verifica que la separación dispuesta en el diseño a flexión la cual es máximo 11 centímetros es menor a la separación máxima verificada en el control de agrietamiento que es igual a 34 centímetros por lo tanto esta verificación cumple.

Tabla 9.49 Control de agrietamiento

| CONTROL DE AGRIETAMIENTO | | |
|---|------------------|--------|
| $\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0,7 \times (h - d_c)}$ | ----- | 1,11 |
| $S_{max} = \frac{123000 \times \gamma_e}{\beta_s \times f_{ss}} - 2 \times d_c$ | m | 0,34 |
| Verificación de control de agrietamiento | $S \leq S_{max}$ | CUMPLE |

Fuente Autores

9.1.2.12 Diseño a cortante

El diseño a cortante indicara la cantidad de ramas , varillas o refuerzo transversal es el necesario para cumplir la condición que el cortante nominal de la viga sea mayor al cortante último de la misma por esta razón se muestra a continuación en la Tabla 9.50 Diseño a cortante el procedimiento realizado para el diseño del refuerzo por cortante.

Tabla 9.50 Diseño a cortante

| DISEÑO A CORTANTE $V_u \leq \phi V_n$ | | | $\phi = 0,9$ |
|--|---|----|--------------|
| Cortante ultimo | V_u | kN | 361,998 |
| d_v | <i>El mayor de</i> $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow 0,72 \times t \\ \rightarrow 0,90 \times d \end{array} \right\}$ | m | 0,97 |
| | | m | 1,13 |
| ϕV_c | $\phi \times 1,66 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d_v$ | kN | 177,32 |
| Se requieren flejes en la seccion | | | |
| $\phi V_n = \phi V_c + \phi V_s \geq V_u \rightarrow \phi V_s \geq V_u - \phi V_c$ | | | kN |
| $\phi V_s = \phi \frac{A_v \times f_y \times d_v}{S}$ | $\frac{A_v}{S} = \frac{\phi \times V_s}{\phi \times f_y \times d_v}$ | m | 0,00043 |
| SUPONIENDO FLEJES # 3 EN 2 RAMAS | | | |
| Separacion entre flejes S | $\frac{A_v}{A_v/S}$ | m | 0,330 |
| se suministran flejes # 3 en dos ramas cada 0,3m | | | |

Según la Tabla 9.50 Diseño a cortante mostrada anteriormente se dispone de flejes número 3 en dos ramas cada 30 centímetros a lo largo de la viga.

➤ **Verificación Cortante nominal**

El cumplimiento del cortante nominal se presenta a continuación mediante la verificación mostrada en la Tabla 9.51 Verificación Cortante nominal

Tabla 9.51 Verificación Cortante nominal

| VERIFICACION DE CORTANTE NOMINAL ϕV_n | | | |
|---|--|--------|---------|
| resistencia por acero a cortante ϕV_s | $\phi \frac{A_v \times f_y \times d_v}{S}$ | Kn | 203,42 |
| Verificacion $\phi V_n > V_u$ | $\phi V_n \geq V_u$ | CUMPLE | |
| resistencia a cortante en seccion de concreto | $0,25 \times f'_c \times b_w \times d_v$ | Kn | 5550,98 |
| Verificacion $\phi V_n > V_u$ | $\phi V_n \geq V_u$ | CUMPLE | |

Fuente Autores

➤ **Verificación refuerzo mínimo transversal.**

Adicionalmente se debe verificar que el refuerzo transversal suministrado en el diseño a cortante sea mayor al refuerzo a cortante mínimo establecido en el CCP14. El cumplimiento de la verificación descrita anteriormente se evidencia en la Tabla 9.52 Verificación Refuerzo Transversal mínimo.

Tabla 9.52 Verificación Refuerzo Transversal mínimo

| VERIFICACION REFUERZO MINIMO TRANSVERSAL | | | |
|--|--|----------------|----------|
| $A_{v \min}$ | $0,083 \times \sqrt{f'_c} \times \frac{b_w \times S}{f_y}$ | m ² | 9,82E-05 |
| A_v | # Ramas \times Area Fleje | m ² | 1,43E-04 |
| Verificacion refuerzo minimo transversal | $A_v \geq A_{v \min}$ | CUMPLE | |

Fuente Autores

➤ **Espaciamiento máximo**

Es necesario verificar el espaciamiento máximo entre flejes o refuerzos a cortante dispuestos en el diseño a cortante, por dicha razón en la Tabla 9.52 Verificación Refuerzo Transversal mínimo se evidencia que la separación máxima de 30 centímetros es mayor o igual a la separación máxima establecida por el CCP14.

Tabla 9.53 Verificación de espaciamiento máximo a cortante.

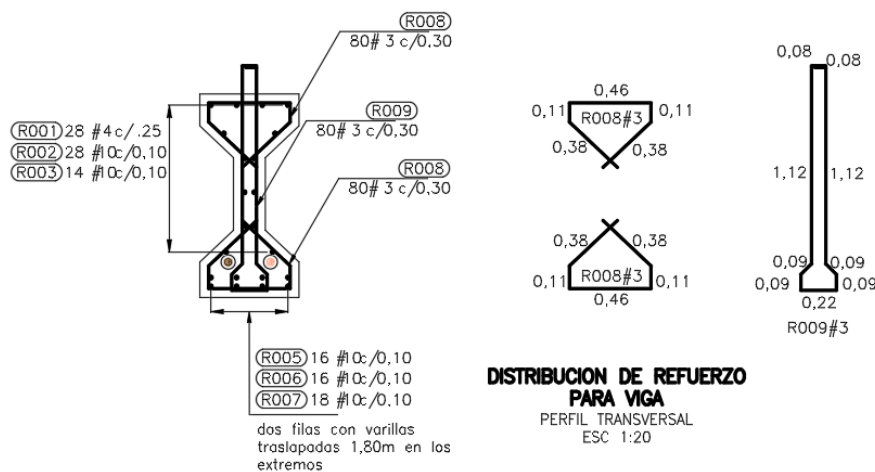
| ESPACIAMIENTO MAXIMO | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|---|------|
| SEGÚN SECCION 5.8.2.7 DEL CCP14 | $0,4 \times d_v \leq 300mm$ | m | 0,45 |
| Espaciamiento Maximo | S_{max} | m | 0,30 |

Fuente Autores

9.1.2.13 Detalle y configuración del refuerzo de la viga

En la Figura 9.5 Detalle de Configuración y distribución del refuerzo de la viga se puede observar el detalle y la configuración del refuerzo del tablero.

Figura 9.5 Detalle de Configuración y distribución del refuerzo de la viga



Fuente Autores

9.2 DISEÑO DE APOYO EN MATERIAL ELASTOMERICO O NEOPRENO

A continuación en la Tabla 9.54 Diseño del apoyo se presenta el proceso para el cálculo del apoyo

Tabla 9.54 Diseño del apoyo

| Diseño de apoyo | |
|----------------------------------|---------------|
| Dureza del neopreno | 60,00 |
| PT | 270,00 |
| Efuerzo limite (Mpa) | 8,80 |
| $Arq = \frac{Pr}{\delta_s}$ (m2) | 0,031 |
| Ancho viga en base | 0,40 |
| w (m) | 0,35 |
| L (m) | 0,00000 |
| A (m2) | 0,070 |
| CUMPLE | |
| Calculo de acortamiento | |
| $\Delta s = 1.2 * 0.1\% * L$ (m) | 0,029 |
| Espesor requerido elastico | |
| $h_{rt} > 2 * \Delta s$ | 0,059 |
| Factor de forma | |
| G kg/cm2 | 12 |
| $\delta_s = \frac{PT}{A}$ (Kpa) | 3857,142857 |
| SL | 2,57142857 |
| 7625 < 88000 | |
| CUMPLE | |
| Grosor de na capa | |
| CAPA INTERIOR | |
| hn | 0,000 |
| hn (m) Comercial | 0,025 |
| CAPA EXTERIOR | |
| hne | 0,018 |
| Hne (m) Comercial | 0,015 |

Fuentes: Autores

Teniendo en cuenta lo anterior se dispone un apoyo de 20 centímetros de longitud y 35 centímetros de ancho con un espesor de 5 centímetros

9.3 DISEÑO DE LA BARANDA

El diseño de la baranda se presenta a continuación:

9.3.1 Diseño del poste

Para el poste se utiliza una sección de las siguientes características:

- **Sección:** HEB120
- **Fy** = 420 MPa.
- **P** = 4.5 T

Primero se verifica que cumple el diseño transversal:

$$M = \frac{P}{2}(50 + 100) = 340500 \text{ Kg} * \text{cm}$$

$$S = 288 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M}{S} = \frac{340500 \text{ Kg} * \text{cm}}{288 \text{ cm}^3} = 1182.3 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo admisible de la sección es:

$$\sigma_{adm} = 0.6 * Fy = 0.6 * 420 \text{ Mpa} = 2532 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo que se verifica que el esfuerzo admisible es mayor al que se produce, de la forma:

$$2532 \text{ Kg/cm}^2 > 1182.3 \text{ Kg/cm}^2$$

Posteriormente se verifica que cumple el diseño longitudinal:

$$M = \frac{P}{8}(50 + 100) = 85125 \text{ Kg} * \text{cm}$$

$$S = 112 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M}{S} = \frac{85125 \text{ Kg} * \text{cm}}{112 \text{ cm}^3} = 760 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo admisible de la sección es:

$$\sigma_{adm} = 0.6 * Fy = 0.6 * 420 \text{ Mpa} = 2532 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo que se verifica que el esfuerzo admisible es mayor al que se produce, de la forma:

$$2532 \text{ Kg/cm}^2 > 760 \text{ Kg/cm}^2$$

Por último, se verifican los esfuerzos combinados:

$$\frac{1182.3 \text{ Kg/cm}^2 + 760 \text{ Kg/cm}^2}{2532 \text{ Kg/cm}^2} = 0.767 < 1$$

Por lo que queda comprobado el diseño total del poste.

9.3.2 Diseño de los tubos de tráfico

Primero se diseña la sección a flexión, para una longitud de 2.00 m, por lo que se tiene:

$$M = \frac{P}{12} L = 75667 \text{ kg} * \text{cm}$$

$$S = 28.44 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M}{S} = \frac{75667 \text{ kg} * \text{cm}}{28.44 \text{ cm}^3} = 2660.6 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo admisible de la sección es:

$$\sigma_{adm} = 0.66 * Fy = 0.66 * 420 \text{ Mpa} = 2772 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo que se verifica que el esfuerzo admisible es mayor al que se produce, de la forma:

$$2772 \text{ Kg/cm}^2 > 2660.6 \text{ Kg/cm}^2$$

Lo cual indica que los tubos de tráfico están correctamente diseñados

9.3.3 Diseño de los anclajes

Los anclajes consisten en 4 pernos de 1" de diámetro con rosca $A_s = 3.87 \text{ cm}^2$

Primero se verifica el funcionamiento de los pernos en sentido transversal:

$$T * 8\text{cm} = 85125 \text{ Kg} * \text{cm}$$

$$T = 10640 \text{ Kg}$$

Después se analiza el funcionamiento de los pernos en sentido longitudinal:

$$T * 12cm = 340500 Kg * cm$$

$$T = 28375 Kg$$

Se analiza para los esfuerzos combinados en el apoyo, por lo que se tiene que:

$$T = 28375 Kg + 10640 Kg = 39015 Kg$$

Y el esfuerzo generado por esta carga, teniendo en cuenta que se tienen 4 pernos en cada uno de los apoyos, sería:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{39015 Kg}{4 * 3.87 cm^2} = 2520.3 Kg/cm^2$$

El esfuerzo admisible de la sección es:

$$\sigma_{adm} = 0.66 * Fy = 0.66 * 420 Mpa = 2772 Kg/cm^2$$

Por lo que se verifica que el esfuerzo admisible es mayor al que se produce, de la forma:

$$2772 \text{ Kg/cm}^2 > 2520.3 \text{ Kg/cm}^2$$

Lo cual indica que los pernos cumplen satisfactoriamente.

9.4 DISEÑO DE RAMPAS

9.4.1 Predimensionamiento

Tabla 9.55. Materiales

| MATERIALES | | | | | |
|--------------|-----|-------|----------|-----|--------|
| Concreto f'c | Mpa | 28.00 | Acero Fy | Mpa | 420.00 |
| | Kpa | 28000 | | Kpa | 420000 |

Fuente: Autores

Tabla 9.56. Predimensionamiento

| | | | | | |
|----------------|------------------------|----------|-----------|----------------|------|
| L.efectiva (m) | 15.00 | BORDILLO | B (m) | H (m) | |
| Peralte H (m) | h > 0,033 (L.efectiva) | | 0.20 | 0.25 | |
| | | 0.50 | Hlosa (m) | 0.20 | |
| se toma H de | 1.35 | Alma (m) | 1.15 | | |
| b (m) | 0.50 | L (m) | 2.80 | L.aferente (m) | 2.40 |

Fuente: Autores

Se toma una longitud efectiva de 15 metros ya que es la máxima que permite la guía de puentes peatonales del IDU. (Bogotá A. M., Cartilla para el puente peatonal prototipo para Bogotá, 2009)

9.4.2 Análisis estructural

Tabla 9.57. Análisis Estructural

| TABLA DE RESUMEN | | | RESISTENCIA 1 - - - - 1,25 · DC + 1,75 · PL | |
|------------------|--------|----------|---|------------|
| | V (KN) | M (kN/m) | | |
| DC | 237.3 | 889.875 | Vu (kN) | 410.025 |
| PL | 64.8 | 130.05 | Mu (kN/m) | 1339.93125 |

Fuente: Autores

Tabla 9.58. Diseño a flexión

| Diseño a flexión (+) | | | | |
|---|---|--------------|--------|----------|
| Mu < Mn | | | | |
| d (m) | 1.290 | | | |
| #VARILLA asumida | 6 | Φ (m) | 0.0191 | |
| Cuantía de diseño "ρ" | $\rho = \frac{0,85 \cdot F'c}{Fy} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2,61 \cdot Mu}{Fc \cdot b \cdot d^2}} \right]$ | | | 0.00132 |
| AREA DE REFUERZO DE DISEÑO "AS" (cm) | $As = \rho \cdot b \cdot d$ | | | 8.49 |
| #VARILLA definitiva | # (+) | Area (cm2) | Φ (cm) | Cantidad |
| | 6 | 2.85 | 0.0191 | 4 |
| 4#6 | | | | |
| VERIFICACIÓN DE FLEXIÓN | | | | |
| d (m) | 1.290 | | | |
| a (m) | 0.040 | | | |
| $a = \frac{As \cdot Fy}{0,85 \cdot Fc \cdot b} \quad (m).$ | | | | |
| $\phi Mn = \phi \cdot As \cdot Fy \cdot \left(d \cdot \frac{a}{2} \right) \text{ kN} \cdot \text{m}$ | 547.4657875 | | | |
| CUMPLE | | | | |
| Diseño a flexión (-) | | | | |
| Mu < Mn | | | | |
| d (m) | 1.290 | | | |
| #VARILLA asumida | 6 | Diametro (m) | 0.02 | |
| Cuantía de diseño "ρ" | $\rho = \frac{0,85 \cdot F'c}{Fy} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2,61 \cdot Mu}{Fc \cdot b \cdot d^2}} \right]$ | | | 0.00442 |
| AREA DE REFUERZO DE DISEÑO "AS" (cm) | $As = \rho \cdot b \cdot d$ | | | 28.54 |
| #VARILLA definitiva | # (+) | Area (cm2) | Φ (cm) | Cantidad |
| | 10 | 7.92 | 0.03 | 4 |
| 4#10 | | | | |
| VERIFICACIÓN DE FLEXIÓN | | | | |
| d (m) | 1.284 | | | |
| a (m) | 0.112 | | | |
| $a = \frac{As \cdot Fy}{0,85 \cdot Fc \cdot b} \quad (m)$ | | | | |
| $\phi Mn = \phi \cdot As \cdot Fy \cdot \left(d \cdot \frac{a}{2} \right) \text{ kN} \cdot \text{m}$ | 1470.319486 | | | |
| CUMPLE | | | | |

Fuente: Autores

Según la Tabla 9.58. Diseño a flexión. Se toma un refuerzo longitudinal configurado de la siguiente forma. 4 varillas # 6 @ 0.10 metros,

Tabla 9.59. Diseño a cortante

| Diseño a cortante | | | | |
|---|----------|--------------|--------------|-------|
| Mu < Mn | | | | |
| concreto a cortante | | | | |
| Dv (m) | 0,9 * d | 1.161 | 1.161 | |
| | 0,72 * h | 0.972 | | |
| $\phi Vc = \phi \cdot 0,116\sqrt{F_c} \cdot b \cdot dv$ | | ϕVc kN | 459.0835 | |
| El concreto es capaz de soportar el cortante solo | | | | |
| Acero a cortante | | | | |
| $\phi Vs = Vu - \phi Vc$ | | ϕVs kN | -49.06 | |
| No se deben suministrar flejes | | | | |
| Por norma se colocan FL#3 cada 0,30cm | | | | |
| Flejes | | | | |
| $\frac{Av}{s} = \frac{\phi Vs}{\phi \cdot Fy \cdot dv} (m)$ | | | -0.0001117 | |
| # Varilla para fleje | # (+) | Area (cm2) | diametro | Ramas |
| | 3 | 0.71 | 0.01 | 2 |
| Av (cm2) | | 1.425114785 | | |
| S (m) | | -1.275319868 | -1.275319868 | |
| VERIFICACIÓN DE CORTANTE | | | | |
| $Vn = \phi Vc + \phi Vs$ | | | | |
| ϕVs (kN) | | -49.05854063 | | |
| $\phi Vs = \frac{\phi \cdot Av \cdot Fy \cdot dv}{s}$ | | | | |
| Vn (kN) | | 410.0250 | | |
| CUMPLE | | | | |

Fuente: Autores

9.4.3 Diseño de aletas

Tabla 9.60. Diseño de aletas

| Diseño a aletas | | | | | |
|-----------------------|---------------|-------------------------|--------------------------|---------------|-------------------------|
| TRANSVERSAL | | | LONGITUDINAL | | |
| BARRA | Diametro (cm) | Área (cm ²) | BARRA | Diametro (cm) | Área (cm ²) |
| 4 | 0.013 | 1.2667687 | 4 | 0.013 | 1.2667687 |
| b (m) | h (m) | d (m) | b (m) | h (m) | |
| 1 | 0.20 | 0.0564 | 2.8 | 0.2 | |
| ρ | | 0.0033 | ρ | | 0.0033 |
| As (cm ²) | | 1.8596 | Asmin (cm ²) | | 18.48 |
| cantidad | 2 | | cantidad | 16 | |
| separacion | 0.25 | | separacion | 0.17 | |
| 4#4 cada 0.25m | | | 16#4 cada 0.16 m | | |

Fuente: Autores

10 CONCLUSIONES

- ✓ Es de vital importancia tener claridad de lo que se va a realizar en el diseño estructural de cualquier proyecto, ya que con esto se pueden evitar errores, fallos o contratiempos en el transcurso del proyecto, y en su posterior etapa de uso. Un mal cálculo o la omisión del mismo puede llegar a generar errores tanto en el modelado o análisis estructural o en alguna hoja de cálculo que no cumpla satisfactoriamente; y si no se tiene en cuenta algún error como diseñadores, puede llegar a cambiar el diseño de forma desfavorable o disminuir considerablemente la seguridad y confiabilidad del mismo.
- ✓ Se realizaron los diseños de los puentes peatonales en la Av. Ciudad de Cali, entre la calle 9B y la calle 16B. cumpliendo con los diseños mínimos requeridos por la normatividad legal vigente colombiana de puentes (CCP-14), así mismo se presenta el diseño de la superestructura teniendo que cumplan con parámetros y lineamientos enfocados a optimización, eficacia y economía.
- ✓ Con el estudio de población y aforos del sector se da a conocer características del lugar en donde puede existir alguna problemática, los resultados de este trabajo le da una solución al problema de índices de accidentalidad y ayuda a optimizar la movilidad vehicular en la zona de estudio. La población que habita y transita periódicamente el sector se verá beneficiada de la construcción en varios aspectos, el más importante la prioridad del peatón en el caso de que los diseños presentados lleguen a etapa de materialización y ejecución.
- ✓ Con los resultados obtenidos y el análisis del Diseño estructural de los puentes peatonales en SAP 2000, se logra plantear un diseño que cumple con los requerimientos estructurales solicitador por la norma vigente para el diseño de puentes.
- ✓
- ✓ Es importante adoptar la normatividad vigente para el diseño de las estructuras. El presente trabajo sigue al pie de la letra los lineamientos establecidos por el código colombiano de puentes de 2014 evidenciando que al diseñar bajo dichos lineamientos se obtienen resultados confiables que minimizan las probabilidades de falla, adicionalmente se evidencia que el diseño es óptimo en económicamente y funcionalmente ya que detalla la optimización de secciones y refuerzos.

-
- ✓ En caso de ser ejecutada la construcción del presente proyecto se evidenciará notoriamente la mejora en la movilidad e índices de accidentalidad con usuarios peatonales de la zona estudiada en el presente trabajo.
 - ✓ Gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo del programa académico en cuanto a análisis estructural, mecánicas de materiales, y diseño estructural; se logra diseñar de manera confiable para la seguridad de la población que se proyecta utilizara las estructuras diseñadas adicionalmente en los resultados se presentan diseños eficientemente económicos en cuanto a los materiales planteados para la ejecución y materialización de los diseños presentados.

11 RECOMENDACIONES

- ✓ Es necesario verificar los diseños y resultados presentados por un especialista en diseño estructural o diseño de puentes.
- ✓ En caso de que exista la intención de materializar los diseños presentados es necesario realizar exploraciones y estudios geotécnicos necesarios para el tipo de estructuras diseñadas.
- ✓ en caso de ser ejecutados los diseños presentados es de estricto cumplimiento la utilización de los materiales y dimensiones presentadas en el diseño para de esta manera evitar fallos durante la construcción y posterior uso de las estructuras diseñadas
- ✓ Adicional al modelamiento realizado en SAP2000 para el comportamiento dinámico de una estructura en la etapa de diseño es de gran importancia garantizar direccionar y supervisar teniendo en cuenta los parámetros mínimos exigidos por la normatividad vigente del lugar de ejecución.

12 BIBLIOGRAFÍA

- AIS, N. C.-1. (2014). *Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica*.
- Arteaga Arredondo, D. M. (2017). *El espacio público de los puentes peatonales . Urbano, concepción*.
- Bogotá. (2017). *Localidad de Kennedy* . Obtenido de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/localidades/kennedy>
- Bogotá, A. M. (2009). *Cartilla para el puente peatonal prototipo para Bogotá*. Bogotá.
- Bogotá, A. M. (2021). *SINUPOT*. Obtenido de <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>
- Bogotá, I. d. (2021). *Mapas Bogotá*. Obtenido de <https://www.ideca.gov.co/>
- Brown, J. M. (s.f.). *Design of Reinforced Concrete*. Wiley.
- Brown, J. M. (s.f.). *Design of Reinforced Concrete*. Tenth Edition.
- Díaz, E. E. (2012). *Ingeniería de Puentes Reseña Histórica, Tipología, Diagnóstico y recuperación*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Gutiérrez, S. A.-M. (01 de Noviembre de 2019). *La seguridad vial y los puentes (anti) peatonales en México y América Latina*. Obtenido de <http://ilitia.cua.uam.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/384/1/La%20seguridad%20vial%20y%20los%20puentes.pdf>
- IDU. (2021). *Seguimiento Proyectos*. Obtenido de <https://idu.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=6950db8fa2d440ffbb3946c468eaae4a>
- Lin, T. Y. (2017). *Desing, Loading, and Analysis Methods*.
- Lin, T. Y. (s.f.). *Design of Prestressed Concrete Structures*.
- Luisa Fernanda Rojas Pulido, J. C. (2019). *Estudio de Movilidad Peatonal*. Bogotá.
- Meza, L. E. (s.f.). *ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO PRESFORZADO*. Managua, Nicaragua.

-
- Movilidad, S. D. (2016). *Aforos entre la Calle 10B y la Calle 15D*. Bogotá.
- Movilidad, S. D. (2017). *Observatorio de movilidad Bogotá*. Bogotá: Secretaría Distrital de Bogotá.
- Movilidad, S. D. (2020). *Datos abiertos geográficos de la secretaria Distrital de movilidad*. Obtenido de <https://datos.movilidadbogota.gov.co/>
- Olivera, P. (s.f.). Bridge design concept. En P. Olivera, *Bridge design concepts*.
- Olmos, J. O. (s.f.). *Estudio Geotécnico*. Bogotá.
- ONU. (s.f.). *Manual de Calles: Diseño vial para ciudades mexicanas*. Obtenido de <http://onuhabitat.org.mx/index.php/manual-de-calles-diseno-vial-para-ciudades-mexicanas>
- Organization, P. A. (2019). *Status of Road Safety in the Region of the Americas*. Obtenido de <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51088>
- Otero, A. V. (s.f.). *Definiciones y Conceptos Generales*.
- Panamericana, O. (2016). *La seguridad vial en la Región de las Américas*. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/28565/9789275319123-spa.pdf?sequence=6>: OPS y OMS. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/28565/9789275319123-spa.pdf?sequence=6>
- Panamericana, O. (2019). *Acerca de la seguridad vial*. Obtenido de https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=5163:about-road-safety&Itemid=39898&lang=es
- Paraguay, M. d. (2011). *Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones*. 1ra , Edición.
- Pedro, A. R. (2019). Bridge design concepts and analisis. En *Bridge design concepts and analisis* (pág. 439). Firts edition ed., Lisboa.
- Ramirez, E. U. (2014). *Topografía de Puentes y Túneles*. Santo Domingo.
- Reis, P. O. (2015). Bridge design concepts and analisis. En P. O. Reis, *Bridge design concepts and analisis* (pág. 439). Lisboa: Firts .
-

-
- Santé, O. m. (2015). *Rapport de situation sur la sécurité Routière Dans Lemonde*.
Obtenido de https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/rss_sum_fr.pdf?ua=1
- SDP, S. d. (junio de 2021). *secretaria distrital de planeacion*. Obtenido de www.sdp.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario/puente-peatonal
- Somenson. (2015). Estudio y Proyecto de Hormigón Armado. En Somenson, *Estudio y Proyecto de Hormigón Armado* (pág. 234).
- Wilson, C. y. (2000). Guidance for Good Bridge design, Switzerland. En C. y. Wilson, *Guidance for Good Bridge design, Switzerland* (págs. 179-180). Fédération Internationale de Béton.

13 ANEXOS

Anexo 1 Plano Urbanismo y topografía zona de estudio

Anexo 2 Plano implantación puente A

Anexo 3 Plano Implantación puente B

Anexo 4 Planos diseño estructural

Anexo 5 Calculo Diseño Estructural

Anexo 6 Calculo accesorios