DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRERA DÉCIMA CON AVENIDA PRIMERO DE MAYO

LAURA VANESSA MOLANO TORO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

TECNOLOGIA EN TOPOGRAFIA

BOGOTA, D.C. 2017

DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE LA CARRERA DÉCIMA CON AVENIDA PRIMERO DE MAYO.

LAURA VANESSA MOLANO TORO

20132031247

DIRIGIDO POR:

ING. JULIO HERNAN BONILLA ROMERO

MSc. GEOMÁTICA

ESP. DISEÑO DE VIAS URBANAS TRÁNSITO Y TRANSPORTE

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

TECNOLOGIA EN TOPOGRAFIA

BOGOTA, D.C. 2017

Tabla de Contenido

RESUMEN 1
INTRODUCCIÓN 3
PROBLEMA 5
JUSTIFICACIÓN 8
OBJETIVOS 9
1. Marcos de Referencia 10
1.1 Marco Geográfico 10
1.2 Marco Teórico 12
1.2.1. **Red Vial urbana** 12
1.2.2. **Corredor Vial** 12
1.2.3. **Intersección** 13
1.2.4. **Paso a Nivel** 13
1.2.5. **Paso a Desnivel** 13
1.2.6. **Estudios topográficos** 14
1.2.7. **Estudios de Tránsito y Transporte** 14
1.2.8. **Urbanismos, Paisajismos y Mobiliario urbano** 15
1.2.9. **Lineamientos generales para el diseño de intersecciones** 15
1.2.10. **Controles para el diseño Geométrico** 16
1.2.10.1. Velocidad de diseño 17
1.2.10.2. Velocidad específica 18
1.2.10.3. Velocidad reglamentaria 19
1.2.10.4. Distancia de Visibilidad 19
1.2.10.5. Distancia de visibilidad de parada 19
1.2.10.6. Distancia de entrecruzamiento 21
1.2.11. **Parámetros y criterios del diseño planimétrico** 21
1.2.11.1. Uso de la clotoide como curva de transición y conectante 22
1.2.11.1.1. Curva Circular simple 22
1.2.11.1.2. Curva circular compuesta 24
1.2.11.1.3. Curva Espiral-Circular-Espiral 26
1.2.11.2. Peralte 27
1.2.11.2.1. Radio de curvatura mínimo 28
1.2.11.2.2. Transición del peralte 29

1.2.11.2.3. Rampa de peralte 30
1.2.11.3. Sobreancho 32
1.2.12. **Parámetros y criterios del diseño Vertical** 34
1.2.12.1. Pendientes 35
1.2.12.1.1. Pendiente mínima 35
1.2.12.1.2. Pendiente máxima 35
1.2.12.2. Gálibo 35
1.2.12.3. Puente peatonal 36
1.2.12.3.1. Parámetros de diseño: 36
1.2.12.4. Curvas verticales 37
1.2.12.5. Visibilidad bajo pasos deprimidos 40
1.2.13. **Parámetros y criterios del diseño de secciones transversales** 40
2. Metodología 43
3. Desarrollo de la Propuesta 45
3.1. Análisis de Aforos 45
3.2. Planos Topográficos 49
3.2.1. Proceso Topográfico inicial 49
3.2.2. Proceso Altimétrico 52
3.2.3. Desarrollo de planos finales del proyecto 56
3.3. Área afectada 61
3.4. Modelo 3D 62
4. Resultados 66
5. Conclusiones 67
6. Recomendaciones 68
7. ANEXOS 69
8. Bibliografía 75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores de la denominada Velocidad de diseño del tramo Homogéneo (V_{TR}) en función de la Categoría de la Carretera y el tipo de Terreno. 18
Tabla 2. Distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel. 20
Tabla 3. Distancias de visibilidad de parada en tramos con pendiente. 20
Tabla 4.Cuadro de ecuaciones de los elementos de la curva circular simple. 24
Tabla 5. Cuadro de ecuaciones de los elementos de una curva circular compuesta. 26
Tabla 6. Radios mínimos para peralte máximo emax=6% y fricción máxima 29
Tabla 7. Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes. 31
Tabla 8.Ecuaciones de los elementos de la transición del peralte 31
Tabla 9.Parámetros reglamentados por el POT en secciones transversales urbanas según su perfil vial 42
Tabla 10. Tasa de crecimiento vehicular corredor Carrera 10. 47
Tabla 11. Flujo vehicular en el Área directa Carrera Décima 49
Tabla 12. Coordenadas de la placa M.15 IDU 135 2007 51
Tabla 13.Cálculo de Cartera de Nivelación 52
Tabla 14. Eje Carrera 10a hacia el Norte 54
Tabla 15. Eje Avenida 1 de Mayo al Oriente 54
Tabla 16. Eje Carrera 10a hacia el Sur 55
Tabla 17. Eje Avenida 1 de Mayo al Occidente 55
Tabla 18. Pendientes máximas permitidas en proyectos nuevos 56
Tabla 19. Elementos de curva. Carrera 10a hacia Av. Primero de Mayo (S-E) 58
Tabla 20.Elementos de curva. Conectante Av. Primero de Mayo hacia Carrera 10a (E-N) 58
Tabla 21. Elementos de curva. Conectante Carrera 10a hacia Av. Primero de Mayo (N-W) 59
Tabla 22. Elementos de curva. Conectante Av. Primero de mayo hacia Carrera 10a (W-S)60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Intersección Carrera Décima con Avenida Primero de mayo 5
Figura 2. Carrera décima con alto flujo vehicular sentido Sur-Norte..... 6
Figura 3. Carrera Décima con alto flujo vehicular sentido Norte-sur..... 6
Figura 4.Avenida primero de Mayo desde el Oriente..... 7
Figura 5.Mapa Base de la Intersección Av. 1° de Mayo con Carrera Décima..... 10
Figura 6. Imagen Aérea de la Zona de Estudio 11
Figura 7. Elementos geométricos de una curva circular simple. 23
Figura 8. Elementos geométricos de la curva circular compuesta..... 25
Figura 9. Elementos geométricos de una curva espiral-circular-espiral. 27
Figura 10. Peralte..... 28
Figura 11. Transición del peralte. 30
Figura 12. Secciones transversales y perfil parcial de la transición del peralte 32
Figura 13. Sobreancho 33
Figura 14. Gálibo 36
Figura 15. Equipamiento Urbano-Puente peatonal..... 37
Figura 16. Curvas verticales cóncavas..... 38
Figura 17. Curvas Verticales Convexas 38
Figura 18. Curvas verticales simétricas. 39
Figura 19. Curvas verticales Asimétricas..... 39
Figura 20. Visibilidad en pasos bajo estructuras. 40
Figura 21. Elementos de las secciones transversales 42
Figura 22. Placa del IDU Y Coordenadas, usada como referencia para el levantamiento topográfico del Diseño. 45
Figura 23. Situación y movimientos Actuales de los Vehículos sobre la intersección..... 46
Figura 24. Esquema volumen vehicular sobre la intersección Carrera 10a con Av. Primero de Mayo..... 48
Figura 25. Área errónea de alturas..... 50
Figura 26. Placa del IDU..... 51
Figura 27. Diagrama del levantamiento altimétrico 53
Figura 28. Conectante desde Carrera Décima hacia la Avenida primera de Mayo.(S-E).... 57

Figura 29. Conectante desde la Avenida Primero de mayo hacia la Carrera Décima 58
Figura 30.Conectante Carrera Décima hacia Avenida Primero de Mayo 59
Figura 31. Conectante Avenida Primero de Mayo hacia Carrera Décima 60
Figura 32. Sección Típica Desnivel - Carrera Décima 61
Figura 33. Sección Típica Av. Primero de Mayo 61
Figura 34. Área afectada por el Diseño..... 62
Figura 35. Alzado para modelo 3D..... 63
Figura 36. Vista general del Modelo 3D..... 64
Figura 37. Vista Av. 1ro de Mayo con Puente peatonal 64
Figura 38. Vista Carrera Décima con Paso a desnivel..... 64
Figura 39. Vista desde Noroccidente a Carrera Décima y Av. 1ro de Mayo..... 65

RESUMEN

La intervención de la infraestructura en la sociedad es fundamental desde un contexto local hasta uno mundial. Es indispensable que por medio de una buena infraestructura como en este caso la infraestructura vial, se pueda lograr una mejor calidad de vida, en donde se logren uno a uno los servicios básicos de un "buen vivir".

De una buena malla vial también depende la calidad de vida de los transeúntes de las distintas vías arteriales de la ciudad, ya que una vía en mal estado no solo afecta posiblemente la salud, si no la seguridad del peatón.

Uno de los mayores inconvenientes que presentan las vías principales de Bogotá es su gran número de intersecciones semaforizadas, estas limitan tiempos de transporte, generan altos niveles de accidentalidad y no satisface la gran demanda vehicular existente, ya que esta no está siendo controlada, es el caso de la intersección existente sobre la Carrera Decima con avenida primero de mayo cuenta con dos (2) troncales de Transmilenio que también generan conflictos en hora pico; esta problemática ha generado la propuesta de intervenir una de las intersecciones ubicada al sur-oriente que presenta conflictos en sus distintos cruces, mediante el diseño geométrico de un paso a desnivel.

El diseño geométrico se definió sobre la Carrera 10ª, con dos calzadas cada una con cuatro carriles incluyendo los de Transmilenio, la Avenida Primero de Mayo no se modificó y continuo a nivel, cuatro conectantes con respecto a los giros necesarios y un puente peatonal sobre la Avenida Primero de Mayo, con el fin de mejorar la movilidad de los distintos medios de transporte que existen en Bogotá.

Palabras Claves: intersección, paso a desnivel, movilidad.

ABSTRACT

The intervention of infrastructure in society is fundamental from a local to a global context. It is essential that through a good infrastructure such as the road infrastructure in this case, a better quality of life can be achieved, where the basic services of a "good living" can be achieved one by one.

The quality of life of pedestrians in the different arterial roads of the city also depends on a good road network, since a poor roadway not only affects health, but also pedestrian safety.

One of the main drawbacks of Bogotá's main roads is its large number of traffic intersections, which limit transportation times, generate high levels of accidents and do not satisfy the high vehicular demand, since it is not being controlled. Bear in mind that the existing intersection in career tenth with First Avenue of May has two (2) Transmilenio trunks that also generate conflicts during peak hours; this problem has generated the proposal to intervene one of the intersections located in the southeast that presents conflicts in their different crosses, through the geometric design of an overpass,

The geometric design defined in Carrera 10ª, with two roads each with Four Including Transmilenio, First Avenue of May s not modified and continues to level, four connectors with respect to the necessary turns and a pedestrian bridge on the Avenue of May, to improve the mobility of the different means of transport that exist in Bogota.

Keywords: intersection, overpass, mobility.

INTRODUCCIÓN

La congestión vehicular es un problema que afecta a la gran mayoría del país, incluyendo a Bogotá que es considerado el principal centro económico y político del país, sin excluir su sistema educativo, instituciones de Salud, riqueza cultural y su alto nivel turístico, por tanto es indispensable que la malla vial de Bogotá fuese eficiente y estuviera acorde con la demanda generada por el alto incremento de población y automóviles en la actualidad.

Aunque se han realizado varias campañas de reestructuración a la malla vial que afecta directamente la movilidad por su mal estado, otro factor que genera congestión vehicular es la cantidad de intersecciones semaforizadas en las vías principales, este tipo de intersecciones son ineficientes ya que congestionan importantes zonas de acceso, retrasa la movilización y se presenta un número alarmante de accidentes de tránsito; este problema lo podemos evidenciar claramente en la intersección que se presenta en la Carrera 10ª con Avenida primero de mayo. Esta intersección es un ingreso importante a localidades como San Cristóbal Sur, Rafael Uribe Uribe y Antonio Nariño, sin contar con que la Carrera 10ª es una vía de acceso fundamental a la zona central de ciudad.

A partir de esto, se convierte esta intersección en un punto estratégico para realizar un diseño geométrico de una intersección a desnivel, analizando datos estadísticos del flujo vehicular para determinar sobre cuál eje vial se realizaría el diseño en deprimido, generando planos topográficos de la zona y sobre ellos realizar el respectivo diseño geométrico vial.

A pesar de que la zona cuenta con óptimas condiciones viales, el número de semáforos antes y después de la intersección son varios para volumen vehicular que se maneja sobre la Carrera 10ª ya que desde la Estación de Country Sur hasta la Estación Ciudad Jardín hay

cuatro (4) semáforos, y sobre la avenida Primero de Mayo desde la Carrera 10ª A hasta la carrera octava hay solo dos (2) semáforos; Además de que en la zona se generan alrededor de 5 giros vehiculares, todo esto junto permite tener una idea general de la situación actual y que un paso a desnivel sería claramente la solución al problema de congestión vial en esta intersección.

PROBLEMA

La problemática inicial de esta intersección es que cuenta con varios semáforos antes, durante y después de ella, los cuales son alrededor de cuatro (4), estos generan congestión vehicular en horas pico, no solo por los giros que se presentan en la intersección que son cinco (5), si no porque la cantidad de vehículos que los transitan incluyendo el sistema de Transmilenio, SITP , además de la variedad en tamaños de los vehículos lo cual crea un conflicto en el centro de la intersección, además del flujo de motos, bicicletas y peatones.

Este problema se observa en la Figura 1, en donde el conflicto es inminente, debido a que los vehículos que vienen por la Carrera 10ª sentido Norte-Sur, tienen la vía , pero el semáforo que se encuentra en la Avenida primero de Mayo, sentido Occidente-Oriente, cuenta con un tiempo en el que no permite que se movilice cierta cantidad de vehículos que descongestionen la vía en ese sentido. Esto hace que los vehículos pasen el semáforo estando en Amarillo y provoque el colapso en la intersección.

Figura 1. Intersección Carrera Décima con Avenida Primero de mayo

En la figura 2, se observa la cola de vehículos que se hace sobre la Carrera 10ª sentido Sur-Norte, en el momento en que el semáforo se encuentra en Rojo, esto se puede limitar a un tiempo de 36 a 40 segundos. En donde se nota que la cantidad de vehículos supera la capacidad de la vía.

Figura 2. Carrera décima con alto flujo vehicular sentido Sur-Norte

En la figura 3, muestra no solo una prolongada cola de vehículos en los carriles mixtos, sino que también la cola de Transmilenios, esto permite evidenciar que la vía que más conflicto presenta es la Carrera 10ª en sentido Norte-Sur y Viceversa.

Figura 3. Carrera Décima con alto flujo vehicular sentido Norte-sur

En la figura 4, se puede apreciar que la Avenida primero de Mayo es más descongestionada, debido a la cantidad de carriles por calzada permitiendo así un flujo normal vehicular.

Figura 4.Avenida primero de Mayo desde el Oriente

La intersección en horas pico no cuenta con la capacidad de permitir un flujo rápido de los vehículos que transitan sobre la Carrera décima debido a que el Sistema Transmilenio cuenta dos carriles por calzada lo que disminuye a dos carriles por calzada para uso de vehículos particulares y de servicio urbano. Además de que el giro realizado por los vehículos en sentido Occidente- Norte provoca gran congestión.

JUSTIFICACIÓN

El incremento vehicular ha llevado a que la ciudad de Bogotá, busque continuas mejoras a nivel de movilidad, el incremento de congestión vehicular es debido a las intersecciones semaforizadas, las cuales se encuentran dentro de la malla Arterial de la ciudad.

Sobre la intersección de la Carrera 10ª con Avenida Primero de mayo, la congestión ha incrementado debido a la cantidad de rutas implementadas por el SITP y Transmilenio, sin contar con el número de motocicletas y vehículos particulares que día a día se suman a esta zona, por ser de fácil acceso al centro de la Capital.

La movilidad sobre la carrera 10ª se ve afectada principalmente porque la cantidad de carriles de uso mixto se limita a dos (2) haciendo que no se satisfaga con la demanda vehicular, ya que por esta transitan vehículos de gran tamaño que en el momento de cambio de semáforo toman más tiempo en el cruce y evita que la cantidad de vehículos que pasen sean mayor.

Según datos del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), en el 2010, la cantidad de vehículos que se transportaban por la intersección eran alrededor de 6.626 en horas pico.

Todos estos factores llevaron a pensar en una solución para la comunidad y para los usuarios de la intersección que a diario se ven sometidos a colapsos en la vía, la cual fue el diseño un paso a desnivel que permitiera un flujo continuo, la eliminación de algunos semáforos y la disminución en tiempos de recorrido.

OBJETIVOS

Objetivo General

Generar el diseño geométrico de un paso a desnivel sobre la Intersección de la Carrera 10ª con Avenida Primero de Mayo.

Objetivos Específicos

1. Analizar información estadística sobre la movilidad de la zona de estudio que permita elegir el eje vial sobre el cual sea más factible diseñar el paso a desnivel.
2. Realizar un plano topográfico en donde se observe el diseño del paso a desnivel con sus respectivos alineamientos y elementos geométricos.
3. Definir un modelo 3D del diseño final del paso a desnivel de la intersección.

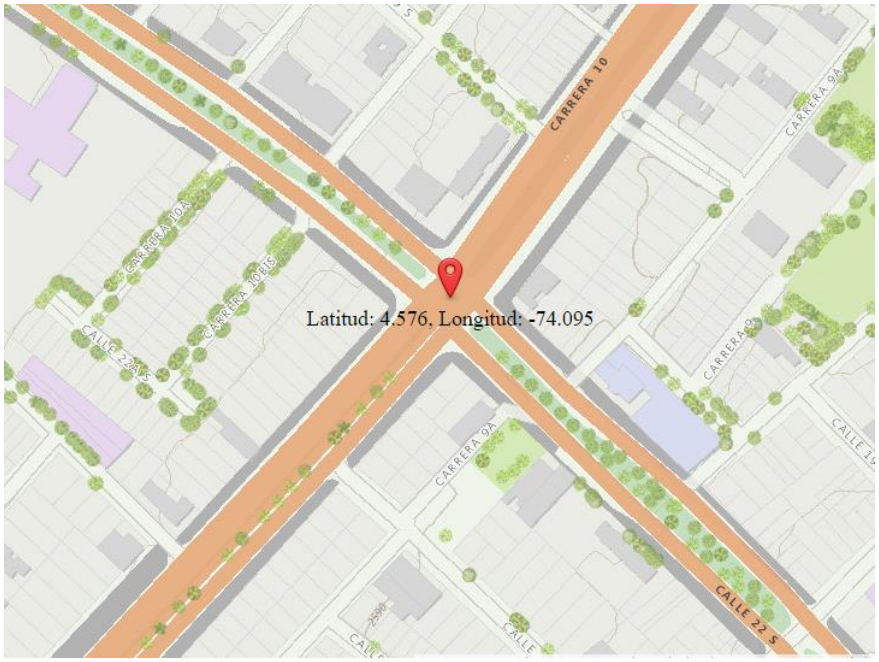
1. Marcos de Referencia

1.1 Marco Geográfico

La zona de estudio se encuentra en la ciudad de Bogotá, D.C., Colombia, en la localidad de San Cristóbal sur en el barrio Sosiego, en la Intersección vial de la Avenida 1° de Mayo con Carrera 10, la cual conecta y atiende la demanda vehicular de algunos barrios como Ciudad Jardín Sur, San Cristóbal, San Blas, Lomas y sus alrededores.

Sobre la Carrera 10ª se encuentran varias estaciones de Transmilenio, de manera específica la que se encuentra en la intersección con la Avenida primero de Mayo, llamada Estación Avenida 1° de Mayo, y hace parte de la Malla vial arterial hacia el Centro de Bogotá. Como se muestra en la figura 5.

Figura 5.Mapa Base de la Intersección Av. 1° de Mayo con Carrera Décima.



Fuente. Infraestructura de Datos Especiales para el Distrito Capital – IDECA (2017).

En la imagen 6, se Identifica la Carrera 10ª, la cual se compone de 2 calzadas divididas por la estación de Transmilenio, en donde cada una cuenta con cuatro (4) carriles, dos (2)

para uso exclusivo de Transmilenio y dos (2) para el uso de vehículos particulares y de servicio público, asimismo cuenta con una ciclo ruta sobre el andén del costado oriental de la vía.

Figura 6. Imagen Aérea de la Zona de Estudio

Fuente. Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital - IDECA (2017).

1.2 Marco Teórico

1.2.1. Red Vial urbana

Para lograr enfatizarse en las intersecciones viales, es indispensable conocer la definición propuesta por la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C., Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), Banco de desarrollo de América latina (CAF), Universidad Nacional de Colombia (2015) "Aquellas que atraviesan o demarcan áreas urbanas consolidadas o previstas por el ordenamiento territorial, en el suelo urbano o suelo urbano de expansión respectivamente."(p. 22).

Para lograr conformar una intersección vial funcional, es necesario que el conjunto de vías involucradas cumplan con los distintos requerimientos y condiciones para su operación, implicando los elementos generales del diseño geométrico de una vía o carretera, como los alineamientos verticales y horizontales, velocidades de diseño, distancias de visibilidad, diseño de peralte y que esta sea segura, cómoda y estética.

1.2.2. Corredor Vial

Es una zona constituida por una sección transversal de paramento a paramento la cual incluye las calzadas, separadores, andenes, ciclorrutas, entre otras, por donde circulan peatones, vehículos y/o ciclistas. A nivel urbano las dimensiones y distribución de estas franjas determinan el perfil vial y por ende la jerarquía del corredor dentro de la red vial. (IDU, 2015).

1.2.3. **Intersección**

Las intersecciones son cruces o zonas de conflicto entre dos o más vías de igual o distinta jerarquía, que se pueden cruzar al mismo o diferente nivel, las cuales involucran las calzadas que utilizan los vehículos para realizar la mayoría de movimientos posibles. (INVIAS, 1998).

Las intersecciones son una solución efectiva a la congestión vehicular y exceso de semáforos, que aumentan el tiempo de viaje, costos y accidentes de tipo "alcance" por los cambios del semáforo, además de brindar mayor seguridad para los peatones.

Sin embargo el funcionamiento de la red vial involucrada está condicionada por los niveles de servicios de la intersección.

1.2.4. **Paso a Nivel**

"Son cruces viales sin ningún tipo de segregación vertical. En este grupo de Intersecciones se incluyen aquellas de prioridad tipo pare o ceda el paso, las semaforizadas y las glorietas normales. De esta manera pueden derivarse diferentes clases, dependiendo de la cantidad de ramales y tipos de canalización." (IDU, 2015, p.233).

Favorece los flujos más fuertes o más rápidos, dándoles preferencia en el diseño de la intersección para minimizar peligros y demoras, reduciendo el área de conflicto. (S.L. Uribe Celis).

1.2.5. **Paso a Desnivel**

"Conjunto de ramales que se proyectan con cierta segregación vertical, para facilitar el paso directo de determinado(s) movimiento(s) sin que exista conflicto de cruces entre estos,

o para proveer el intercambio de ramales y conexión de diferentes puntos origen-destino, con un menor número de conflictos.” (IDU, 2015, p.234).

“Los ramales de un enlace tienen que adaptar su velocidad de salida a las condiciones de las vías de entrada. (…) aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad insuficientes y mantener el flujo vehicular de una vía importante.”(S.L. Uribe Celis)

1.2.6. Estudios topográficos

La topografía es el elemento básico para realizar cualquier proyecto de infraestructura vial, sin embargo la tecnología avanza y en las primeras fases del proyecto se pueden utilizar herramientas que permiten buenas precisiones, como cartografía e imágenes satelitales, aunque es de suma importancia que para los diseños definitivos que se lleve a cabo un levantamiento planimétrico y altimétrico, en donde se incluya un amarre al sistema Magna-Sirgas de la red del Instituto Agustín Codazzi (I.G.A.C.). (IDU, 2015).

Para llevar a cabo un buen levantamiento topográfico se debe levantar toda la sección típica detalladamente (paramentos, bordes de vía, vía, separador, árboles, señales, etc.), y procedimientos de oficina como cálculos y procesamiento de la información en softwares.

1.2.7. Estudios de Tránsito y Transporte

Estos estudios deben proporcionar información suficiente para respaldar el desarrollo del diseño, la Secretaria Distrital de Movilidad (SDM) se encarga de realizar dichos estudios con personal calificado, sistematizarlos y estar en capacidad de brindar información a los ciudadanos.

Si una obra de infraestructura vial afecta directa o indirectamente al Sistema integrado de Transporte (SITP), se debe estimar el buen funcionamiento de la infraestructura vial vehicular y peatonal en donde es importante el diseño geométrico.

1.2.8. Urbanismos, Paisajismos y Mobiliario urbano

"A nivel urbanístico se identificara con apoyo de la oficina de planeación competente, aspectos como: la zona de reserva, la funcionalidad y jerarquía de las vías a empalmar, los usos del suelo y actividades de la zona y en general los temas asociados a la integración de proyectos vial en la trama urbana y los efectos urbanísticos que produce en relación con la accesibilidad, la conectividad y el manejo peatonal y de ciclo usuarios." (IDU, 2015).

Según la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C., Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), Banco de desarrollo de América latina (CAF), Universidad Nacional de Colombia (2015) define, "El diseño del proyecto incluye los siguientes trabajos:

- Planos de localización, plantas, cortes, elevaciones, etc.
- Diseño de superficies duras y semiduras.
- Definición de mobiliario, según criterio del diseñador tomando como guía la cartilla de mobiliario del distrito.
- Planos detallados."

1.2.9. Lineamientos generales para el diseño de intersecciones

El manual de diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. Presenta una serie de planteamientos a tener en cuenta para el diseño más conveniente de una intersección vial, en el cual se definen soluciones, estos criterios pueden ser usados como base para el desarrollo de un chequeo y control del diseñador.

– ***Reducción de área de conflictos:*** también conocidas como zonas de convergencia, divergencia y entrecruzamiento, pueden ser tratadas mediante una geometría coherente con sus trayectorias complementándolas con señalización y canalización física, ya sean verticales u horizontales. (IDU, 2015).

– ***Control de velocidad:*** esta depende del manejo seguro de las transiciones entre velocidades. Se debe garantizar que todos los enlaces que los procesos de aceleración desaceleración se desarrollen según criterios de diseño de intersecciones. (IDU, 2015).

– ***Sencillez y Claridad:*** la intersección no debe permitir la duda o equivocación al conductor, lográndolo mediante oportuna señalización, visible, clara y pertinente. (IDU, 2015).

– ***Control de puntos de giro:*** se deben evitar los giros no convenientes que coloquen en peligro a los peatones, conductores u otros actores viales. Si se impide un determinado giro, los alineamientos por borde deben materializar tal condición. (IDU, 2015).

– ***Visibilidad:*** La velocidad de los autos al acceder a una intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso hasta al llegar a la detención total, incluye como mínimo la distancia de parada. (IDU, 2015).

– ***Claridad:*** en las intersecciones se debe eliminar la duda a los conductores, mediante señalización visible, clara y pertinente con la geometría precisa que oriente correctamente al conductor. (IDU, 2015).

1.2.10. Controles para el diseño Geométrico

Los controles para el diseño geométrico definidos por el Manual de diseño de vías (INVIAS, 2008) son tres (3).

Estos criterios deben cumplir con las características apropiadas para el diseño de una carretera, con alineamientos y dimensiones que satisfagan la demanda del proyecto, los alcances de los estudios y la viabilidad económica.

1.2.10.1. Velocidad de diseño

Esta velocidad corresponde a la máxima velocidad que un vehículo puede mantener en un tramo de vía, a la cual pueden circular los vehículos en condiciones de seguridad cuando las condiciones climáticas y de tránsito sean favorables para garantizar que las características del diseño prevalezcan (IDU, 2015)

La velocidad de diseño como control debe además ser consistente con la velocidad que espera el conductor promedio que opera u operará la vía, para escoger velocidad de diseño de una vía urbana se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Tipo de proyecto a desarrollar.
- La clasificación funcional de la vía o las vías.
- Tipo de terreno.
- Tipo y volumen del tráfico (carga y transporte público).
- La densidad y carácter de los usos del suelo adyacentes.
- Las consideraciones económicas y ambientales.
- Anchos de la sección transversal.
- Conflictos vehículo-vehículo y vehículo- peatón
- Maniobra de ascenso y descenso de pasajeros.

En la Tabla 1, definen los valores de la velocidad en función del tipo de carretera y el tipo de terreno, estos parámetros pueden ser modificables durante el transcurso del diseño.

Tabla 1. Valores de la denominada Velocidad de diseño del tramo Homogéneo (V_{TR}) en función de la Categoría de la Carretera y el tipo de Terreno.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente. Manual de Diseño Geométrico de carreteras. (INVIAS, 2008).

1.2.10.2. Velocidad específica

Es la velocidad máxima que un vehículo puede mantener a lo largo de un trayecto en donde no hayan obstáculos que impidan que esta velocidad sea restrinja por el estado de la vía, condiciones climáticas, señalizaciones, tráficos u otros, siendo los elementos geométricos los únicos limitantes de dicha velocidad. (IDU, 2015).

Esta velocidad en curvas horizontales se da en relación a las curvas, mientras que en las curvas verticales se relacionan las diferencias de pendientes de entrada y salida, longitudes de curva. (IDU, 2015).

- La velocidad específica no debe sobrepasar por más de 30 km/h a la velocidad de diseño.

- La velocidad específica entre curvas adyacentes no deben diferir en más de 20 km/h.

1.2.10.3. Velocidad reglamentaria

Es la máxima velocidad permitida para la circulación vehicular por la norma vigente. Según la Ley 1239 de 2008, se definen velocidades máximas o mínimas para vehículos de servicio público, de carga y de transporte escolar son máxima de 60 km/h, para las zonas escolares y residenciales máxima de 30 km/h y para los espacios urbanos la velocidad máxima es de 80 km/h.

1.2.10.4. Distancia de Visibilidad

Es la longitud continua de una carretera que es visible hacia adelante por el conductor de un vehículo que circula por ella.

1.2.10.5. Distancia de visibilidad de parada

Se considera como la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo se pueda detener antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria sin que se realicen maniobras peligrosas, colisiones o paradas bruscas. (IDU, 2015).

Las tablas 2 y 3 indican valores recomendados para distancias mínimas de paradas en tramos a nivel y en tramos con pendiente, respectivamente.

Tabla 2. Distancias de visibilidad de parada en tramos a nivel.

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve	DISTANCIA PERCEPCIÓN-REACCIÓN	DISTANCIA DURANTE EL FRENADO A NIVEL	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	
			CALCULADA	REDONDEADA
(km/h)	(m)	(m)	(m)	(m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	83.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Fuente. Manual de Diseño Geométrico de carreteras. (INVIAS, 2008).

Tabla 3. Distancias de visibilidad de parada en tramos con pendiente.

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) D_P					
	DESCENSO			ASCENSO		
	- 3%	- 6%	- 9%	+ 3%	+ 6%	+ 9%
20	20	20	20	19	18	18
30	32	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	263	281	304	234	223	214
130	302	323	350	267	254	243

Fuente. Manual de Diseño Geométrico de carreteras. (INVIAS, 2008).

1.2.10.6. Distancia de entrecruzamiento

Es la zona donde se entrecruzan distintos flujos vehiculares que siguen un mismo sentido de circulación. La longitud y el ancho de la sección de entrecruzamiento determinan la facilidad de maniobra de los vehículos a través del mismo y en consecuencia su capacidad. (Rocío Rolón, 2006). El ancho del tramo de entrecruzamiento expresado en carriles, como lo muestra la siguiente ecuación:

$$N = \frac{F_1 + F_2 + W_1 + W_{2*k}}{V_s}$$

Donde:

- N= Ancho del tramo del entrecruzamiento en carriles.
- F_1 y F_2 = Volúmenes de tránsito directo
- W_1 =Volumen mayor que se entrecruza
- W_2 =Volumen menor que se entrecruza
- K= Factor de influencia del entrecruzamiento
- V_s= Volumen de servicio

1.2.11. **Parámetros y criterios del diseño planimétrico**

Los elementos geométricos de una carretera deben estar eficazmente relacionados, para garantizar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Según la guía de diseño de vías urbanas para Bogotá D.C., (IDU, 2015) “En el sector urbano, los elementos básicos que conforman un diseño planimétrico, están ligados a aquellos que condicionan la geometría del corredor vial de manera directa, estos son:

- Franja de operación vehicular, compuesta por las calzadas y los separadores.
- Franja de espacio público lateral, comprendida por la línea de paramentación y los bordes exteriores de las calzadas. (…). Esta zona está comprendida por los andenes, ciclorrutas, zonas de abordadoras, sin generar conflictos para el ascenso o descenso de los pasajeros; podría incluir arborización, señalización y mobiliario, franjas de protección ambiental, zonas de amueblamiento urbano, etc.” (p. 121).

1.2.11.1. Uso de la clotoide como curva de transición y conectante

La clotoide permite enlazar un alineamiento recto con otro circular, o viceversa; dos alineamientos rectos, o dos alineamientos circulares de igual o sentido contrario (Carciente, 1980, p. 269).

Las curvas más utilizadas y seguras para realizar el empalme de dos tangentes en medios urbanos son:

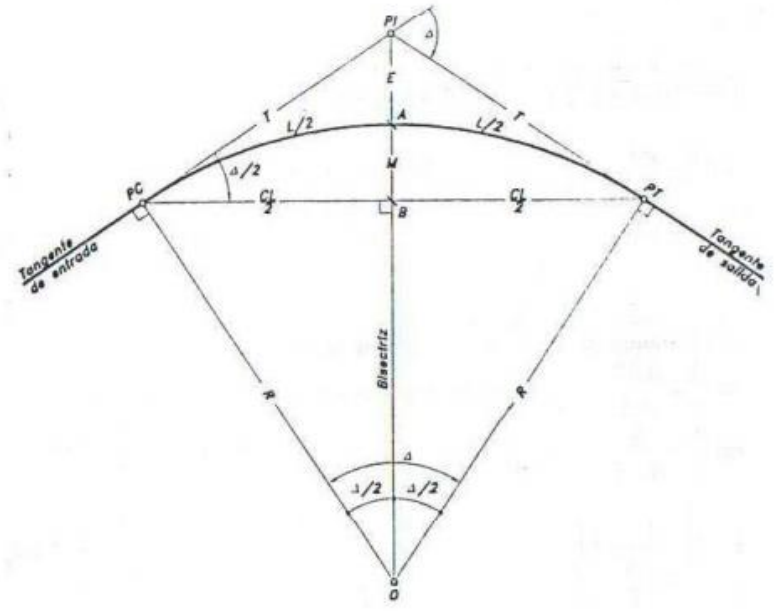
- Curva Circular simple.
- Curva Circular compuesta CC.
- Curva Espiral-Circular-Espiral. Simétrica ECE.
- Curva Espiral-Espiral. simétrica E-E.

1.2.11.1.1. Curva Circular simple

Son arcos de circunferencia de un solo radio que une dos tangentes consecutivas, formando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales. Por lo tanto, las curvas del espacio no necesariamente son circulares. (Cárdenas, 2013).

La Figura 7, presenta los elementos geométricos de la curva circular simple.

Figura 7. Elementos geométricos de una curva circular simple.



Fuente. Diseño geométrico de carreteras (Cárdenas, 2013).

Donde:

PI= Punto de intersección de las tangentes o vértices de la curva.

PC= Principio de curva: punto donde termina la tangente de la entrada y empieza la curva.

PT= Principio de la tangente: punto donde termina la curva y empieza la salida.

O= Centro de la curva circular.

Δ= Ángulo de deflexión de las tangentes.

R= Radio de la curva.

T= Tangente.

L= Longitud de la curva circular.

CL= Cuerda larga.

M= Ordenada media.

Con estos elementos se realizan los respectivos cálculos, utilizando las siguientes ecuaciones.

Tabla 4.Cuadro de ecuaciones de los elementos de la curva circular simple.

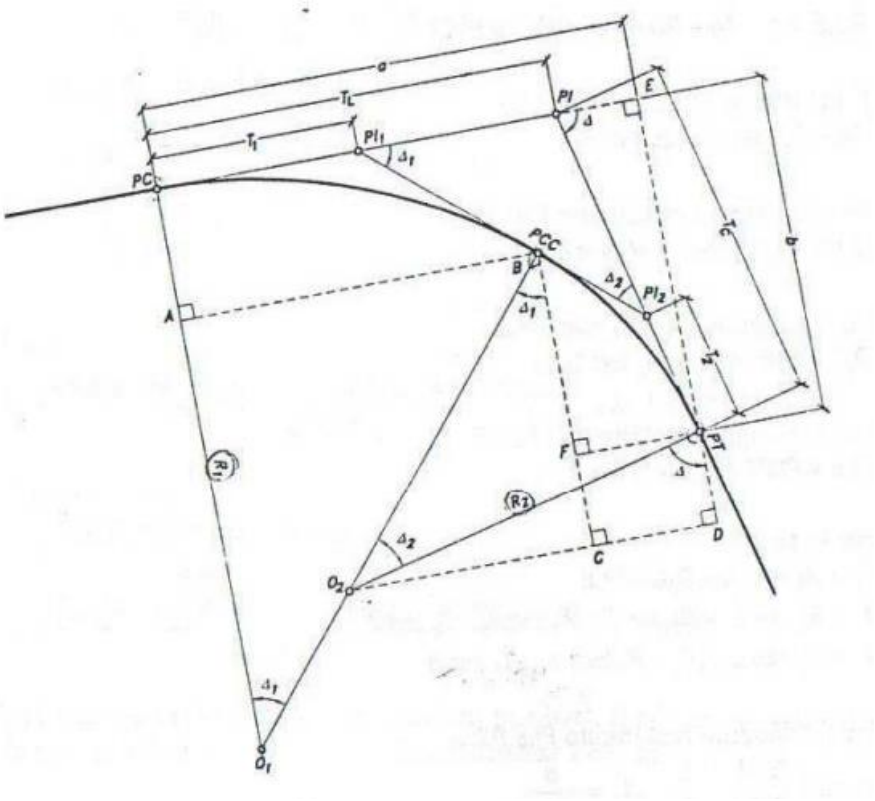
ELEMENTO	ECUACIÓN
R	$\frac{T}{tan\frac{\Delta}{2}}$
T	$R * tan\frac{\Delta}{2}$
CL	$2R * Sen\frac{\Delta}{2}$
E	$T * tan\frac{\Delta}{4}$
M	$R\left(1 - cos\frac{\Delta}{2}\right)$

1.2.11.1.2. Curva circular compuesta

Las curvas circulares compuestas son aquellas que están conformadas por dos (2) o más curvas circulares simples. A pesar de que no son muy comunes, se pueden emplear en terrenos montañosos, (…). También se pueden utilizar cuando existen limitaciones de libertad de diseño, como por ejemplo, en los accesos a puentes, en los pasos a desnivel y en las intersecciones. (Cárdenas, 2013).

La figura 8, presenta los elementos geométricos de la curva circular compuesta.

Figura 8. Elementos geométricos de la curva circular compuesta.



Fuente. Diseño geométrico de carreteras. (Cárdenas, 2013).

Donde:

PI= Punto de intersección de las tangentes.

PC= Principio de curva compuesta.

PT= Fin de curva compuesta o principio de tangente.

PCC= Punto común de curvas o punto de curvatura compuesta.

R_1= Radio de curva de menor curvatura.

R_2= Radio de curva de mayor curvatura.

O_1= Centro de la curva de mayor radio

O_2= Centro de la curva de menor radio

Δ= Ángulo de deflexión principal.

Δ_1= Ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio.

Δ_2= Ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio.

T_1= Tangente de curva de mayor radio.

T_2= Tangente de curva de menor radio.

T_L= Tangente larga de la curva circular compuesta.

T_C= Tangente corta de la curva circular compuesta.

Con estos elementos se realizan los respectivos cálculos, utilizando las siguientes ecuaciones

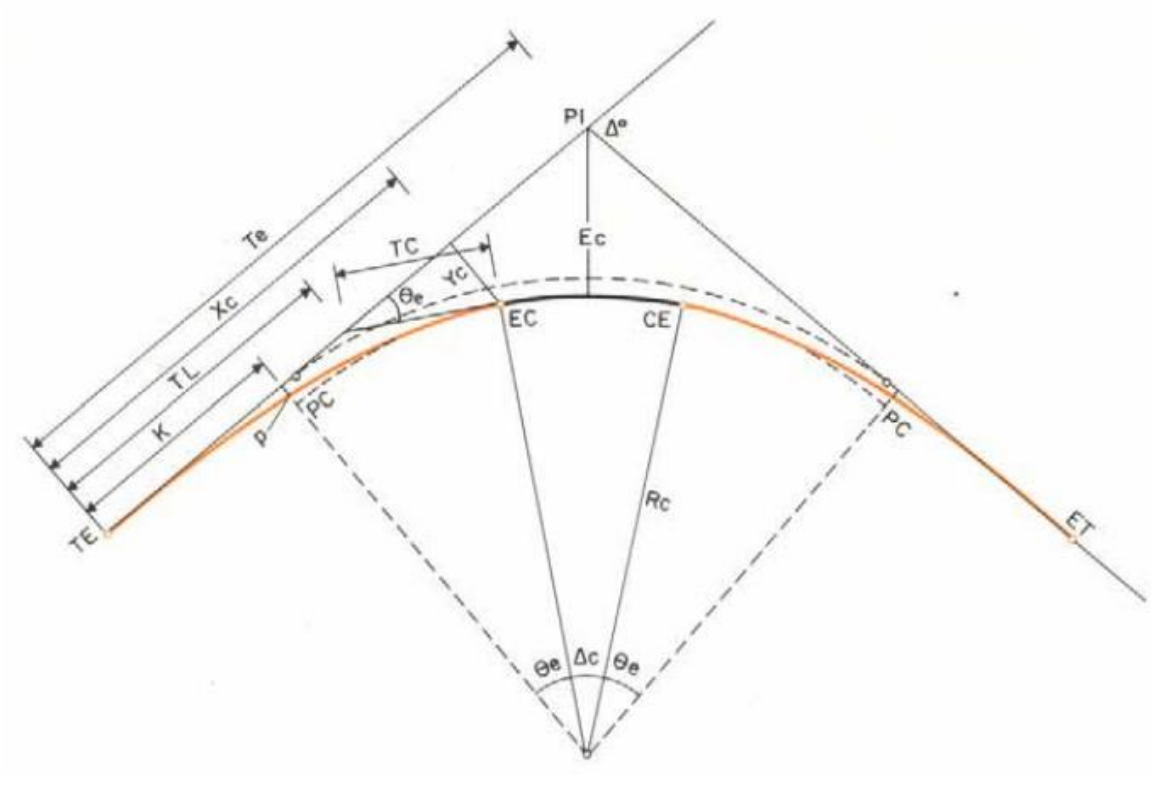
Tabla 5. Cuadro de ecuaciones de los elementos de una curva circular compuesta.

ELEMENTOS	ECUACIÓN
T_L	$\frac{R_1 - (R_2 * cos\Delta) - (R_1 - R_2) * cos\Delta_1}{sen\Delta}$
T_C	$\frac{R_2 - (R_1 * cos\Delta) + (R_1 - R_2) * cos\Delta_2}{sen\Delta}$

1.2.11.1.3. Curva Espiral-Circular-Espiral

La figura 9, presenta los elementos geométricos de la curva espiral-circular espiral. Simétrica.

Figura 9. Elementos geométricos de una curva espiral-circular-espiral.

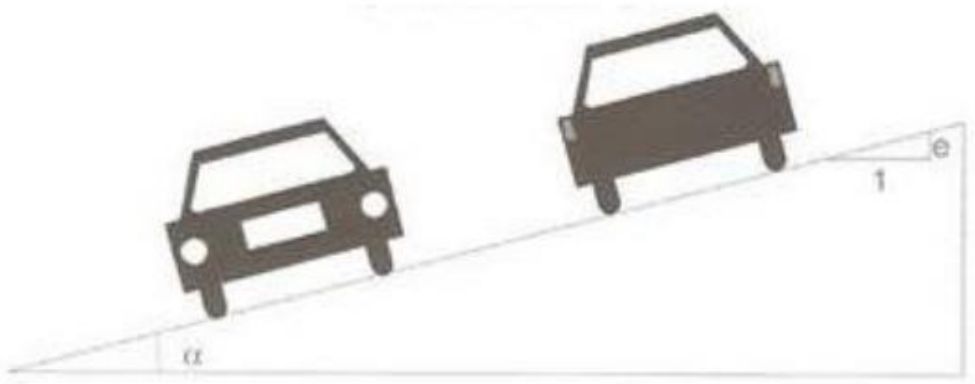


Fuente. Carreteras estudio y proyecto. (Carciente, 1980).

1.2.11.2. Peralte

El peralte es definido por El diseño geométrico de vías, González Vergara, Rincón Villalba y Vargas Vargas (2012) como “Con el fin de contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga se genera un pendiente transversal en la calzada ascendente hacia la parte externa de la curva, como se muestra en la figura 10, está pendiente expresada en porcentaje se conoce como el peralte de la curva “*e*”.” (p. 171).

Figura 10. Peralte



Fuente. Diseño geométrico de vías. (González Vergara, Rincón Villalba y Vargas Vargas, 2012).

1.2.11.2.1. Radio de curvatura mínimo

El radio mínimo R_{min}, es el valor límite para una velocidad específica V_{CH} dad del vehículo, calculado a partir del peralte máximo $e_{máx}$ y del coeficiente de fricción transversal máximo $f_{Tmáx}$. (Cárdenas, 1980).

El radio mínimo se calcula mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$R_{Cmin} = \frac{(\mathrm{V_{CH}})^2}{127 * (e_{\mathrm{máx}} + \mathrm{f_{Tmáx}})}$$

Donde:

R_{Cmin}= Radio mínimo (m)

V_{CH}= Velocidad específica (km/h)

$e_{máx}$= peralte máximo asociado a V_{CH}, en tanto por uno

$f_{Tmáx}$= coeficiente de fricción lateral máximo.

En la tabla 6, se indican los valores de Radio mínimo para diferentes Velocidades específicas, según el peralte máximo y la fricción máxima.

Tabla 6. Radios mínimos para peralte máximo emax=6% y fricción máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15 (1)
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

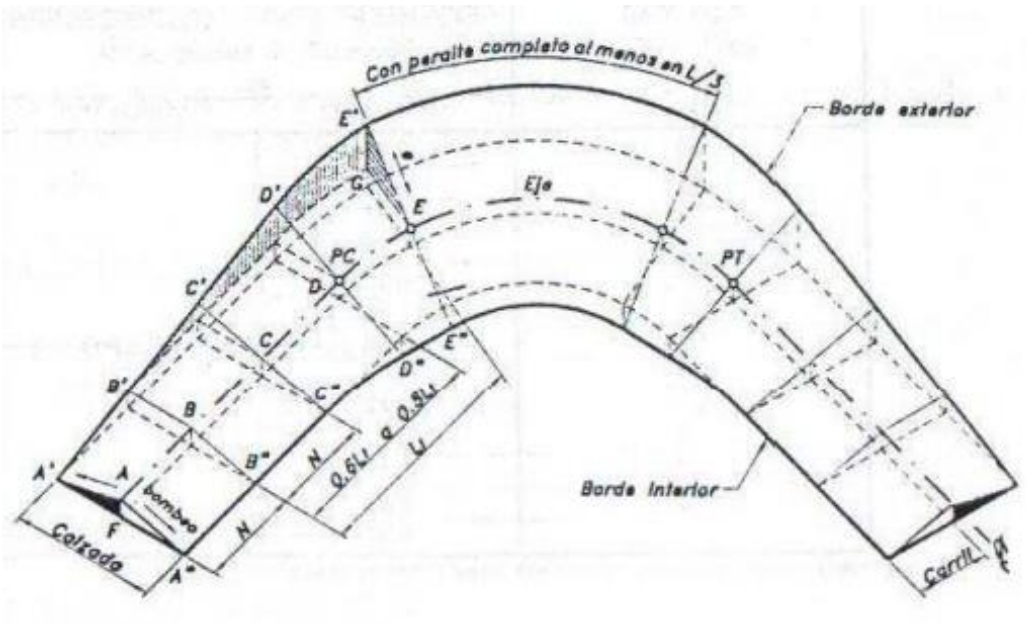
Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras. (INVIAS, 2008)

1.2.11.2.2. Transición del peralte

En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a una curva se requiere un cambio de pendiente en la corona, desde el bombeo hasta el peralte de la curva correspondiente, este proceso se realiza a lo largo de la longitud de la espiral en transición.

La longitud de transición, se considera a partir del punto donde el borde exterior comienza a elevarse partiendo de un bombeo normal hasta el punto donde se conforma el peralte de la curva. (INVIAS, 2008). La figura 11, muestra los elementos del peralte y parámetros de diseño.

Figura 11. Transición del peralte.



Fuente. Diseño geométrico de carreteras. (Cárdenas, 2013).

Donde:

L_t= Longitud de transición

N= longitud de aplanamiento

L= Longitud de curva circular

e= Peralte necesario de la curva circular

1.2.11.2.3. Rampa de peralte

Es la diferencia relativa que existe entre la inclinación del eje longitudinal de la calzada y la inclinación del borde de la misma. (González Vergara *et al*. 2012).

La tabla 7, presenta los valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para la rampa de peraltes.

Tabla 7. Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES Δs	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	0.1 x a
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.38	

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras, (INVIAS, 2008)

La tabla 8, muestra las ecuaciones de los elementos de la transición del peralte para los respectivos cálculos.

Tabla 8.Ecuaciones de los elementos de la transición del peralte

ELEMENTO	ECUACIÓN
Lt	$\frac{a * e_{máx}}{\Delta s}$
N	$\frac{a * BN}{\Delta s}$

Donde:

Lt= Longitud de transición

N= longitud de aplanamiento

a= ancho de carril

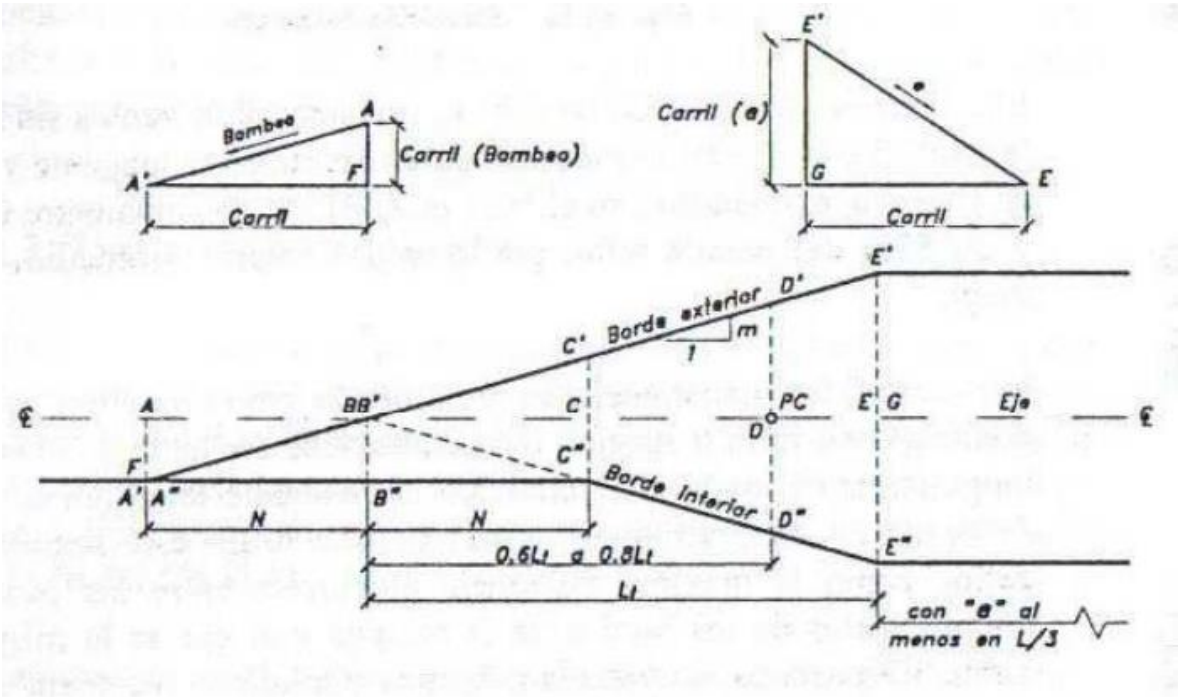
$e_{máx}$= peralte máximo

Δs= pendiente relativa de la rampa (%)

BN= bombeo normal

La figura 12, muestra las secciones transversales y perfil parcial de la transición del peralte con sus respectivos elementos.

Figura 12. Secciones transversales y perfil parcial de la transición del peralte



Fuente. Diseño geométrico de carreteras. (Cárdenas, 2013)

1.2.11.3. Sobreancho

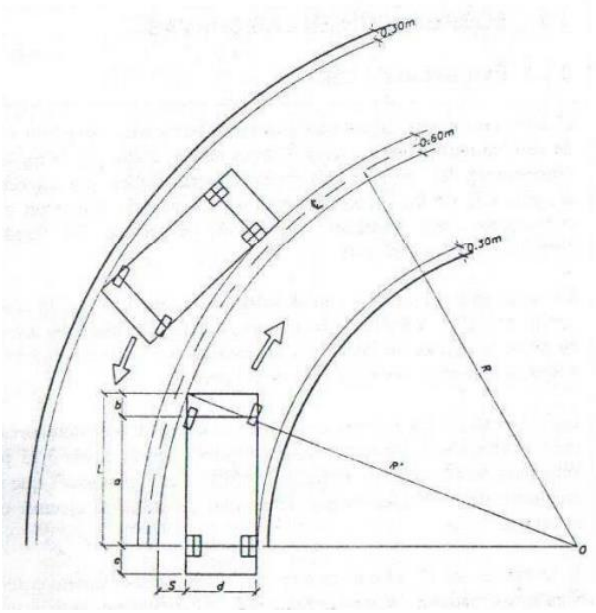
Cuando un vehículo transita por un alineamiento curvo, ocupa más espacio que al transitar por uno recto debido a la rigidez y geometría del vehículo, ocasionando dificultad al conductor para mantenerlo sobre un solo carril, por este emotivo y con el propósito de que las condiciones de operación sean similares a las de un tramo recto, la calzada en

curvas se debe ensanchar, a este aumento del ancho es denomina *Sobreancho*. (Cárdenas, 2013).El sobreancho se calcula en función de:

- Ancho de la calzada recta.
- Radio de la curvatura horizontal, para la cual se desea determinar el sobreancho.
- Distancia comprendida entre la parte delantera y el eje trasero del vehículo de diseño adoptado.

La figura 13, muestra de forma gráfica el sobreancho de la curva.

Figura 13. Sobreancho



Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras. (INVIAS, 2008)

Para el cálculo del sobreancho, es necesario tener en cuenta la siguiente ecuación:

En donde el ancho de la calzada en la curva (W_C), está definida para una vía de dos carriles.

$$W_c = 2(U + C)F_A + Z$$

Donde:

- U= ancho ocupado por el vehículo.
- C= separación lateral entre vehículos.
- F_A= saliente frontal.
- Z= factor de seguridad.

Entonces el sobreancho o diferencia entre el (W_C) y en la tangente W_t, son:

$$W = W_C - W_t$$

Lo cual lleva a calcular las otras variables, así:

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

$$F_A = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R$$

$$Z = \frac{0.1V}{\sqrt{R}}$$

Donde:

- u= ancho del vehículo son espejos
- R= ancho de la curva en el eje
- L= distancia entre ejes del vehículo.
- A=saliente sobre el eje delantero.
- V= velocidad específica de la curva

En donde C se relaciona con la diferencia entre el ancho del vehículo y el ancho de la calzada, por seguridad se recomienda que para con velocidad de máximo 60 km/h sea de 0.6m, y mayores a 60 Km/h de 0.90m.

1.2.12. **Parámetros y criterios del diseño Vertical**

El alineamiento vertical está conformado por una serie de arcos parabólicos que son tangentes a las rectas; la inclinación de las tangentes verticales y la longitud de curva dependen principalmente de la topografía de la zona, del alineamiento horizontal, visibilidad y velocidad del proyecto. El alineamiento vertical y horizontal deben ser

consistentes y balanceados, de tal manera de que los parámetros del primero cumplan con los del segundo. (INVIAS, 2008).

1.2.12.1. Pendientes

Es la relación entre la distancia vertical y la distancia horizontal para realizar el ascenso o descenso de un tramo.

1.2.12.1.1. Pendiente mínima

La pendiente mínima tiene como fin garantizar óptimas condiciones de drenaje sobre la superficie de rodadura evitando así charcos o pozos de aguas lluvia o alguna fuente que afecte la seguridad de los usuarios, el valor mínimo de la pendiente longitudinal no debe ser inferior al 0.5% garantizando así el buen funcionamiento de las cunetas, se debe tener en cuenta que en terrenos planos la pendiente mínima debe ser de 0,3%. (González Vergara *et al.* 2012).

1.2.12.1.2. Pendiente máxima

Es el valor límite de una pendiente, que permita una apropiada operación de los vehículos bajo las condiciones de tráfico esperado, estando en función del tipo de proyecto, tipo de terreno y velocidad del diseño del proyecto. (González Vergara *et al.* 2012).

1.2.12.2. Gálibo

La guía de diseño de vías urbanas de Bogotá D.C. (IDU, 2012), define los gálibos como "Las distancias libres o gálibos verticales deben ser mínimo de 5.0 m medidos a partir de la superficie de rodadura hasta la cota inferior de la estructura y a lo largo de toda la calzada; en zonas con pasos sobre líneas férreas, gálibo vertical debe ser de 5.5 m" (p. 189).

Figura 14. Gálibo

Fuente. Propia
Ubicación. Doble calzada Bogotá-Melgar

1.2.12.3. Puente peatonal

Un puente peatonal o también llamado *Skyway,* que permite el paso de los peatones sobre las vías de tráfico, en Bogotá está diseñados en distintos materiales, como hierro, aluminio, acero, con bases en concreto y sismo resistentes. Sus tamaños pueden variar, dependen directamente de la carga de tráfico particular y del tamaño de la vía, lado a lado. (IDU).

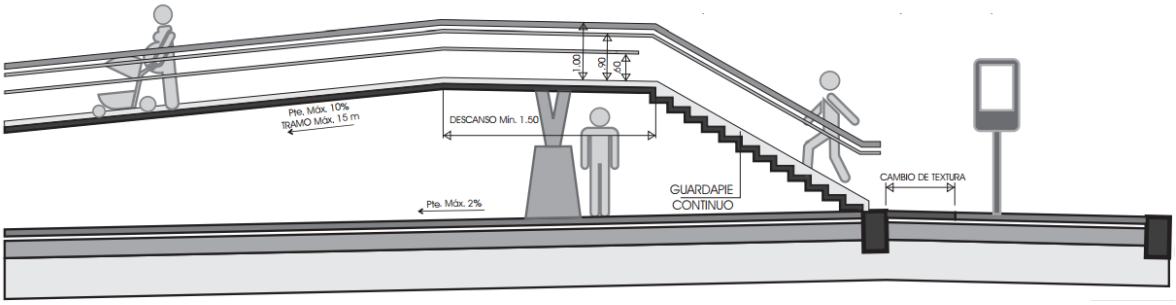
1.2.12.3.1. Parámetros de diseño:

- Pendientes: La pendiente máxima en una rampa de acceso debe ser del 10%, y una longitud máxima de desarrollo de 15 metros. Además de una pendiente transversal máxima del 2%.
- Escaleras: Deben tener un máximo de 30 escalones y las dimensiones del escalón debe ser de 0.30m de huella y 0.17m de contra-huella

- Descanso: Debe contar con un espacio mínimo de 1.50m en el sentido del flujo permitiendo que un coche o una silla de ruedas pueda ubicarse de manera sencilla y cómoda.
- Ancho: En los puentes sobre vías principales no deben tener un ancho menor a 2.40m, para garantizar una circulación simultánea en ambos sentidos.
- Altura de barandas y pasamanos: La altura de la baranda es de mínimo 1 m para garantizar así la seguridad del o de los peatones, con respecto a los pasamanos deben estar ubicados en las rampas a 0.90 m y a 0.60 m del piso.

  En la figura 15, se muestran las dimensiones para un puente peatonal apto, cómodo y estético. (Guía práctica de la movilidad peatonal urbana, 2012).

Figura 15. Equipamiento Urbano-Puente peatonal



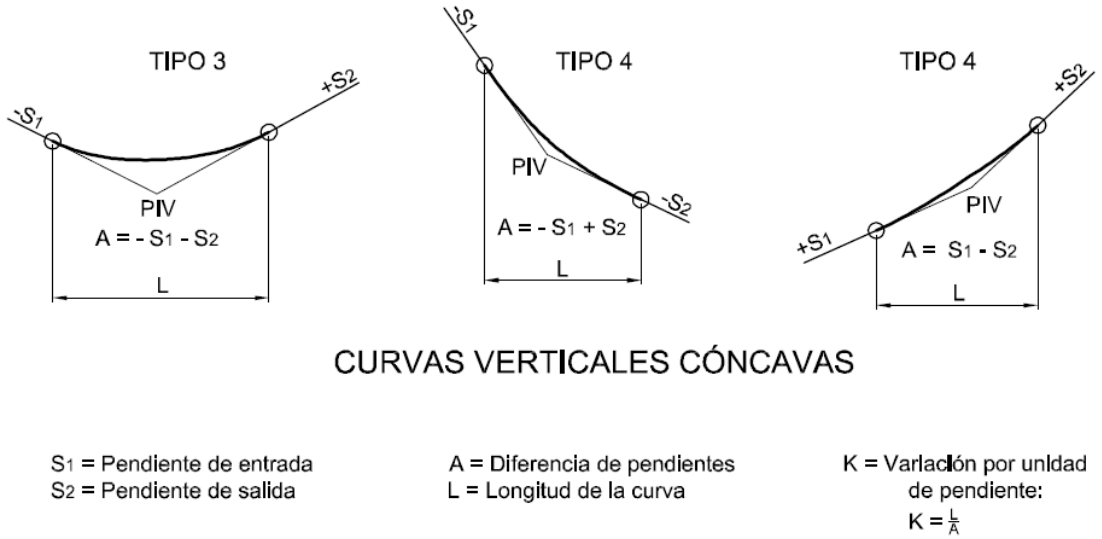
Fuente. Guía práctica de la movilidad peatonal

1.2.12.4. Curvas verticales

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, permitiendo la transición de pendientes de la tangente de entrada a la tangente de salida. Dando como resultado una vía de operación segura, cómoda, estética y con un drenaje adecuado. (INVIAS, 2008).

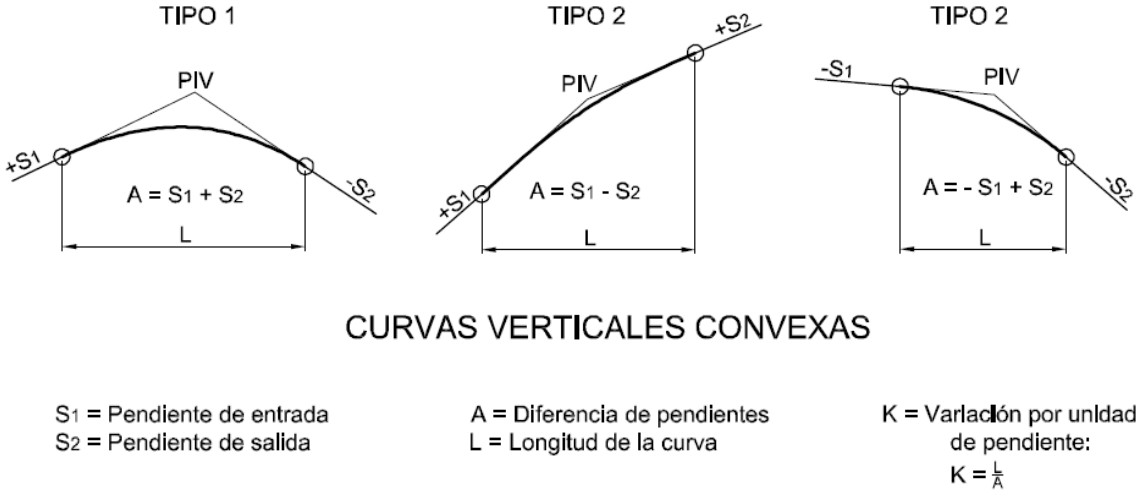
Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas cóncavas o convexas, como lo muestran las figura 16 y 17, respectivamente.

Figura 16. Curvas verticales cóncavas



Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras. (INVIAS, 2008).

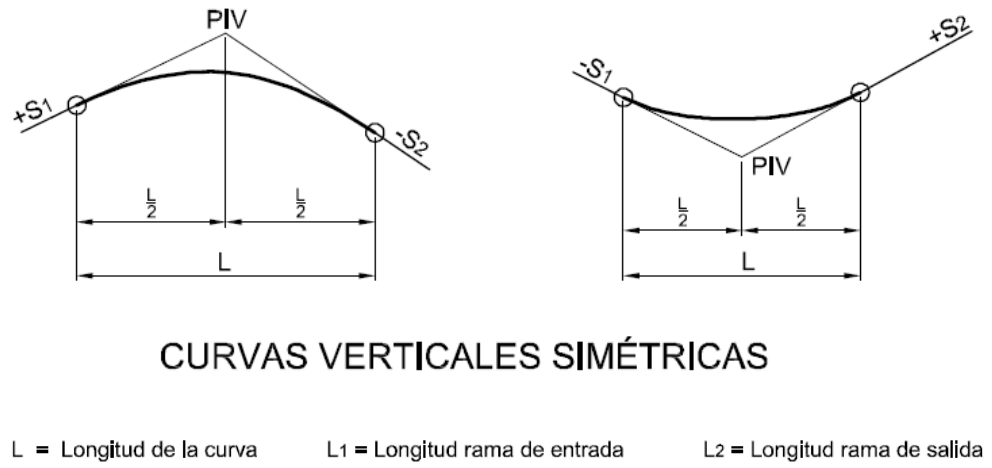
Figura 17. Curvas Verticales Convexas



Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras. (INVIAS, 2008)

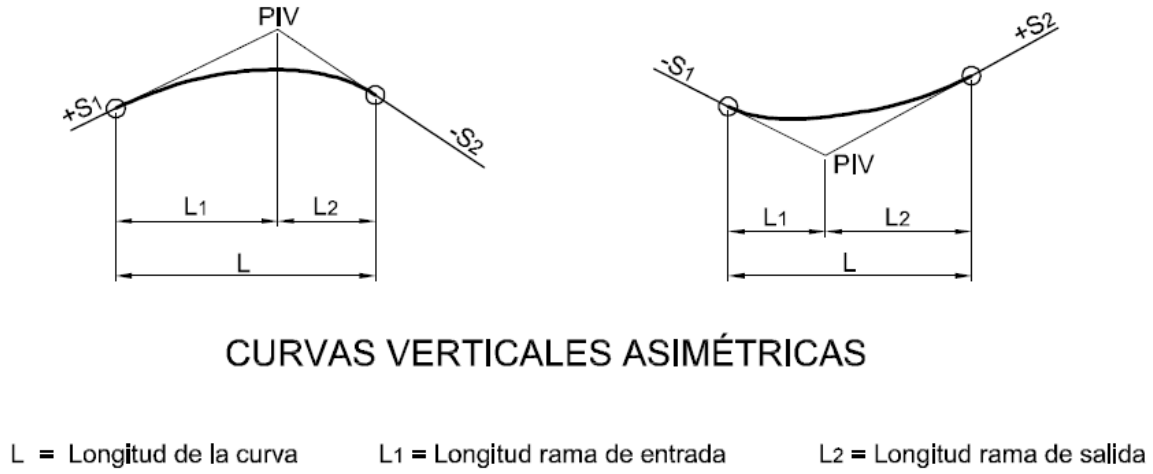
Las curvas verticales se pueden clasificar de acuerdo con la proporción de sus ramales, como simétrica o asimétricas, como lo indican las Figura 18 y 19 respectivamente.

Figura 18. Curvas verticales simétricas.



Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras. (INVIAS, 2008)

Figura 19. Curvas verticales Asimétricas.



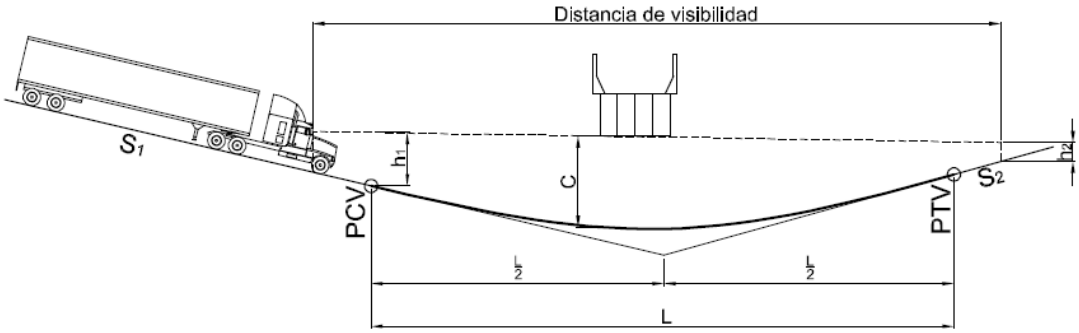
Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras. (INVIAS, 2008).

1.2.12.5. Visibilidad bajo pasos deprimidos

La distancia de visibilidad de la vía en sitios de cruce bajo estructuras, debe ser como mínimo la distancia de visibilidad de parada, aunque se recomienda que sea mayor.

Los criterios de diseño en perfil para estos casos son los mismos que se emplean en cualquier otro punto de la vía, excepto en los casos donde se presentan curvas verticales cóncavas localizadas en pasos inferiores. (INVIAS, 2008). Como se muestra en la figura 20.

Figura 20. Visibilidad en pasos bajo estructuras.



Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras. (INVIAS, 2008).

1.2.13. **Parámetros y criterios del diseño de secciones transversales**

El diseño de secciones transversales es fundamental en un proyecto vial, al integrarse con la planta y el perfil, debido a que permite la visualización tridimensional de la infraestructura, mediante la incorporación de los elementos del diseño geométrico con la inclinación transversal indicada en donde se garantice la seguridad en curva y el drenaje superficial. (IDU, 2015).

En el diseño de las secciones transversales se divide en cuatro zonas, de la siguiente manera:

1. Zonas vehiculares, entre bordes de vía:

- Calzadas: de servicio, principales, solo bus, ciclorruta.
- Separadores: laterales, centrales.
- Taludes, terraplenes o muros de contención.

2. Zonas de circulación exclusiva:

- Carriles exclusivos para transporte público.
- Estaciones de transporte público cobre separador central.

3. Zonas laterales: entre borde de vía y paramento:

- Zonas de protección ambiental.
- Andenes.
- Ciclorrutas
- Zonas abordadoras.
- Zonas verdes.

4. Zonas complementarias:

- Paraderos o zonas de ascenso y descenso de pasajeros laterales.
- Estacionamientos.

Para las secciones transversales estan reglamentados algunos parámetros por el POT, según lo muestra la tabla 9.

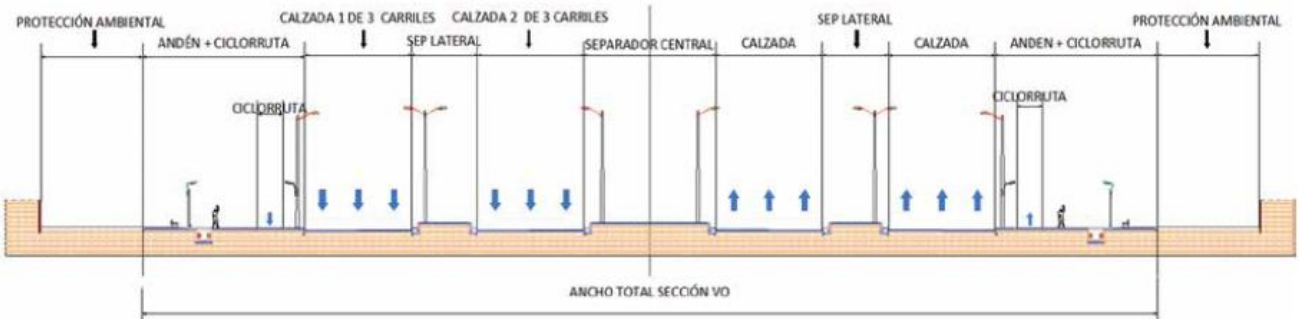
Tabla 9.Parámetros reglamentados por el POT en secciones transversales urbanas según su perfil vial

JERARQUIA VÍAL	PERFIL POT		"ANCHO TOTAL (m) (Mín)"	"SEP CENTRAL (m) (Min)"	"SEP LATERAL (m) (Min)"	ANCHO ANDEN (m) (Min)	"# CARRILES TRAFICO MIXTO (Min)"	ANCHO CARRIL TRAFICO MIXTO (m) (Max)	ESPECIFICACIONES METRO	NUMERO CARRILES TM (Max)	ANCHO CARRIL TM (Max)	ANCHO CICLORUTA (m) (min)	CONTROL AMBIENTAL (m) (Min)
MALLA ARTERIAL COMPLEMENTARIA Y MALLA ARTERIAL PRINCIPAL	V0	V0A	100	13	6,5	13,5	4	3,5	NA	NA	NA	2,5	10
		V0B							NA	4	3,5		
		V0C							Según diseño	NA	NA		
		V0D							Según diseño	NA	NA		
	V1	V1A	60	5	1,8	8	4	3,25	NA	NA	NA	2,5	10
		V1B		5	1,2				NA	4	3,5		
		V1C		6	1,3				Según diseño	NA	NA		
		V1D		5,4	1				Según diseño	4	3,5		
	V2	V2A	40	5	-	7	4	3,25	NA	NA	NA	2,5	10
		V2B	42	5	0,5	3,5			NA	4	3,5		
		V2C	40	6,5	-	5			Según diseño	NA	NA		
		V2D	42	5	0,5	3,5			Según diseño	4	3,5		
	V3	V3A	31	3	-	3,5	4	3,25	NA	NA	NA	2,5	10
		V3B	32	5	-				NA	4	3,5		
		V3C	31	3	-				Según diseño	NA	NA		
		V3D	34	5	-				Según diseño	4	3,5		
MALLA VIAL INTERMEDIA	V4	V4	25	3	-	4,5	4	3,25	NA	NA	NA	NA	NA
		V4*	25	3	-	4,5	4	3,25	NA	NA	NA	2,4	NA
		V4A	22	NA	-	6,5	2	3,25	NA	NA	NA	NA	NA
		V4A*	22	NA	-	5	2	3	NA	NA	NA	2,4	NA
	V5	V5	18	NA	NA	4,5	2	3	NA	NA	NA	NA	NA
		V5*	18	NA	NA	2,5	2	3	NA	NA	NA	NA	NA
	V6	V6	16	NA	NA	4,75	2	3,25	NA	NA	NA	NA	NA
MALLA VIAL LOCAL	V7	V7	13	NA	NA	3,25	2	3,25	NA	NA	NA	NA	NA
	V8	V8	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	V9	V9	8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Fuente. Guía de diseño geométrico de vías urbanas para Bogotá D.C. (IDU, 2015)

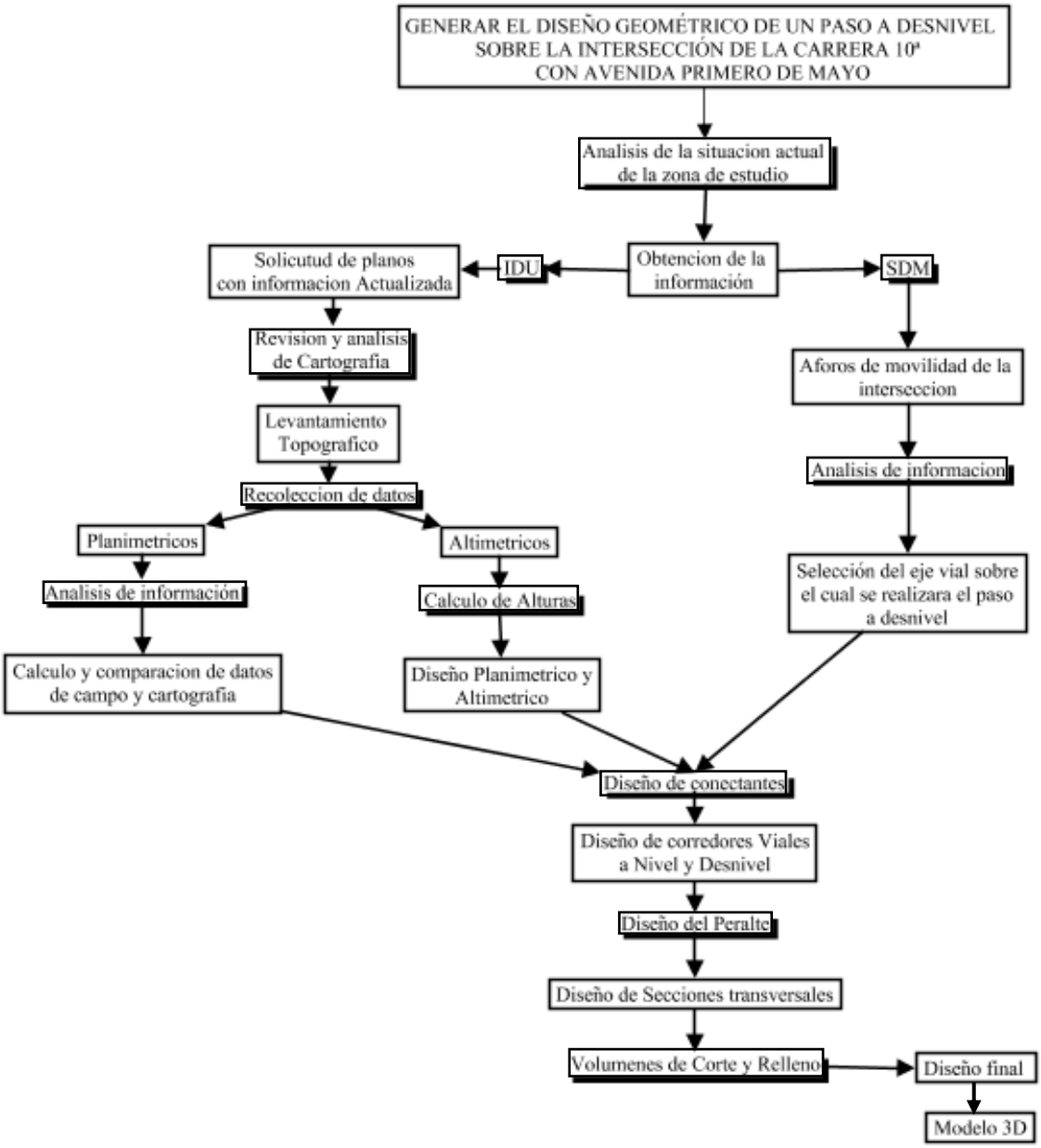
En la figura 21, se muestra una sección transversal y sus componentes.

Figura 21. Elementos de las secciones transversales



Fuente. Guía de diseño de vías urbanas para Bogotá DC. (IDU, 2015).

2. Metodología



La metodología para el desarrollo del diseño, inicia con el análisis de la situación actual de la intersección, la cual a simple vista es conflictiva por el número de vehículos que transitan del sistema público y particular que transita por esta, además del volumen de peatones.

Se solicitó al Instituto de Desarrollo Urbano, cartografía actualizada de la zona de estudio, la entidad proporcionó una serie de planos con información detallada de la intersección.

Posteriormente, se solicitó por medio escrito a la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM), información sobre movilidad y transporte de la intersección, alrededor de 15 días se recibió por medio físico una serie de aforos cola intersección con información mínima de la situación real. Por medio del IDU se tuvo acceso a unos aforos del año 2010 de los cuales se obtiene información de la cantidad de autos que transitas que la intersección, ya sean de servicio público o particular, con sus respectivos giros en donde se tiene un valor aproximado de vehículos en cada uno de los 5 giros que se realizan en la intersección, esta información logra complementar la información previa obtenida de la Secretaria Distrital de Movilidad, al analizar estos datos se definió que el eje vial sobre el cual se diseñaría el paso a desnivel seria sobre el de la Carrera 10ª.

Con la cartografía obtenida del IDU, se procedió a realizar un levantamiento altimétrico a través de una nivelación con amarre a una placa del IDU, debido a que no se encontró una placa del IGAC ni alrededor, ni en la zona de estudio. El IDU facilitó las Coordenadas de la placa M.15, del año 2012, como se observa en la Figura 22.

Figura 22. Placa del IDU Y Coordenadas, usada como referencia para el levantamiento topográfico del Diseño.

IMAGEN DE PLACA	COORDENDAS
	M.15 IDU 135 2007 NORTE: 97997.433 ESTE: 98323.092 COTA: 2587.046

Fuente. Propia (2017)

Esta placa se encuentra en la esquina de la Carrera 10ª con Calle 17 sur, cerca al semáforo que se encuentra de sentido sur-Norte.

Se inicia el diseño del pasoa desnivel por medio del programa AutoCAD Civil 3D, teniendo en cuenta los parámetros estipulados para el diseño de vías, intersecciones y pasos a nivel y a desnivel en Colombia.

3. Desarrollo de la Propuesta

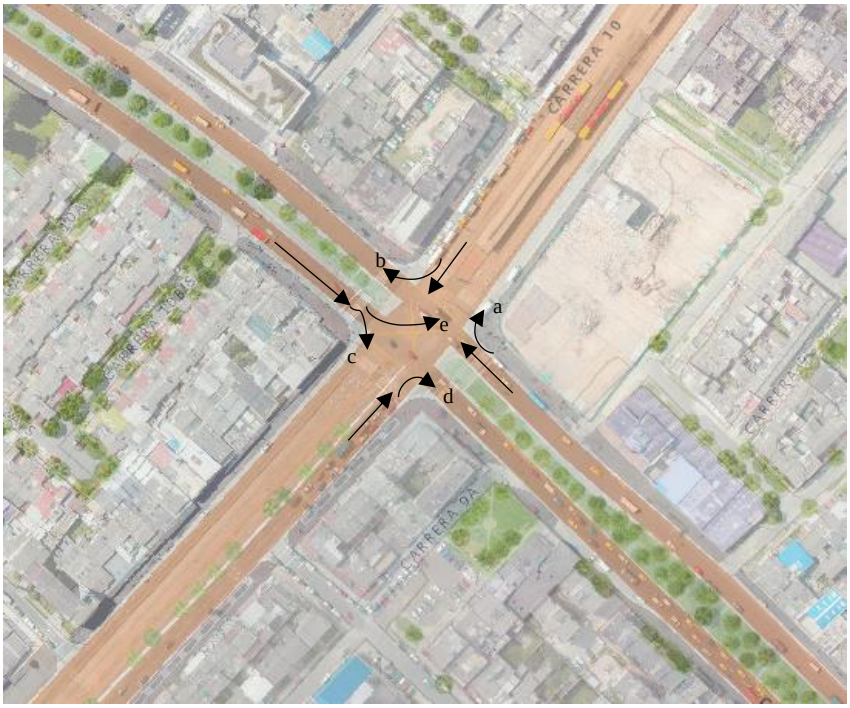
A continuación se muestran los pasos a paso del desarrollo de la propuesta, teniendo en cuenta parámetros de diseño, cálculos y metodologías para el Diseño Geométrico de un paso a Desnivel.

3.1. Análisis de Aforos

Se inicia analizando todos los aforos obtenidos, por parte de la Secretaría Distrital de Movilidad y del Instituto de Desarrollo Urbano.

La figura 23, muestra la situación actual de la intersección y los movimientos vehiculares.

Figura 23. Situación y movimientos Actuales de los Vehículos sobre la intersección



Fuente. Adaptación Mapas de Bogotá (IDECA)

Descripción de movimientos:

a. El vehículo viene desde la Avenida primero de Mayo y gira hasta tomar la Carrera 10ª en sentido Oriente-norte.
b. El vehículo viene desde la Carrera 10ª y gira hasta tomar la Avenida Primero de Mayo en sentido Norte-Occidente.
c. El vehículo viene desde la Avenida primero de Mayo y gira hasta tomar la Carrera 10ª en sentido Occidente-Sur.
d. El vehículo viene desde la Carrera 10ª y gira hasta tomar la Avenida Primero de Mayo en sentido Sur-Oriente.

e. El vehículo viene desde la Avenida Primero de Mayo y gira hasta tomar la Carrera 10ª en sentido Occidente- Norte.

Este giro número 5 provoca conflicto con el giro número 1, debido a que por tiempos de cambio de semáforo, en algunas ocasiones los vehículos que toman la intersección sentido Occidente-Norte no permiten el paso o lo detienen de los vehículos que viajan en sentido sur-Norte o Oriente-Norte.

El crecimiento para el periodo 2015-2020, se estima en base a la tendencia del último periodo de estudio 2010-2015, el cual arroja los siguientes datos, que son mostrados en la tabla 10.

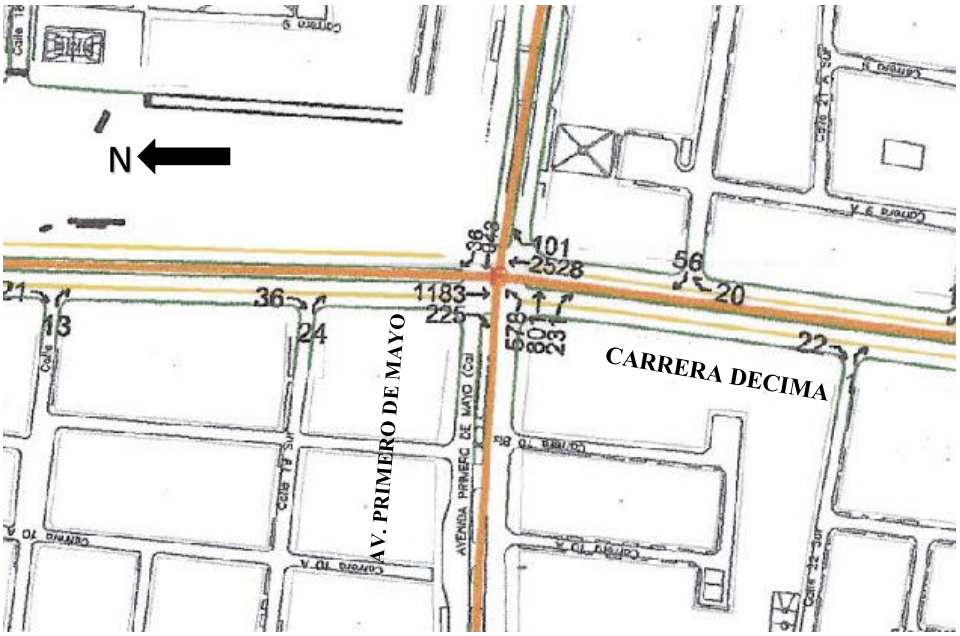
Tabla 10. Tasa de crecimiento vehicular corredor Carrera 10.

Año	Flujos (Vehículos/período pico)	Tasa media anual a partir del año 2004
2004	431.713	
2008	432.853	0,07%
2010	454.236	0,85%
2015	481.653	1,00%
2020	570.743	1,07%

Fuente. Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), 2010

Según los datos obtenidos por el IDU, en la Figura 24 se pueden identificar los distintos movimientos que realizan los vehículos que transitan la intersección y la respectiva cantidad de ellos.

Figura 24. Esquema volumen vehicular sobre la intersección Carrera 10a con Av. Primero de Mayo



Fuente. Instituto de Desarrollo Urbano (IDU)

La figura anterior nos permite observar que 3711 vehículos de uso mixto, tomaron el eje vial de la Carrera décima a lo largo de ella y unos 837 tomaron la carrera décima desde la Av. Primero de mayo, transitando por este eje vial un 69 % del total de los vehículos de uso mixto. Sin contar con sistema de Transmilenio.

Los datos suministrados por Transmilenio sobre la demanda de buses entre las estaciones intermedias y portal, son alrededor de 250 buses de Transmilenio los que circulan por la Carrera Décima entre estaciones.

También se puede analizar que el uso de la Avenida primero de mayo en horas pico es más reducido, con tan solo 1745 vehículos de uso mixto, contando así, con un 27% de vehículos que la transitan.

La tabla 11, permite observar el flujo vehicular sobre la Carrera Décima durante dos periodos de toma de muestra, en donde se puede observar que la intersección se

congestiona más en el sentido Sur- Norte, en las dos horas pico en que fueron tomadas las muestras.

Tabla 11. Flujo vehicular en el Área directa Carrera Décima

PERIODO	HMD		FLUJO VEHICULAR HORAS PICO				
			SERVICIO PÚBLICO		PARTICULARES		BICICLETAS
			SENTIDO SUR-NORTE	SENTIDO NORTE-SUR	SENTIDO SUR-NORTE	SENTIDO NORTE-SUR	
1	06:00 - 07:00	17:45 - 18:45	200	200	1100	2500	127
2	07:30 - 08:30	15:30 - 18:45	400	350	13000	4000	101

Fuente. Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), 2010

A partir de este análisis se definió que el eje vial que genera mayor congestión en hora pico es el de Carrera 10ª y por lo tanto, es el eje sobre el cual se diseñará el paso a desnivel.

3.2. Planos Topográficos

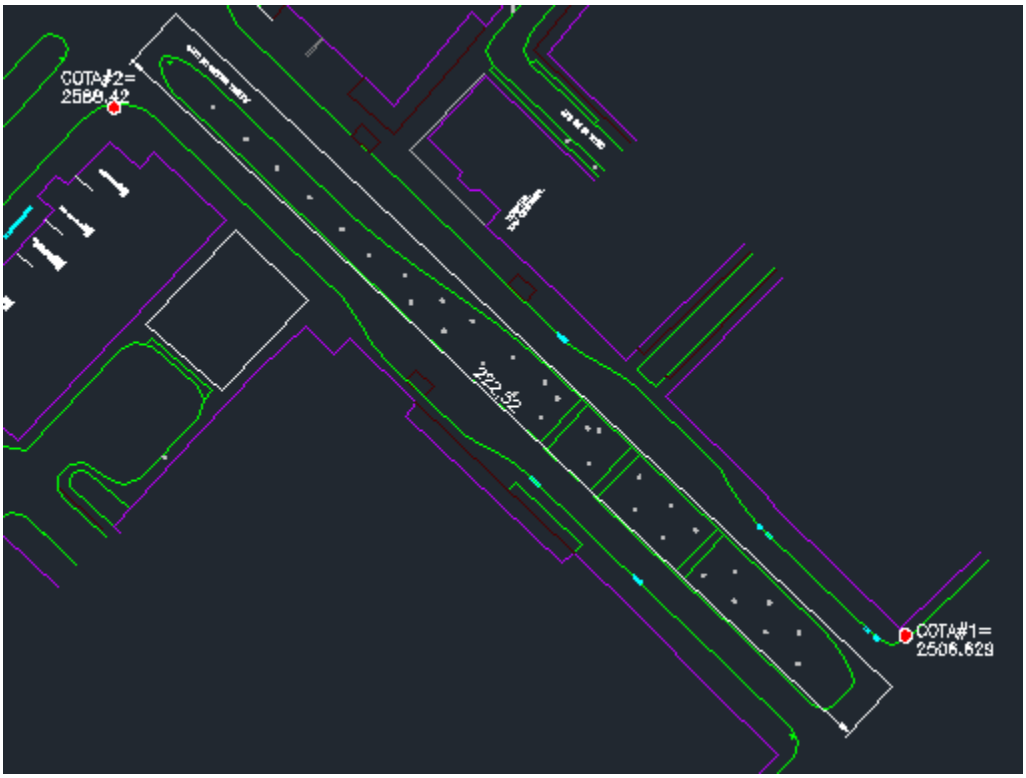
Para iniciar con el proyecto, se solicitó al IDU cartografía actualizada de la intersección de estudio, la cual sirvió como base para iniciar el proceso de diseño.

3.2.1. Proceso Topográfico inicial

Al iniciar con los alineamientos de las intersecciones, se pudo observar que la cartografía contaba con un error de altura de 81.714m en una zona de 222.52 m. en donde hay una Cota#1: 2506.629 msnm y una Cota#2: 2588.420 msnm. Se realiza entonces un levantamiento topográfico en el que se corrija dicho error.

La zona con error en altura se puede apreciar en la figura 25, que se muestra a continuación.

Figura 25. Área errónea de alturas



El levantamiento se realiza con un amarre a una placa del IDU, debido a que en la zona de estudio, ni cerca se encontraron placas del IGAC, que corresponde al contrato IDU 135 de 2007, y la misma entidad nos proporcionó las coordenadas de dicha placa.

En la figura 26, se muestra la placa del IDU a la cual se hizo el amarre para el levantamiento realizado.

Figura 26. Placa del IDU.

Fuente. Propia, 2017

En la tabla 12, se muestran las coordenadas planas con origen BOGOTÁ, proporcionadas por IDU de la placa usada en el Levantamiento.

Tabla 12. Coordenadas de la placa M.15 IDU 135 2007

M.15 IDU 135 2007		
NORTE	ESTE	COTA
97997.433	98323.092	2587.046

Fuente. Adaptación de las coordenadas proporcionadas por el IDU.

A partir del levantamiento se procesaron los datos y se corrigieron las alturas que estaban erróneas en el archivo original por medio de una georreferenciación en el Software ArcGis, permitiendo de esta manera iniciar el Diseño geométrico del desnivel, con coordenadas y alturas reales.

3.2.2. Proceso Altimétrico

A partir del levantamiento, en donde se realizó una nivelación y contranivelación, con amarre a la placa M.15 del IDU con una altura de 2587.046 msnm, con los datos obtenidos en campo se realizó el cálculo de la cartera nivelación, como lo muestra la Tabla 13.

Tabla 13.Cálculo de Cartera de Nivelación

PUNTO	NIVELACIÓN			CONTRANIVELACION			CHEQUEO DE DIF.	PROM. DIF. NIV.	COTA AJUSTADA
	V+	V-	DIF. NIV.	V+	V-	DIF. NIV.			
IDU M15	2.619 2.288 1.955				2.585 2.254 1.924		0.002	1.787	**2587.046**
C1		0.500	1.788	0.468		-1.786			2588.833
C1	1.253 1.263 1.001				1.485 1.225 0.964		0.001	0.5875	
C2		2.329 1.850 1.370	-0.587	2.295 1.813 1.331		0.588			2588.2455

En la figura 27, se muestra un diagrama en el que se observa el recorrido que se llevó a cabo para el levantamiento Altimétrico, con sus respectivos cambios auxiliares.

Figura 27. Diagrama del levantamiento altimétrico

De esta manera se continuó, con la nivelación de los ejes de las vías de la intersección y tomando datos para realizar secciones transversales cada 50 metros, teniendo en cuenta que el terreno de la zona de estudio tiende a ser plano, ya con esta información procesada, se da inicio al Diseño Geométrico mediante el Software AutoCAD Civil 3D, generando una superficie y perfiles de los ejes viales

En las tablas 14, 15, 16 y 17, se muestran los cálculos realizados, a partir de la nivelación realizada en campo.

Tabla 14. Eje Carrera 10a hacia el Norte

EJE CR 10 HACIA EL NORTE					
PUNTO	**V+**	**H. INTR**	**V-**	**V INT**	**COTA**
C1	1.263	2590.096			2588.833
K0+000				2.005	2588.091
k0+010				1.930	2588.166
K0+020				2.039	2588.057
K0+030				1.978	2588.118
K0+040				1.899	2588.197
K0+050				1.794	2588.302
K0+060				1.738	2588.358
K0+070				1.634	2588.462
K0+080				1.572	2588.524
K0+090				1.284	2588.812
K0+100				1.253	2588.843
K0+110				1.200	2588.896
K0+120				1.227	2588.869
K0+130				1.283	2588.813
K0+140				1.358	2588.738
K0+160				1.535	2588.561
K0+170				1.601	2588.495
C2			1.850		2588.246

Tabla 15. Eje Avenida 1 de Mayo al Oriente

EJE AV. PRIMERO DE MAYO AL ORIENTE					
PUNTO	**V+**	**H. INTR**	**V-**	**V INT**	**COTA**
C2	4.319	2593.152			2588.833
K0+000				4.204	2588.948
k0+010				3.966	2589.186
K0+020				3.927	2589.225
K0+030				3.722	2589.43
K0+040				3.482	2589.67
K0+050				3.266	2589.886
K0+060				3.028	2590.124
K0+070				2.879	2590.273
K0+080				2.684	2590.468
K0+090				2.27	2590.882
K0+100				2.115	2591.037
K0+110				2.019	2591.133
K0+120				1.69	2591.462
K0+130				1.319	2591.833
K0+140				1.069	2592.083
K0+160				0.797	2592.355
K0+170				0.061	2593.091
AUX1			4.319		2588.833

Tabla 16. Eje Carrera 10a hacia el Sur

EJE CR 10 HACIA EL SUR					
PUNTO	**V+**	**H. INTR**	**V-**	**V INT**	**COTA**
C2	1.632	2590.465			2588.833
K0+000				1.902	2588.563
k0+010				1.988	2588.477
K0+020				1.87	2588.595
K0+030				1.792	2588.673
K0+040				1.704	2588.761
K0+050				1.659	2588.806
K0+060				1.623	2588.842
K0+070				1.561	2588.904
K0+080				1.511	2588.954
K0+090				1.611	2588.854
K0+100				1.651	2588.814
K0+110				1.739	2588.726
K0+120				1.804	2588.661
K0+130				1.882	2588.583
K0+140				1.96	2588.505
K0+170				2.182	2588.283

Tabla 17. Eje Avenida 1 de Mayo al Occidente

EJE AV. PRIMERO DE MAYO AL OCCIDENTE					
PUNTO	**V+**	**H. INTR**	**V-**	**V INT**	**COTA**
AUX3	0.212	2589.045			2588.833
K0+000				1.239	2587.806
k0+010				1.592	2587.453
K0+020				1.762	2587.283
K0+030				1.97	2587.075
K0+040				2.162	2586.883
K0+050				2.377	2586.668
K0+070				2.759	2586.286
K0+080				2.951	2586.094
K0+090				3.149	2585.896
K0+100				3.364	2585.681
K0+110				4.548	2584.497
K0+120				3.722	2585.323
K0+130				3.848	2585.197
K0+140				4.009	2585.036
K0+150				4.149	2584.896
K0+180				4.633	2584.412

3.2.3. Desarrollo de planos finales del proyecto

El proceso se inició con el uso del software AutoCAD Civil 3D, definiendo alineamientos por los ejes de las calzadas de la Avenida Primero de Mayo, el cual se definió para realizar el diseño del desnivel, definiendo parámetros, como una pendiente de entrada y salida del 6%, y las vías arteriales, como en este caso, se puede elegir la pendiente del alineamiento vertical, como en casos de puentes, túneles y corredores con un control total de accesos, en donde las pendientes longitudinales, deben estar en un rango del 5% o 6%, además de tener en cuenta la Velocidad de diseño; estos parámetros se pueden observar en la tabla 18, para pendientes máximas en proyectos nuevos.

Tabla 18. Pendientes máximas permitidas en proyectos nuevos

				VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h) - APLICA PARA PROYECTOS NUEVOS										
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	JERARQUÍA	SECCIÓN TRANSVERSAL (m)	CONDICIÓN DE COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Malla Vial Arterial Principal	V0	100	Vehículos pesados o Transporte Público o Masivo >= 5%	---	---	---	---	6%	6%	6%	6%	5%	5%	5%
			Vehículos pesados o Transporte Público o Masivo <5%	---	---	---	---	7%	6%	5%	5%	5%	5%	4%
	V1	60	Vehículos pesados o Transporte Masivo >=5%	---	---	---	---	6%	6%	6%	6%	5%	5%	5%
			Vehículos pesados o Transporte Masivo <5%	---	---	---	---	7%	6%	5%	5%	5%	5%	4%
Malla vial Arterial Complementaria	V2	40	Vehículos pesados o Transporte Público o Masivo >=5%	---	---	7%	7%	7%	7%	6%	6%	5%	5%	---
			Vehículos pesados o Transporte Público o Masivo < 5%	---	---	10%	9%	8%	7%	7%	6%	6%	6%	---
	V3	25-30	Transporte Público >=5%	---	---	7%	7%	7%	7%	6%	6%	5%	5%	---
			Transporte Público <5%	---	---	10%	9%	7%	7%	7%	6%	6%	6%	---
Malla vial Arterial Intermedia	V4	22	Transporte Público >5%	12%	10%	9%	8%	8%	---	---	---	---	---	---
			Transporte Público <5%	15%	12%	10%	9%	8%	---	---	---	---	---	---
	V5	18	Transporte Público >5%	12%	11%	10%	9%	8%	---	---	---	---	---	---
			Transporte Público <5%	15%	12%	10%	9%	8%	---	---	---	---	---	---
	V6	16	Transporte Público >5%	15%	12%	10%	11%	9%	---	---	---	---	---	---
			Transporte Público <5%	15%	12%	11%	10%	9%	---	---	---	---	---	---
Malla vial Local	V7	13	Cualquiera	18%	15%	12%	---	---	---	---	---	---	---	---
	V8	10	Cualquiera	18%	15%	12%	---	---	---	---	---	---	---	---

Fuente. Guía de diseño de vías urbanas para Bogotá D.C.

El gálibo cuenta con una altura de 5.20m desde la estructura superior hasta la cota inferior de la estructura.

Se continúa con el diseño de los alineamientos para las conectantes en las cuales se diseña el peralte, que para el caso de Bogotá y en vías arteriales los peraltes máximos recomendados con del 4% al 6%, teniendo en cuenta que las velocidades de diseño sean mayores o iguales a 30 km/h, teniendo en cuenta esos parámetros la velocidad de diseño fue de 60 Km/h y con un peralte mínimo del 2% y máximo de 6%.

Para cada una de las conectantes, se diseñaron las secciones transversales correspondientes generadas cada 5 m, para obtener una información más detallada del volumen de corte y relleno para cada conectante.

En las siguientes figuras 28, 29, 30 y 31, se muestra de manera detallada los parámetros que se tuvieron en cuenta al momento de diseñar, además de mostrar información como elementos de cada curva y coordenadas de las mismas, para poder generar movimientos fáciles y cómodos dentro de las conectantes.

Figura 28. Conectante desde Carrera Décima hacia la Avenida primera de Mayo.(S-E)

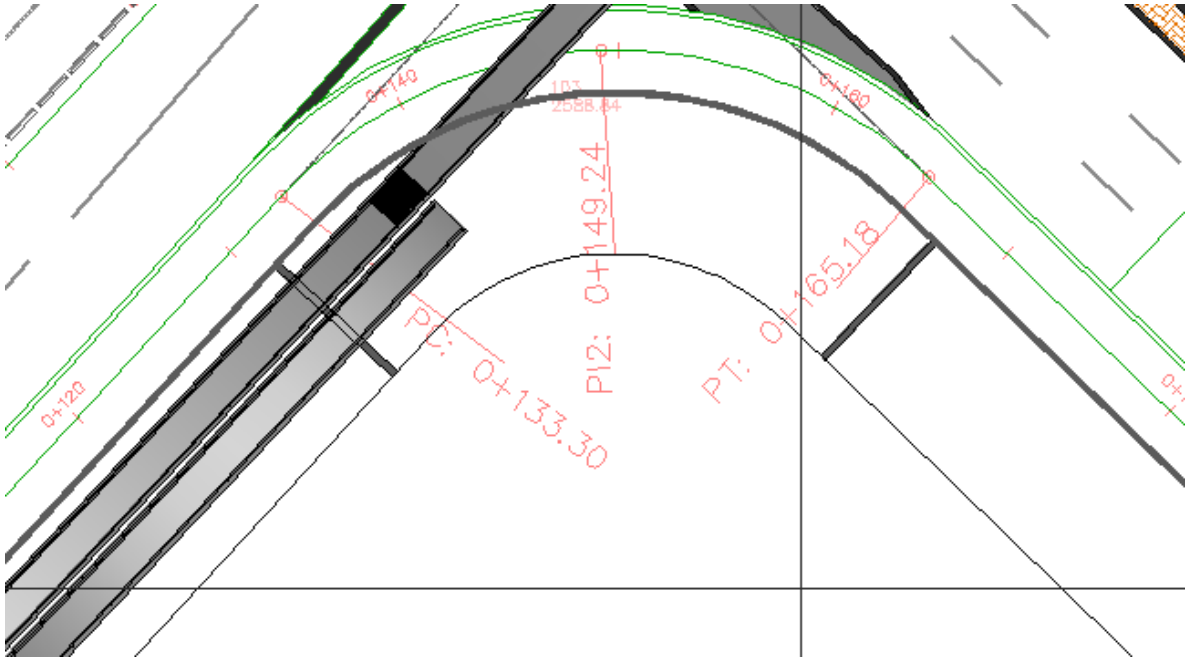


Tabla 19. Elementos de curva. Carrera 10a hacia Av. Primero de Mayo (S-E)

CUADRO ELEMENTOS DE LA CURVA											
PI	COORDENADAS		ABSCISA	DELTA	RADIO	TANGENTE	LONGITUD	EXTERNA	FLECHA	ABSCISA	
	NORTE	ESTE								PC	PT
PI 1	97610.8984	98017.421	K0+015.76	05° 51' 06.75"	20m	1.022m	2.043m	0.026m	0.026m	K0+014.74	K0+016.79
PI 2	97712.4151	98110.9141	K0+149.24	91° 21' 01.40"	20m	20.477m	31.887m	8.624m	8.625m	K0+133.30	K0+165.18
PI 3	97662.4731	98162.6408	K0+216.61	03° 29' 02.71"	20m	0.608m	1.216m	0.009m	0.009m	K0+216.00	K0+399.998

Figura 29. Conectante desde la Avenida Primero de mayo hacia la Carrera Décima

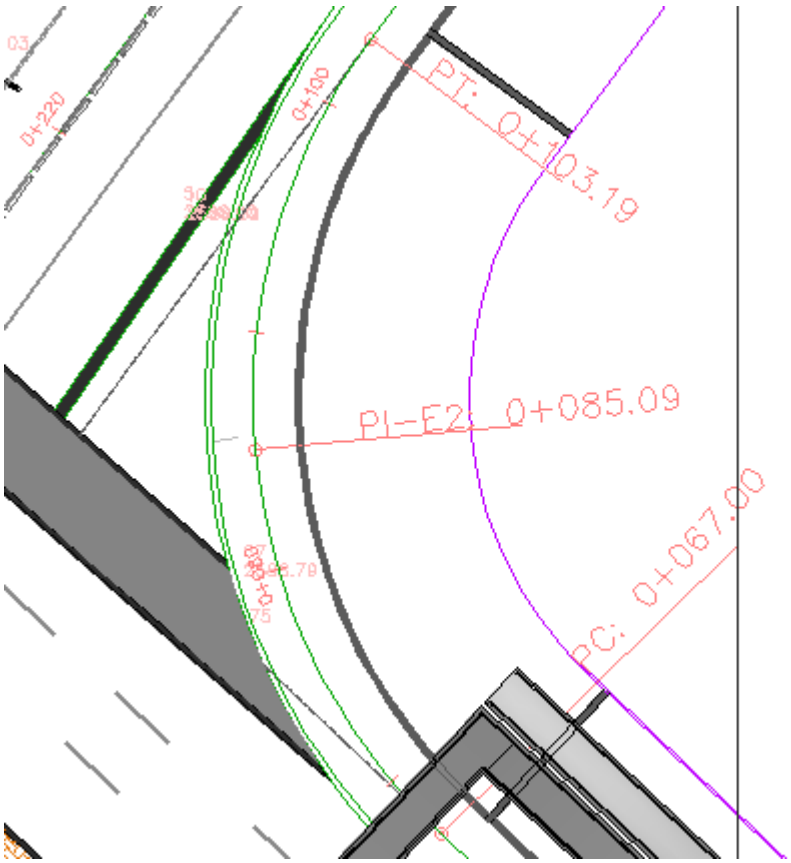


Tabla 20.Elementos de curva. Conectante Av. Primero de Mayo hacia Carrera 10a (E-N)

CUADRO ELEMENTOS DE LA CURVA											
PI	COORDENADAS		ABSCISA	DELTA	RADIO	TANGENTE	LONGITUD	EXTERNA	FLECHA	ABSCISA	
	NORTE	ESTE								PC	PT
PI-E1	97687.5655	98183.5934	K0+017.59	07° 38' 23.68"	20m	1.335m	2.667m	0.045	0.044m	K0+16.26	K0+18.93
PI-E2	97736.720	98131.6656	K0+089.06	82° 56' 15.21"	25m	22.094m	36.188m	8.364	6.267m	K0+66.99	K1+03.19
PI-E3	97854.0328	98218.0483	K0+226.78	05° 46' 17.21"	20m	1.008m	2.015m	0.025m	0.025m	K2+25.77	K2+27.79

Figura 30.Conectante Carrera Décima hacia Avenida Primero de Mayo

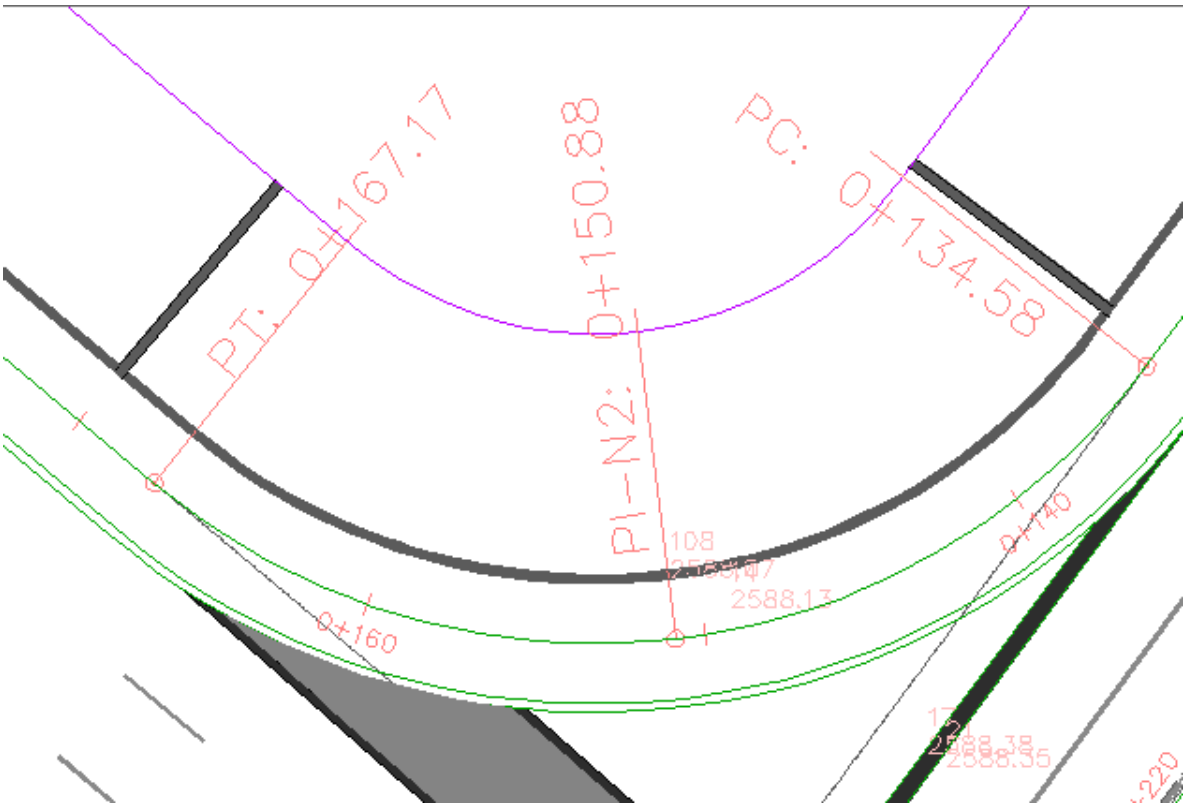


Tabla 21. Elementos de curva. Conectante Carrera 10a hacia Av. Primero de Mayo (N-W)

CUADRO ELEMENTOS DE LA CURVA											
PI	**COORDENADAS**		**ABSCISA**	**DELTA**	**RADIO**	**TANGENTE**	**LONGITUD**	**EXTERNA**	**FLECHA**	**ABSCISA**	
	NORTE	**ESTE**								**PC**	**PT**
PI-N1	97875.3984	98190.4898	K0+012.44	08° 22' 34.52"	20m	1.465m	2.924m	0.054m	0.053m	K0+010.97	K0+013.90
PI-N2	97760.3193	98104.9923	K0+150.88	93° 22' 20.84"	20m	21.213m	32.593m	9.155m	6.280m	K0+134.58	K0+167.17
PI-N3	97797.0204	98061.2269	K0+203.07	09° 37' 38.36"	20m	1.684m	3.361m	0.071m	0.071m	K0+201.39	K0+204.76

Figura 31. Conectante Avenida Primero de Mayo hacia Carrera Décima

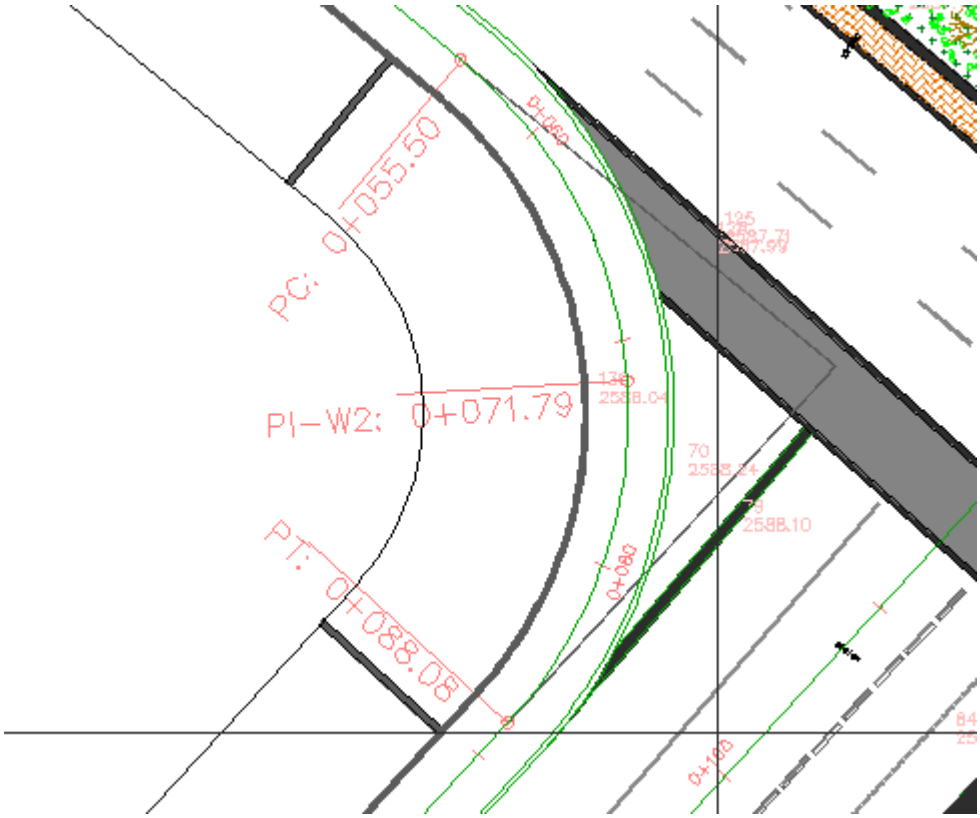


Tabla 22. Elementos de curva. Conectante Av. Primero de mayo hacia Carrera 10a (W-S)

CUADRO ELEMENTOS DE LA CURVA											
PI	COORDENADAS		ABSCISA	DELTA	RADIO	TANGENTE	LONGITUD	EXTERNA	FLECHA	ABSCISA	
	NORTE	ESTE								PC	PT
PI-W1	97769.3141	98044.4928	K0+024.14	3° 49' 27.09"	20m	0.668m	1.335m	0.011m	0.011m	K0+023.48	K0+024.81
PI-W2	97736.0729	98085.2072	K0+076.70	93° 21' 35.46"	20m	21.209m	32.589m	9.151m	6.279m	K0+055.50	K0+300.729
PI-W3	97632.9472	97990.4125	K0+206.95	9° 51' 45.60"	20m	1.726m	3.443m	0.074m	0.074m	K0+205.22	K0+208.67

Para la diseño de las secciones transversales se realizó una sección típica de cada eje vial, con las cuales posteriormente se tuvieron datos de corte y relleno.

Las imágenes 32 y 33, muestran las secciones típicas de los ejes viales.

Figura 32. Sección Típica Desnivel - Carrera Décima

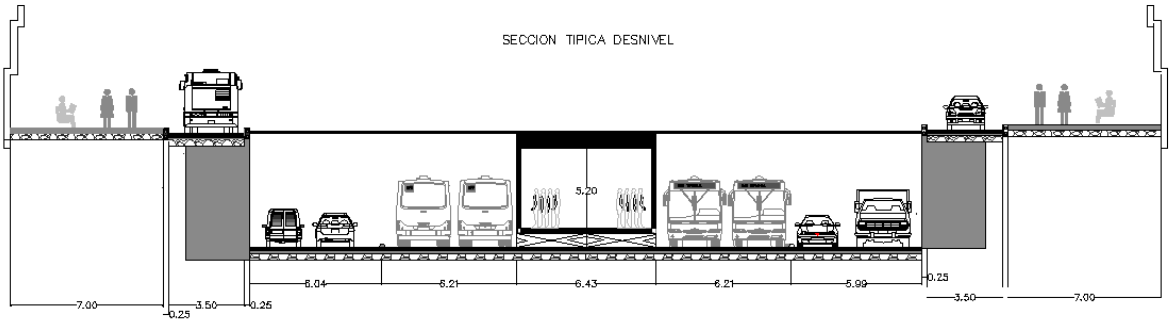
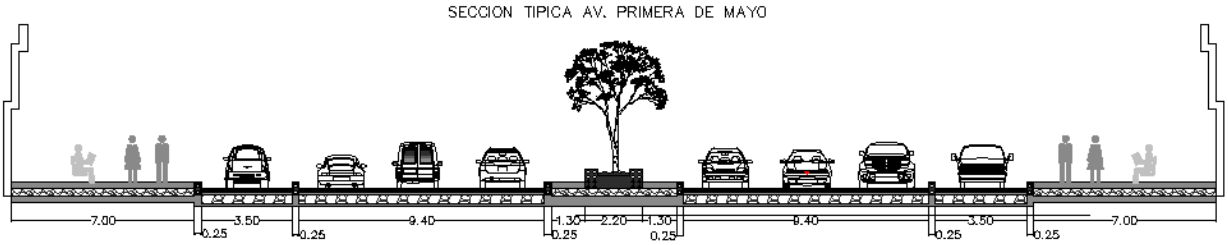


Figura 33. Sección Típica Av. Primero de Mayo

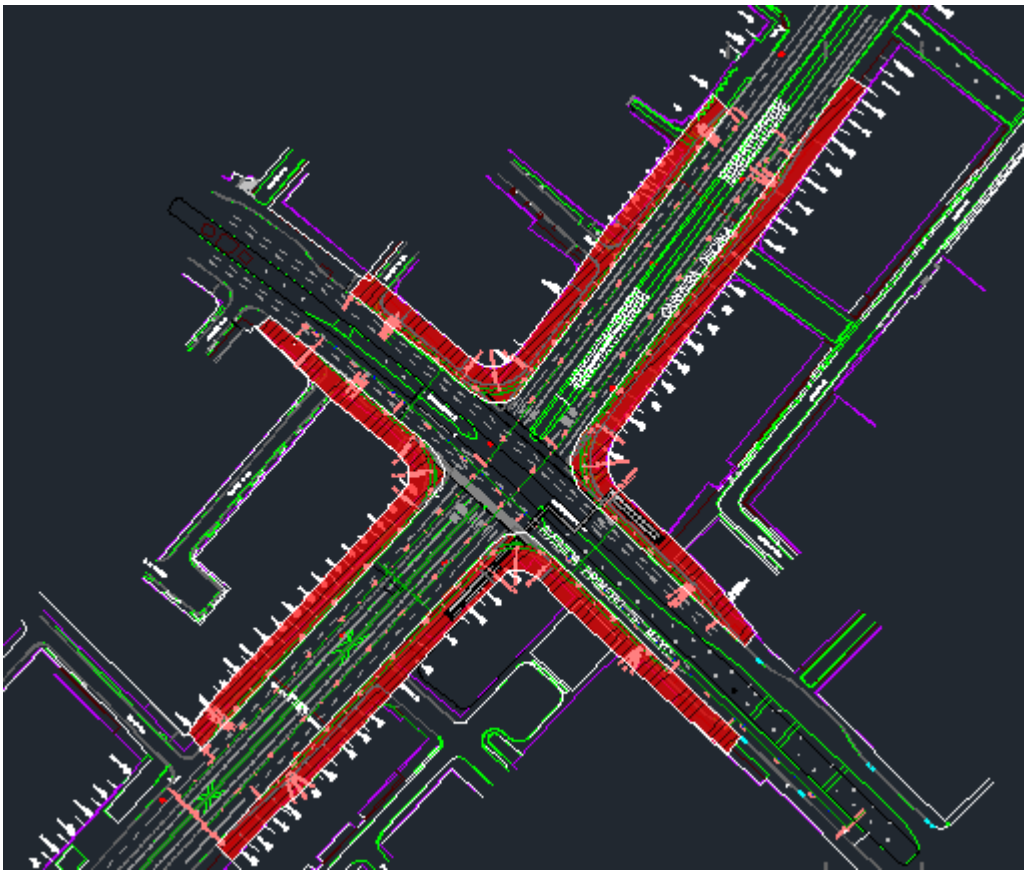


3.3. Área afectada

Para realizar el cálculo del área afectada se sobrepone el archivo original de la zona de estudio sobre el archivo en el cual ya se ha diseñado el paso a desnivel y por medio del cálculo de áreas por corte se puede obtener un total de viviendas o espacio público afectado.

El área afectada total fue de 11427.066 $m^{2,}$ entre los cuales hay 70 predios de uso comercial, público, vivienda y recreación. Como se muestra en la figura 34.

Figura 34. Área afectada por el Diseño



3.4. Modelo 3D

El modelo en 3D, se realizó un alzado en AutoCAD de la planta del diseño final del paso a desnivel.

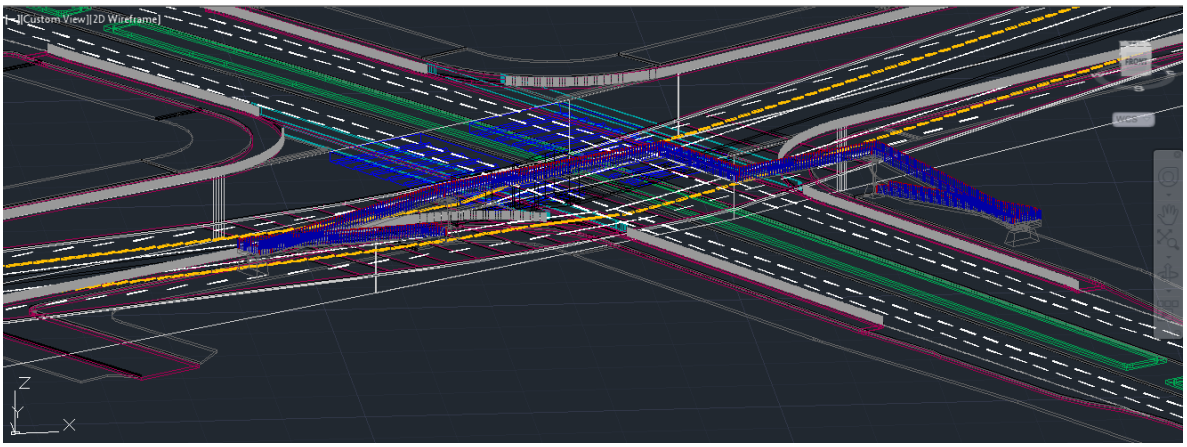
Para iniciar este alzado se limpia el plano, apagando los layer que no se utilicen, como la texto, grilla, demarcación, etc.), elementos dentro del dibujo que no son relevantes para la modelación en tres dimensiones (3D).

Se implementaron algunos comandos únicos de AutoCAD, como:

- Extrude o extrusión: permite crear un sólido 3D a partir de un objeto que encierra un área o superficie 3D, en donde se tienen en cuenta la dirección y trayectoria.
- Unión: permite unir varios elementos en 3D, generando así una fusión de los elementos, sin opción de modificar, solo mover.
- Sustracción: permite que al tener dos elementos uno interfiera o perfore la estructura del otro.
- Intersección o interferencia: al momento en que dos elementos se intersecten este comando solo permite visualizar el punto de intersección de ambos elementos

A partir del uso de estos comandos se crea un alzado de la zona de diseño, como se observa en la figura 35.

Figura 35. Alzado para modelo 3D



Con esta información se insertan distintos materiales que permiten visualizar el diseño de la zona 3D de una manera más realista.

AutoCAD, comprende una gran cantidad de materiales, se definen según su necesidad, estos materiales se designan mediante layers, para poder tener un mejor manejo de la información.

El modelo final con materiales, se puede observar a partir de las figuras 36, 37, 38 y 39 respectivamente.

Figura 36. Vista general del Modelo 3D

Figura 37. Vista Av. 1ro de Mayo con Puente peatonal

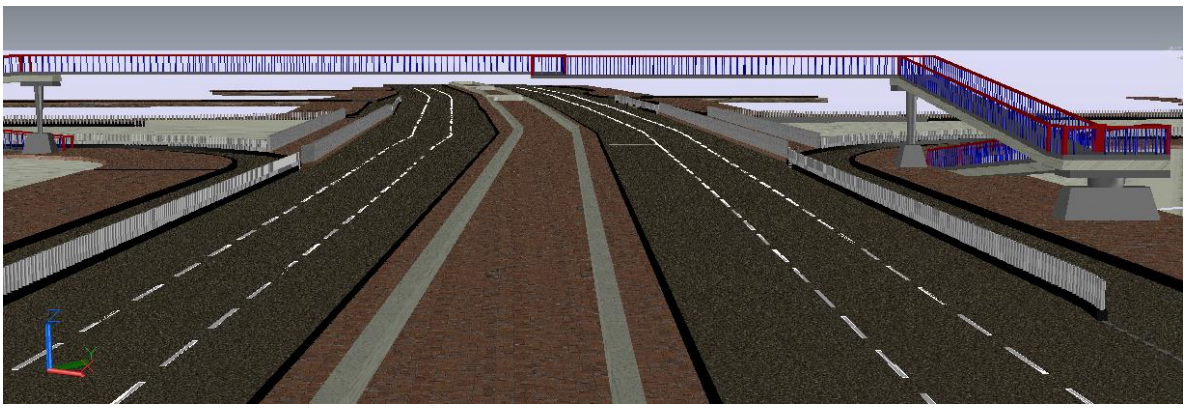


Figura 38. Vista Carrera Décima con Paso a desnivel

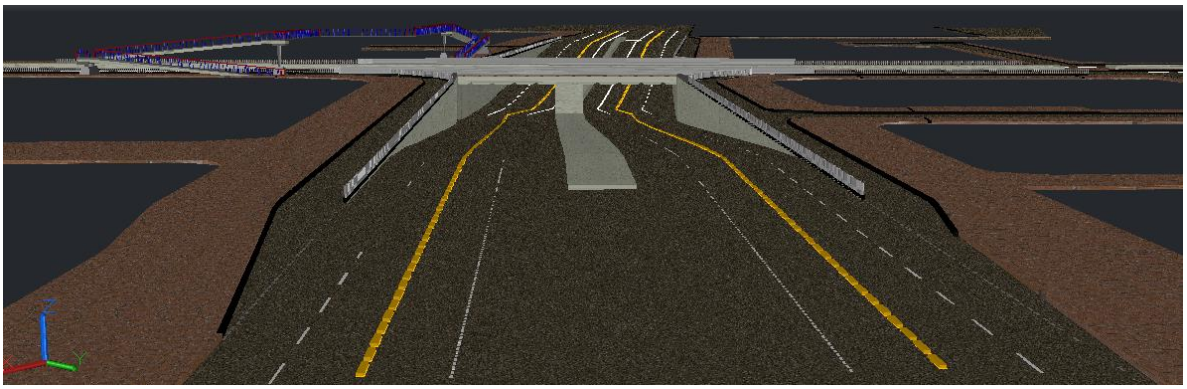
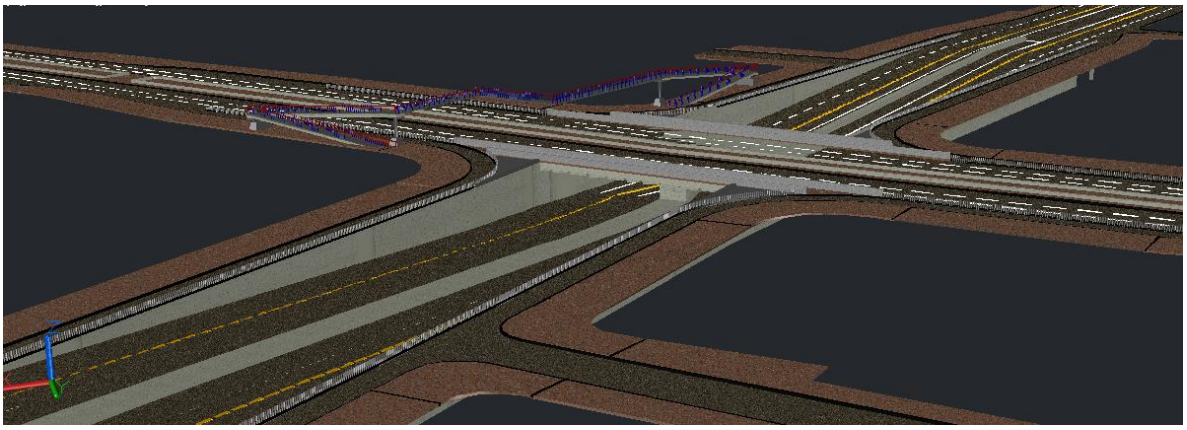


Figura 39. Vista desde Noroccidente a Carrera Décima y Av. 1ro de Mayo



4. Resultados

A partir del desarrollo completo del proyecto se pueden observar los siguientes resultados.

- Una serie de planos en los que se pueden apreciar cada uno de los parámetros seguidos para el diseño del desnivel en la intersección, con carteras de campo, cálculo de elementos, algunas de estas carteras se encuentran en el transcurso del documento.
- Se obtuvieron dos (2) secciones típicas una de cada eje vial.
- Las conectantes, que fueron cuatro (4), están diseñadas con una velocidad de 60Km/h y cuentan con radios entre 20m y 25m, con un ancho de carril de 3.50m.
- Las curvas principales de cada una de las conectante se diseñaron con un peralte máximo de 6% y un bombeo del 2%, estos parámetros se definieron por que las vías hacen parte de la malla vial arterial de Bogotá.
- Para la Avenida primero de mayo quedaron definidos tres (3) carriles con un total de 9.40m por calzada. Para la Carrera 10ª las calzadas de Transmilenio quedaron definidas con un total de 6.20m cada una y para uso vehicular mixto de 8.63m cada uno con dos (2) carriles.
- El separador de la Avenida primero de mayo se definió con un ancho de 5.30m.

5. Conclusiones

Se logró obtener un plano correctamente referenciado sin necesidad de acudir a un levantamiento planímetro lo cual hubiese llevado más tiempo, mediante el uso de softwares.

Se obtuvieron resultados confiables a través del análisis de los aforos obtenidos por el IDU y la Secretaria Distrital de Movilidad, lo cual permite justificar el proyecto y la elección del eje vial que se diseñó a desnivel.

Se obtuvo un diseño claro y confiable de un paso a desnivel en la intersección Carrera 10ª con Av. Primero de Mayo, cumpliendo con los parámetros y lineamientos requeridos y estipulados en la Guía de diseño de vías urbanas para Bogotá D.C.

Se obtuvo como diseño final un paso a desnivel sobre la Carrera 10ª con dos calzadas cada una de cuatro carriles teniendo en cuenta el uso de dos carriles por el sistema Transmilenio, prevaleciendo el diseño original, con una pendiente de entrada del 6% y de salida del 6%. Un paso a nivel sobre la Avenida primero de Mayo con dos calzadas de tres carriles cada una, además de la implementación de cuatro conectantes que permitan los giros necesarios para un mejor funcionamiento.

Se diseñaron tanto el eje vial de la Avenida primero de Mayo como el de la Carrera 10ª con una velocidad de 60 km/h, cumpliendo así con la velocidad permitida en vías Arteriales en zonas urbanas.

6. Recomendaciones

Para garantizar que el diseño sea confiable y cuente con coordenadas reales no solo basta con remitirse a una entidad que permita el acceso a la cartografía de la zona, si no también verificar la información de la misma para no tener inconvenientes con un diseño ya avanzado.

Se debe tener en cuanta solicitar aforos, a la Secretaría de movilidad que justifiquen la situación crítica de la zona para así poder realizar un diseño, si no se obtienen los datos necesarios, remitirse a otras entidades como el IDU que posiblemente cuenten con información para complementar la ya obtenida.

Tratar en lo posible de mantener el diseño y geometría de la intersección, para para que el área afectada sea lo menor posible.

7. ANEXOS

Anexo 1. Calculo de peralte desde Carrera 10a hacia la Av. primero de Mayo (S-E)

PTO	ABSCISA	DISTANCIA LONG.TRANS.	PERALTE (%)			ALTURA (CM)			COTA		
			B.E.	Pend. Long.	B.I.	EXTERNO	EJE	INTERNO	B.E.	EJE	B.I.
A	K0+116.97	**5,83**	-2		-2	-0,0350	-0,0013	-0,0350	2589,161	2589,1957	2589,1612
	K0+120	2,8	-0,96		-2	-0,0168	-0,0011	-0,0350	2589,179	2589,1959	2589,1609
B	K0+122.8	0	0		-2	0,0000	-0,0008	-0,0350	2589,196	2589,1962	2589,1612
	K0+125	2,2	0,8		-2	0,0132	-0,0007	-0,0350	2589,210	2589,1963	2589,1613
C	K0+128.63	**5,83**	2		-2	0,0350	-0,0004	-0,0350	2589,232	2589,1966	2589,1616
	K0+130	7,2	2,5		-2,5	0,0432	-0,0003	-0,0432	2589,240	2589,1967	2589,1535
D (PC)	K0+133.3	**10,5**	3,6		-3,6	0,0630	0,0000	-0,0630	2589,260	**2589,1970**	2589,1340
	K0+140	17,2	5,9		-5,9	0,1033	0,0005	-0,1033	2589,301	2589,1975	2589,0943
E	K0+140.3	**17,5**	6		-6	0,1051	0,0006	-0,1051	2589,303	2589,1976	2589,0925
	K0+145	22,2	6		-6	0,1050	0,0009	-0,1050	2589,303	2589,1979	2589,0929
	K0+150	27,2	6	**0,79%**	-6	0,1050	0,0013	-0,1050	2589,303	2589,1983	2589,0933
	K0+155	32,2	6		-6	0,1050	0,0017	-0,1050	2589,304	2589,1987	2589,0937
E'	K0+158.18	**17,5**	6		-6	0,1051	0,0020	-0,1051	2589,304	2589,1990	2589,0939
	K0+160	15,680	5,4		-5,4	0,0941	0,0021	-0,0941	2589,293	2589,1991	2589,1050
D' (PT)	K0+165.18	**10,5**	3,60		-3,60	0,0630	0,0025	-0,0630	2589,263	2589,1995	2589,1365
	K0+169	6,68	2,3		-2,3	0,0401	0,0028	-0,0401	2589,240	2589,1998	2589,1597
C'	K0+169.85	**5,83**	2		-2	0,0350	0,0029	-0,0350	2589,235	2589,1999	2589,1649
	K0+170	5,680	1,9		-2	0,0341	0,0029	-0,0350	2589,234	2589,1999	2589,1649
B'	K0+175.68	0	0		-2	0,0000	0,0033	-0,0350	2589,200	2589,2003	2589,1653
	K0+180	4,32	-1,5		-2	-0,0259	0,0037	-0,0350	2589,175	2589,2007	2589,1657
A'	K0+181.51	**5,83**	-2		-2	-0,0350	0,0038	-0,0350	2589,166	2589,2008	2589,1658

a	1,75
N	5,833
Lt	17,5
e max	6%
Pend. Long	0,79%
BN	2%

Anexo 2. Calculo de peralte desde Av. primero de mayo hacia Carrera 10a (E-N)

PTO	ABSCISA	DISTANCIA LONG.TRANS.	PERALTE (%)			ALTURA (CM)			COTA		
			B.E.	Pend. Long.	B.I.	EXTERNO	EJE	INTERNO	B.E.	EJE	B.I.
A	K0+50.63	5,83	-2,00		-2	-0,035	0,0019	-0,035	2589,3499	2589,3849	2589,3492
	K0+55	1,46	-0,50		-2	-0,0088	0,0014	-0,0350	2589,376	2589,3844	2589,349
B	K0+56.46	0	0,00		-2	0,0000	0,0012	-0,0350	2589,384	2589,3842	2589,349
	K0+60	3,54	1,21		-2	0,0213	0,0008	-0,0350	2589,405	2589,3838	2589,349
C	K0+62.29	5,83	2,00		-2	0,0350	0,0006	-0,0350	2589,419	2589,3836	2589,349
	K0+65	8,54	2,93		-2,93	0,0513	0,0002	-0,0513	2589,435	2589,3832	2589,332
D (PC)	K0+66.96	10,5	3,60		-3,6	0,0630	0,0000	-0,0630	2589,446	2589,3830	2589,320
	K0+70	13,54	4,64		-4,6	0,0813	-0,0004	-0,0813	2589,464	2589,3826	2589,301
E	K0+73.96	17,5	6,00		-6,0	0,1051	-0,0008	-0,1051	2589,487	2589,3822	2589,277
	K0+80	23,54	6,00		-6	0,1050	-0,0016	-0,1050	2589,486	2589,3814	2589,276
	K0+85	28,54	6,00		-6	0,1050	-0,0021	-0,1050	2589,486	2589,3809	2589,276
	K0+90	33,54	6,00	-1,19%	-6	0,1050	-0,0027	-0,1050	2589,485	2589,3803	2589,275
E'	K0+96.15	17,5	6,00		-6	0,1051	-0,0035	-0,1051	2589,485	2589,3795	2589,274
	K0+100	13,65	4,68		-5	0,0819	-0,0039	-0,0819	2589,461	2589,3791	2589,297
D' (PT)	K0+103.15	10,5	3,60		-3,6	0,0630	-0,0043	-0,0630	2589,442	2589,3787	2589,316
	K0+105	8,65	2,97		-2,97	0,0519	-0,0045	-0,0519	2589,430	2589,3785	2589,327
C'	K0+107.82	5,83	2,00		-2,0	0,0350	-0,0049	-0,0350	2589,413	2589,3781	2589,343
	K0+110	3,65	1,25		-2	0,0219	-0,0051	-0,0350	2589,400	2589,3779	2589,343
B'	K0+113.65	0	0,00		-2	0,0000	-0,0056	-0,0350	2589,377	2589,3774	2589,342
	K0+115	1,35	-0,46		-2	-0,0081	-0,0057	-0,0350	2589,369	2589,3773	2589,342
A'	K0+119.48	5,83	-2,00		-2	-0,0350	-0,0062	-0,0350	2589,342	2589,3768	2589,342

a	1,75
N	5,833
Lt	17,5
e max	6%
Pend. Long	-1,19%
BN	2%

Anexo 3. Calculo de peralte desde la Carrera 10a hacia la Av. primero de mayo (N-W)

PTO	ABSCISA	DISTANCIA LONG.TRANS.	PERALTE (%)			ALTURA (CM)			COTA		
			B.E.	Pend. Long.	B.I.	EXTERNO	EJE	INTERNO	B.E.	EJE	B.I.
A	K0+118.25	5,83	-2		-2	-0,035	0,0025	-0,035	2587,3665	2587,4015	2587,3656
	K0+120	4,08	-1,400		-2	-0,0245	0,0022	-0,0350	2587,377	2587,4012	2587,366
B	K0+124.08	0	0,00		-2	0,0000	0,0016	-0,0350	2587,401	2587,4006	2587,366
	K0+125	0,92	0,316		-2	0,0055	0,0015	-0,0350	2587,406	2587,4005	2587,365
C	K0+129.91	5,83	2,0		-2	0,0350	0,0007	-0,0350	2587,435	2587,3997	2587,365
	K0+130	5,92	2,031		-2,031	0,0355	0,0007	-0,0355	2587,435	2587,3997	2587,364
D (PC)	K0+134.58	10,5	3,6		-3,6	0,0630	0,0000	-0,0630	2587,462	2587,3990	2587,336
	K0+140	15,92	5,5		-5,5	0,0956	-0,0008	-0,0956	2587,494	2587,3982	2587,303
E	K0+141.58	17,5	6,0		-6,0	0,1051	-0,0011	-0,1051	2587,503	2587,3979	2587,293
	K0+145	20,92	6		-6	0,1050	-0,0016	-0,1050	2587,502	2587,3974	2587,292
	K0+150	25,92	6	-1,54%	-6	0,1050	-0,0024	-0,1050	2587,502	2587,3966	2587,292
	K0+160	35,92	6		-6	0,1050	-0,0039	-0,1050	2587,500	2587,3951	2587,290
E'	K0+160.17	17,5	6,003		-6	0,1051	-0,0039	-0,1051	2587,500	2587,3951	2587,290
	K0+165	12,67	4		-4	0,0761	-0,0047	-0,0761	2587,470	2587,3943	2587,318
D' (PT)	K0+167.17	10,5	3,6		-3,6	0,0630	-0,0050	-0,0630	2587,457	2587,3940	2587,331
	K0+170	7,67	2,63		-2,63	0,0460	-0,0055	-0,0460	2587,440	2587,3935	2587,347
C'	K0+171.84	5,83	2,0		-2,0	0,0350	-0,0057	-0,0350	2587,428	2587,3933	2587,358
	K0+175	2,67	0,916		-2	0,0160	-0,0062	-0,0350	2587,409	2587,3928	2587,358
B'	K0+177.67	0	0,0		-2	0,0000	-0,0066	-0,0350	2587,392	2587,3924	2587,357
	K0+180	2,33	-0,799		-2	-0,0140	-0,0070	-0,0350	2587,378	2587,3920	2587,357
A'	K0+183.5	5,83	-2,0		-2	-0,0350	-0,0075	-0,0350	2587,356	2587,3915	2587,356

a	1,75
N	5,833
Lt	17,5
e max	6%
Pend. Long	-1,54%
BN	2%

Anexo 4. Calculo de peralte desde la Av. Primero de mayo hacia la Carrera 10a (W-S)

PERALTE

PTO	ABSCISA	DISTANCIA LONG.TRANS.	PERALTE (%)			ALTURA (CM)			COTA		
			B.E.	Pend. Long.	B.I.	EXTERNO	EJE	INTERNO	B.E.	EJE	B.I.
A	K0+39.17	5.83	-2		-2	-0.035	-0.0021	-0.035	2587.1029	2587.1379	2587.1036
	K0+40	5	-1.71		-2	-0.0300	-0.0020	-0.0350	2587.108	2587.1380	2587.103
B	K0+45	0	0.00		-2	0.0000	-0.0014	-0.0350	2587.139	2587.1386	2587.104
	K0+50	5	1.71		-2	0.0300	-0.0007	-0.0350	2587.169	2587.1393	2587.104
C	K0+50.83	5.83	2.0		-2	0.0350	-0.0006	-0.0350	2587.174	2587.1394	2587.104
	K0+55	10	3.43		-3.4	0.0600	-0.0001	-0.0600	2587.200	2587.1399	2587.080
D (PC)	K0+55.5	10.5	3.6		-3.6	0.0630	0.0000	-0.0630	2587.203	2587.1400	2587.077
	K0+60	15	5.1		-5.1	0.0901	0.0006	-0.0901	2587.231	2587.1406	2587.051
E	K0+62.5	17.5	6.0		-6.0	0.1051	0.0009	-0.1051	2587.246	2587.1409	2587.036
	K0+65	20	6		-6	0.1050	0.0012	-0.1050	2587.246	2587.1412	2587.036
	K0+70	25	6	1.29%	-6	0.1050	0.0019	-0.1050	2587.247	2587.1419	2587.037
	K0+75	30	6		-6	0.1050	0.0025	-0.1050	2587.248	2587.1425	2587.038
E'	K0+81.08	17.5	6.0		-6	0.1051	0.0033	-0.1051	2587.248	2587.1433	2587.038
	K0+85	13.58	5		-5	0.0815	0.0038	-0.0815	2587.225	2587.1438	2587.062
D' (PT)	K0+88.08	10.5	3.6		-3.6	0.0630	0.0042	-0.0630	2587.207	2587.1442	2587.081
	K0+90	8.58	2.94		-2.94	0.0515	0.0045	-0.0515	2587.196	2587.1445	2587.093
C'	K0+92.75	5.83	2.0		-2.0	0.0350	0.0048	-0.0350	2587.180	2587.1448	2587.110
	K0+95	3.58	1.228		-2	0.0215	0.0051	-0.0350	2587.167	2587.1451	2587.110
B'	K0+98.58	0	0.0		-2	0.0000	0.0056	-0.0350	2587.146	2587.1456	2587.111
	K0+100	1.42	-0.487		-2	-0.0085	0.0057	-0.0350	2587.137	2587.1457	2587.111
A'	K0+104.41	5.83	-2.0		-2	-0.0350	0.0063	-0.0350	2587.111	2587.1463	2587.111

DONDE=

a	1.75
N	5.833
Lt	17.5
e max	6%
Pend. Long	1.29%
BN	2%

Anexo 5. Cartera de Alineamiento de la Rasante para desnivel de la zona Derecha.

ALINEAMIENTO VERTICAL- DESNIVEL ZONA DERECHA

Abscisa	Elevación	Porcentaje (%)	Elemento
0+033.57	2588.874m		PVI
0+050.71	2588.746m	-0.75%	PVC
0+053.57	2588.709m	-1.29%	
0+060.71	2588.482m	-3.19%	
0+073.57	2587.852m	-4.90%	
0+086.71	2587.112m	-5.63%	PVT
0+093.57	2586.701m	-6.00%	
0+113.57	2585.502m	-6.00%	
0+133.57	2584.302m	-6.00%	
0+153.12	2583.130m	-6.00%	PVC
0+153.57	2583.103m	-5.97%	
0+173.57	2582.119m	-4.92%	
0+175.12	2582.060m	-3.82%	
0+189.12	2581.785m	-1.96%	PVT
0+193.57	2581.777m	-0.19%	
0+197.17	2581.770m	-0.19%	PVC
0+211.17	2582.009m	1.70%	
0+213.57	2582.098m	3.72%	
0+233.17	2583.062m	4.92%	PVT
0+233.57	2583.086m	5.99%	
0+253.57	2584.284m	5.99%	
0+273.57	2585.482m	5.99%	
0+293.57	2586.680m	5.99%	
0+299.21	2587.018m	5.99%	PVC
0+313.57	2587.814m	5.54%	
0+325.21	2588.365m	4.73%	
0+333.57	2588.583m	2.61%	
0+335.21	2588.591m	0.50%	PVT
0+353.57	2588.620m	0.16%	
0+357.27	2588.626m	0.16%	PVI

Anexo 6. Cartera de Alineamiento de la Rasante para desnivel de la zona Izquierda.

ALINEAMIENTO VERTICAL- DESNIVEL ZONA IZQUIERDA

Abscisa	**Elevación**	**Porcentaje (%)**	**Elemento**
0+039.35	2,588.178m		
0+053.24	2,588.133m	-0.32%	PVC
0+059.35	2,588.037m	-1.57%	
0+063.24	2,587.896m	-3.62%	
0+079.35	2,587.107m	-4.90%	
0+089.24	2,586.544m	-5.69%	PVT
0+099.35	2,585.939m	-5.99%	
0+119.35	2,584.742m	-5.99%	
0+139.35	2,583.544m	-5.99%	
0+151.68	2,582.806m	-5.99%	PVC
0+159.35	2,582.382m	-5.53%	
0+173.68	2,581.779m	-4.21%	
0+179.35	2,581.636m	-2.51%	
0+187.68	2,581.600m	-0.44%	PVT
0+195.72	2,581.664m	0.79%	PVC
0+199.35	2,581.707m	1.20%	
0+209.72	2,581.997m	2.80%	
0+219.35	2,582.423m	4.42%	
0+231.72	2,583.095m	5.43%	PVT
0+239.35	2,583.553m	6.00%	
0+259.35	2,584.753m	6.00%	
0+279.35	2,585.954m	6.00%	
0+299.35	2,587.154m	6.00%	
0+303.36	2,587.395m	6.00%	PVC
0+319.35	2,588.278m	5.52%	
0+329.36	2,588.752m	4.73%	
0+339.35	2,588.991m	2.39%	
0+339.36	2,588.991m	0.35%	PVT
0+351.85	2,589.035m	0.35%	

8. Bibliografía

Carlos González, Mario Rincón, Wilson Vargas (2012). Diseño Geométrico De Vías, Editorial UD.

Instituto De Desarrollo Urbano IDU (2015). *Guía Para El Diseño De Vías Urbanas Para Bogotá*, Banco De Desarrollo De América Latina, Universidad Nacional De Colombia, Facultad De Ingeniería, Programa De Investigación En Tránsito Y Transporte PIT.

Instituto de Desarrollo Urbano IDU (2012). *Guía práctica de la movilidad peatonal urbana*, Bogotá.

Instituto Nacional De Váas INVIAS (2008). *Manual De Diseño Geométrico De Carreteras*, Ministerio De Transporte.

Jacob Carciente, (1980). *Carreteras Estudio y Proyecto*, Ediciones Vega s.r.l.

James Cárdenas Grisales (2013). Diseño Geométrico De Carreteras.

S.L. Uribe Celis. *Manual de diseño geométrico para vías e intersecciones urbanas*, Bogotá, Colombia, universidad de los andes.

Rocío Rolón (2006). *Diseño Geométrico de Vías Urbanas*, Centro de investigaciones Viales LEMaC.