

**ESTUDIO GEOMÉTRICO A NIVEL DE FACTIBILIDAD DE ALTERNATIVAS
DE SOLUCIONES VIALES A DESNIVEL DE LA CARRERA 27 CON 56 DE LA
CIUDAD DE BUCARAMANGA**

Cesar Jhusef Navarro Guerrero

Id. 000279982

Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingeniería

Bucaramanga

2021

**ESTUDIO GEOMÉTRICO A NIVEL DE FACTIBILIDAD DE ALTERNATIVAS
DE SOLUCIONES VIALES A DESNIVEL DE LA CARRERA 27 CON 56 DE LA
CIUDAD DE BUCARAMANGA**

Cesar Jhusef Navarro Guerrero

Id. 000279982

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:

INGENIERO CIVIL

Director del Proyecto

Ing. Gabriel Alexis Medina Delgado

Escuela de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Civil

Universidad Pontificia Bolivariana

2021

Copyright © 2021 por Cesar Jhusef Navarro Guerrero Todos los derechos reservados.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este gran proyecto de grado primeramente a Dios por darme la salud, sabiduría, inteligencia, constancia y empeño. A mi madre que ha sido mi pilar fundamental, la persona por la que lucho cada día de mi vida, para hacerla sentir orgullosa de cada paso que doy, esa mujer sabia que siempre me ayuda a tomar las mejores decisiones, principalmente este titulo es para ella, lo merece mas de lo que lo merezco yo. También dedico este titulo a mi novia, mi motor, mi vida, la persona que me ha acompañado en este proceso de grado, la persona que no me deja rendir siendo incansable y persistente, haciendo de mí una mejor persona día tras día. Asimismo, dedico este trabajo a mis hermanos, mis compañeros de hogar, los que me han apoyado en tantos procesos de mi vida y nunca me han dado la espalda. A mi familia en general, gracias por su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a la Universidad Pontificia Bolivariana por hacer de este proceso de pregrado el mejor que hubiese podido vivir, siempre teniendo unos excelentes docentes con ganas de enseñar, compartiendo todo su conocimiento. Ante todo, quiero agradecer al Ing. Gabriel Alexis Medina siendo este, mi director de proyecto, por toda su dedicación, por su tiempo, por sus ganas de enseñar y por todo lo que aprendí con respecto a el área de Vías. A mi familia y hogar, no me quedaran palabras para agradecer por cada proceso de vida que tuve para culminar con mi meta profesional.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	14
2. ANTECEDENTES	15
3. OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo General.....	23
3.2 Objetivos Específicos	23
4. MARCO TEÓRICO	24
4.1 INTERSECCIÓN VIAL.....	24
4.1.1 TIPOS DE INTERSECCIONES VIALES	24
4.1.1.1 INTERSECCIONES A DESNIVEL	24
4.1.1.1.1 FUNCIONALIDAD	24
4.1.1.1.2 CAPACIDAD.....	24
4.1.1.1.3 SEGURIDAD	24
4.1.1.1.4 FACTIBILIDAD	24
4.1.1.2 TIPOS DE INTERSECCIONES A DESNIVEL.....	25
4.1.1.2.1 INTERSECCION TIPO T & Y	25
4.1.1.2.2 DIAMANTE.....	25
4.1.1.2.3 TREBOL PARCIAL.....	26
4.1.1.2.4 TREBOL COMPLETO	28
4.1.1.2.5 INTERSECCION A DESNIVEL DIRECCIONAL.....	28
5. METODOLOGÍA	30
6. ACTIVIDADES PARA REALIZAR.....	31
7. ANÁLISIS DE TRÁNSITO RESPECTO A LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	32
7.1 Tránsito Normal	32
7.2 Tránsito Atraído.....	32
7.3 Tránsito Generado.....	32

7.4	Tasa de Crecimiento	32
7.5	Volumen total de tránsito futuro	33
7.6	Simulación de Tráfico Software Shyncro 6	36
7.6.1	Simulación de tránsito del año 2020 por medio de Shyncro 6	37
7.6.2	Simulación de tránsito futuro del año 2040 por medio de Shyncro 6	38
7.6.3	Primera alternativa en simulación SimTraffic.	39
7.6.4	Segunda alternativa en simulación SimTraffic.	40
7.6.5	Tercera alternativa en simulación SimTraffic.	41
7.7	Clasificación del Nivel de Servicio.....	42
7.7.1	Nivel de Servicio y Capacidad Vial del año 2020	43
7.7.2	Nivel de Servicio y Capacidad Vial del año 2040	45
8.	DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIÓN A DESNIVEL	51
8.1	Primera alternativa de diseño geométrico.....	53
8.2	Segunda alternativa de diseño geométrico.....	58
8.3	Tercera alternativa de diseño geométrico.	63
9.	CONCLUSIONES.....	68
10.	BIBLIOGRAFIA	69
11.	ANEXOS	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes.....	22
Tabla 2. Datos del parque automotor-Bucaramanga. Fuente: Dirección de tránsito de Bucaramanga	32
Tabla 3. Proyección de tránsito. Año 2006. Fuente: Autor	34
Tabla 4. Proyección de Tránsito. Año 2016. Fuente: Autor.....	34
Tabla 5. Proyección de tránsito en hora crítica. Fuente: Autor	35
Tabla 6. Proyección tránsito futuro en condición crítica. Fuente: Autor.....	36
Tabla 7. Reporte de tráfico por medio de Software Shyncro 6. Fuente: Shyncro diseñada por el autor	38
Tabla 8. Características de la vía y el tráfico del año 2020. Fuente: Autor.....	43
Tabla 9. Nivel de Servicio año 2020. Fuente: Autor.	44
Tabla 10. Capacidad vial año 2020. Fuente: Autor.	45
Tabla 11. Características de la vía y el tráfico del año 2040. Primera alternativa. Fuente: Autor.....	46
Tabla 12. Nivel de servicio año 2040. Primera Alternativa. Fuente: Autor	47
Tabla 13. Capacidad vial año 2040. Primera Alternativa. Fuente: Autor.....	48
Tabla 14. Capacidad vial año 2040. Segunda Alternativa. Fuente: Autor.	48
Tabla 15. Capacidad vial año 2040. Tercera Alternativa. Fuente: Autor.	49
Tabla 16. Presupuesto aproximado Diseño 1. Fuente: Autor	50
Tabla 17. Presupuesto aproximado Diseño 2. Fuente: Autor	50
Tabla 18. Presupuesto aproximado Diseño 3. Fuente: Autor	50
Tabla 19. Información de sentidos de movimientos. Fuente: Autor.....	52
Tabla 20. Parámetros de diseño planta para el diseño geométrico 1. Fuente: Autor.....	54
Tabla 21. parámetros de diseño perfil y sección transversal para el diseño geométrico 1. Fuente: Autor	57
Tabla 22. parámetros de diseño planta para el diseño geométrico 2. Fuente: Autor	59
Tabla 23. Parámetros de diseño perfil y sección transversal para el diseño geométrico 2. Fuente: Autor	62
Tabla 24. parámetros de diseño planta para el diseño geométrico 3. Fuente: Autor.....	64
Tabla 25. Parámetros de diseño perfil y sección transversal para el diseño geométrico 3. Fuente: Autor	67

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Intersección a desnivel tipo trompeta. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.	25
Ilustración 2. Intersección en Diamante Elemental. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.	26
Ilustración 3. Intersección tipo Diamante típica en vías rurales. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.....	26
Ilustración 4. Intersección a desnivel tipo trébol parcial. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.....	27
Ilustración 5. Trébol parcial de cuadrantes inversos. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.	27
Ilustración 6. Intersección a desnivel tipo trébol completo. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.....	28
Ilustración 7. Intersección a desnivel direccional. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS	29
Ilustración 8. Total Parque Automotor AMB (31-12-16). Fuente: Dirección de Tránsito de Bucaramanga	33
Ilustración 9. Simulación de tráfico en Shyncro 6. Fuente: Autor	37
Ilustración 10. Simulación tránsito futuro 2040 por medio de Shyncro 6. Fuente: Autor....	38
Ilustración 11. Simulación de tráfico en SimTraffic. Primera alternativa. Fuente: Autor....	39
Ilustración 12. Simulación de tráfico en SimTraffic. Segunda alternativa. Fuente: Autor...	40
Ilustración 13. Simulación de tráfico en SimTraffic. Tercera alternativa. Fuente: Autor	41
Ilustración 14. Descripción nivel de servicio. Fuente: Manual INVIAS.....	42
Ilustración 15. Nube de puntos en software Civil 3D. Fuente: Autor	51
Ilustración 16. Vista 3D. Diseño geométrico 1. Fuente: Autor	53
Ilustración 17. Vista en planta. Diseño geométrico 1. Fuente: Autor.....	53
Ilustración 18. Perfiles 9-4 y 9-2 de Diseño geométrico 1. Fuente: Autor.....	54
Ilustración 19. Perfil 9-3 y 8-9-1 de Diseño geométrico 1. Fuente: Autor.....	55
Ilustración 20. Perfil 9-1 y 8 de Diseño geométrico 1. Fuente: Autor.....	55
Ilustración 21. Perfil 4 y 3 de Diseño geométrico 1. Fuente: Autor.....	56
Ilustración 22. Perfil 2 y 1 de Diseño geométrico 1. Fuente: Autor.....	56
Ilustración 23. Secciones Transversales de Diseño geométrico 1, Cll 56 movimiento 4 abscisa k0+171.63 y k0+180. Fuente: Autor	57
Ilustración 24. Vista 3D. Diseño geométrico 2. Fuente: Autor	58
Ilustración 25. Vista en planta. Diseño geométrico 2. Fuente: Autor.....	58
Ilustración 26. Perfil 9-4 y 9-2 de Diseño geométrico 2. Fuente: Autor	59
Ilustración 27. Perfil 9-3 y 8-9-1 de Diseño geométrico 2. Fuente: Autor.....	60
Ilustración 28. Perfil 9-1 y 8 de Diseño geométrico 2. Fuente: Autor.....	60
Ilustración 29. Perfil 4 y 3 de Diseño geométrico 2. Fuente: Autor.....	61
Ilustración 30. Perfil 2 y 1 de Diseño geométrico 2. Fuente: Autor.....	61

Ilustración 31. Secciones Transversales de Diseño geométrico 2, Cll 56 Movimiento 4 Puente abscisa k0+160. Fuente: Autor	62
Ilustración 32. Vista 3D. Diseño geométrico 3. Fuente: Autor	63
Ilustración 33. Vista en planta. Diseño geométrico 3. Fuente: Autor.....	63
Ilustración 34. Perfil 9-4 y 9-2 de Diseño geométrico 3. Fuente: Autor	64
Ilustración 35. Perfil 9-3 y 8 de Diseño geométrico 3. Fuente: Autor.....	65
Ilustración 36. Perfil 4 y 3 de Diseño geométrico 3. Fuente: Autor	65
Ilustración 37. Perfil 2 y 1 de Diseño geométrico 3. Fuente: Autor.....	66
Ilustración 38. Perfil 8 de Diseño geométrico 3. Fuente: Autor	66
Ilustración 39. Secciones Transversales de Diseño geométrico 3, Mov 8 abscisa k0+63.63. Fuente: Autor	67

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ESTUDIO GEOMÉTRICO A NIVEL DE FACTIBILIDAD DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES VIALES A DESNIVEL DE LA CARRERA 27 CON 56 DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

AUTOR(ES): CESAR JHUSEF NAVARRO GUERRERO

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): GABRIEL ALEXIS MEDINA DELGADO

RESUMEN

El desarrollo y evolución de una ciudad se distingue en muchos casos por la infraestructura de transporte ya que se ha demostrado que la inversión en infraestructura resulta ser indispensable para el desarrollo social y económico de un país. Dentro de las principales vías urbanas de la ciudad de Bucaramanga se encuentra la Cra 27 considerada como una vía principal y a su vez está la Cll 56 como vía secundaria, las cuales en el desarrollo de este trabajo se encuentran sujetas a estudio debido a su alta congestión vial ya que es la principal arteria que comunica el centro de la ciudad, la cabecera municipal, la zona industrial y el municipio aledaño conocido como Floridablanca. Debido a esto, se reconoce el incremento que se ha estado desarrollando en el Área Metropolitana durante los últimos años, por lo cual se hace necesario un estudio de tránsito con proyección a 20 años, con ayuda de conteos en las franjas horarias de máxima demanda que circulan en esta vía. Esto con el fin de generar propuestas ejecutadas en Civil 3D que mejoren la calidad de la vía en estudio y optar por la que mejores condiciones ofrezca.

PALABRAS CLAVE:

Vías, tránsito, congestión, propuestas, calidad.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: GEOMETRIC STUDY AT THE FEASIBILITY LEVEL OF ALTERNATIVES OF ROAD SOLUTIONS AT SLOPE OF RACE 27 WITH 56 IN THE CITY OF BUCARAMANGA

AUTHOR(S): CESAR JHUSEF NAVARRO GUERRERO

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: GABRIEL ALEXIS MEDINA DELGADO

ABSTRACT

The development and evolution of a city is distinguished in many cases by the transport infrastructure since it has been shown that investment in infrastructure turns out to be essential for the social and economic development of a country. Among the main urban roads of the city of Bucaramanga is Cra 27 considered a main road and CII 56 as a secondary road, which in the development of this work are subject to study due to their high congestion road as it is the main artery that connects the city center, the municipal seat, the industrial zone and the neighboring municipality known as Floridablanca. Due to this, the increase that has been developing in the Metropolitan Area in recent years is recognized, which is why a 20-year projection traffic study is necessary, with the help of counts in the time slots of maximum demand that circulate on this road. This in order to generate proposals executed in Civil 3D that improve the quality of the road under study and choose the one that offers the best conditions.

KEYWORDS:

Roads, traffic, congestion, proposals, quality.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores más importantes dentro del crecimiento y transformación de una región es el tránsito. A diario se observa el aumento de siniestros viales y el incremento de mortandad causadas por la imprudencia. Las estadísticas reflejan un alza desmesurado del parque automotor en las principales ciudades del país, entre esas Bucaramanga donde la proporción es superior al crecimiento de la población. [1]

Es por esto que, este trabajo se enfoca en la propuesta de prediseño de la implementación de una intersección a desnivel en la Cra 27 con Cll 56, ya que es una vía que requiere ser descongestionada por su alta demanda vial y conectividad central de la ciudad. Analizando tres posibles alternativas de diseño geométrico enfocando en la factibilidad.

Se presenta en primera instancia el estudio de tránsito respecto a la capacidad y nivel de servicio que tiene la vía hasta la actualidad acompañada de su respectiva proyección a 20 años, demostrando la necesidad de mejorar la condiciones que expone, realizándose una simulación en el Software SimTraffic para finalmente proceder a diseñar las alternativas viales de esta intersección en el Software Civil 3D.

1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La intersección vial hace referencia a aquellos elementos de la infraestructura vial y de transporte donde se cruzan dos o más caminos. Estas infraestructuras permiten a los usuarios el intercambio entre caminos. La intersección que se diseñará será a desnivel. Este estudio se hará en la carrera 27 con 56 de la ciudad de Bucaramanga, teniendo en cuenta que en este proyecto se conoce la topografía de la zona, se debe obtener el nivel de servicio para el diseño geométrico de la vía; se pondrá en marcha el conteo de los modos de transporte en dicha intersección para posteriormente hacer el diseño. Con este proyecto se dará una solución para el tema de congestión vial y mejoramiento del nivel de servicio en esa zona de la ciudad de Bucaramanga.

2. ANTECEDENTES

TÍTULO DEL ARTÍCULO	AUTOR (ES)	RESUMEN	NOMBRE DE LA REVISTA
<p>Una evolución diferencial Algorithm-Based Modelo para el Control del Tráfico en las intersecciones Señalizadas [2]</p>	<p>Cakici, Ziya, Murat, Yetis Saz.</p>	<p>En el modelo propuesto, la sincronización de la señal y la fase de la señal se optimizan simultáneamente usando el algoritmo de Evolución Diferencial (DE), que es uno de los algoritmos metaheurísticos basados en la población. La eficacia del modelo se prueba en escenarios de tráfico de muestra con el software de simulación VISSIM teniendo en cuenta los criterios de rendimiento de retraso medio del vehículo. Los resultados muestran que el enfoque propuesto puede reducir la demora promedio del vehículo entre las tasas de 28% – 42% y 3% – 38% en comparación con el control óptimo de señal de tiempo fijo y el control de señal accionado por vehículo para escenarios probados, respectivamente.</p>	<p>Advances in Civil Engineering. 12/21/2019, p1- 17. 17p.</p>
<p>Método cooperativo de organización autónoma del tráfico para vehículos automáticos conectados en redes de carreteras de</p>	<p>Wang, Yunpeng. Cai, Pinlong. Lu, Guangquan.</p>	<p>En este documento se propone un método cooperativo de organización autónoma del tráfico para CAV en redes de carreteras de intersección múltiple. El</p>	<p>Transportation Research: Part C. Feb2020, Vol. 111, p458- 476. 19p.</p>

<p>intersección múltiple. [3]</p>		<p>marco metodológico consta de tres componentes: una estrategia de cruce autónomo basada en un enfoque de resolución de conflictos en intersecciones no señalizadas, la optimización de la trayectoria de objetivos múltiples en segmentos de carretera y una estrategia compuesta para la planificación de rutas considerando comportamientos heterogéneos de toma de decisiones de los CAV basados en acciones sociales y beneficio individual, respectivamente. El método propuesto garantiza viajes seguros, eficientes, ahorradores de energía y cómodos. Los vehículos automatizados conectados (CAV) se han considerado actualmente como soluciones prometedoras para la realización de sistemas de gestión de tráfico autónomas previstos en el futuro.</p>	
<p>Desarrollo y evaluación de una estrategia de orientación de pelotón de vehículos en intersecciones</p>	<p>Ye, Qianwen; Chen, Xumei; Liao, Ruohua; Yu, Lei.</p>	<p>Este documento presenta los esfuerzos para investigar el potencial de ahorro de combustible de un modelo de optimización basado en</p>	<p>Transportation Research: Part D. Dec2019, Vol. 77, p120-131. 12p.</p>

<p>señalizadas considerando el ahorro de combustible. [4]</p>		<p>la estrategia de orientación del pelotón de vehículos (VPGS) en las intersecciones señalizadas. El modelo de optimización basado en VPGS incluye cinco pasos: 1. Reconocimiento dinámico de pelotón de vehículos, 2. Formulación del tiempo de ejecución para pelotones de vehículos que pasan por la intersección, 3. Análisis de la trayectoria del vehículo principal, 4. Análisis de lo siguiente trayectorias de vehículos para generar un conjunto completo de trayectoria de pelotón, y 5. Optimización de la trayectoria de pelotón considerando el ahorro de combustible. Se aplica un enfoque basado en la potencia específica del vehículo (VSP) para estimar el consumo de combustible. Se selecciona una intersección señalizada típica en Beijing para verificar el modelo de optimización. El modelo de optimización propuesto puede controlar cuantitativamente los efectos de ahorro de combustible. Los resultados muestran que VPGS tiene un potencial</p>	
---	--	--	--

		significativo para ahorrar combustible sin aumentar el tiempo de viaje del vehículo, y el consumo promedio de combustible por vehículo disminuyó en aproximadamente un 30%.	
Investigación y análisis de la variabilidad del tiempo de viaje de la intersección de camino seleccionada. [5]	Yesufu, Thomas Kokumo. Otesile, Rhoda Omolola. Ejidokun, Temitayo. Olutimi Ogunseye, Abiodun Alani.	Este estudio investigó la dependencia dinámica de la variabilidad del tiempo de viaje en la capacidad de ruta de una sección de carretera monitoreada. Esto fue con el fin de proporcionar una mejor comprensión de la variabilidad del tiempo de viaje en los tramos de carretera y, por lo tanto, una posible forma de reducir dinámicamente la congestión del tráfico. Se investigó una intersección vial típica utilizando el método de video y la técnica de correspondencia de matrículas. El análisis de la distribución del tiempo de viaje en los ejes de las carreteras se realizó durante los períodos pico durante cinco días hábiles. Los resultados obtenidos indican que la tasa de flujo máximo del tráfico fue inversamente proporcional al grado de variación en los tiempos de viaje, que sirven en la ordenación y asignación dinámica de tiempos por	International Journal for Traffic & Transport Engineering. 2019, Vol. 9 Issue 4, p442-455. 14p.

		ruta de la intersección de carreteras seleccionada.	
Evaluación del nivel de servicio para intersecciones señalizadas urbanas en India. [6]	Saha, Arpita. Chandra, Satish. Ghosh, Indrajit.	Se ha realizado un trabajo significativo en el nivel de servicio (LOS) en todo el mundo durante las últimas dos décadas. Sin embargo, hasta la fecha, no existen pautas para LOS de las intersecciones señalizadas en la India. El presente estudio intenta introducir criterios LOS para la intersección señalizada en condiciones de tráfico mixto. Trece intersecciones de cuatro ciudades diferentes de la India fueron elegidas para este estudio. El retraso en las intersecciones (que es la columna vertebral para derivar LOS) se estima utilizando el método de estimación de área (según HCM 2010). La técnica de agrupamiento (para ser específicos, agrupamiento K-mean) se ha utilizado para clasificar seis grupos de retraso correspondientes a seis LOS diferentes y llegar a un criterio de LOS. El método de silueta se ha empleado para validar los grupos de retardos propuestos. Los índices de silueta obtenidos justifican los rangos de retardo	Current Science (00113891). 11/10/2019, Vol. 117 Issue 9, p1516-1521. 6p.

		propuestos correspondientes a los grupos e indican la posible implementación del LOS propuesto para calificar el rendimiento de las intersecciones señalizadas de la India.	
Modelo y simulación de una intersección vial usando el software Arena®. [7]	Hernández, Sebastian Puerto. Forero Forero, Sergio. Rivera Aya, Eliasib. Herrera Cuartas, Jorge.	En este artículo se presenta el modelo y la simulación de una intersección vial. Para modelar las dinámicas fue seleccionado el software Arena®, por su gran versatilidad y amplitud en herramientas a la hora de diseñar y modelar sistemas estocásticos. Las simulaciones en eventos discretos de la intersección validarán el modelo. Con el modelo obtenido se podrá realizar el cambio en la programación de los semáforos, la inclusión de paraderos en sitios específicos de las vías, y además la demostración de la relación entre la forma de conducción y estos problemas de movilidad. Se busca disminuir el tamaño de las colas que se generan, además de una reducción en los tiempos de recorridos de los usuarios en estos tramos y un mejoramiento notable en el funcionamiento vial en general de la ciudad.	Revista Mutis. ene-jun2015, Vol. 5 Issue 1, p66-73. 8p.

<p>Prediseño geométrico a nivel y a desnivel de la intersección El Jazmín. [8]</p>	<p>Suárez Joya, Hugo Noel. Pantoja Santander, Carlos Andrés.</p>	<p>Se presentan tres alternativas a nivel de prediseño para la solución de conflictos vehiculares en el sector del Jazmín, donde confluyen la actual vía Santa Rosa de Cabal – Chinchiná, con la vía Troncal de Occidente que actualmente aún se encuentra en construcción. Las alternativas de solución en prediseño se constituyen de una propuesta a nivel de tipo glorieta y dos a desnivel de tipo trompeta; todas aprovechando los predios disponibles por el Instituto Nacional de Vías para la ejecución de la misma. El proyecto se realizó a nivel académico con el fin de presentar propuestas diferentes a la que actualmente se va a construir y que requiere mayor espacio y compra de nuevos predios. De manera general se evaluaron factores como geometría, costos y facilidad en la construcción para seleccionar al final una alternativa que se considera la más conveniente entre las tres. El trabajo se realizó sobre una base topográfica digital y con la ayuda del programa AutoCAD</p>	<p>Repositorio institucional, Universidad Nacional. 2005.</p>
--	--	---	---

		Land, para diseño de vías, ajustándose a las especificaciones del Instituto Nacional de Vías.	
--	--	---	--

Tabla 1. Antecedentes.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Seleccionar la mejor alternativa de solución vial para la carrera 27 con 56 de la ciudad de Bucaramanga.

3.2 Objetivos Específicos

- Analizar e interpretar los datos suministrados de los estudios de tránsito llevados a cabo en los años 2006 y 2016 en términos de capacidad y nivel de servicio de los modos de transporte que utilizan la intersección.
- Proyectar a nivel de factibilidad del diseño geométrico con tres alternativas de solución a desnivel en la intersección.
- Evaluar desde el punto de nivel de servicio las alternativas para escoger la mejor.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 INTERSECCIÓN VIAL

La función de una intersección vial principalmente se basa en facilitar el cambio de dirección de ruta en la vía. Así mismo se le nombra a un área que se encuentra compartida por dos o más trayectos. [9]

La complejidad de la intersección puede variar desde un simple cruce de dos caminos que se cruzan entre sí, hasta intersecciones múltiples tipo T, Y, X o estrella. [9]

4.1.1 TIPOS DE INTERSECCIONES VIALES

4.1.1.1 INTERSECCIONES A DESNIVEL

Es una agrupación de ramales que se desarrolla para favorecer el paso del tránsito entre carreteras que se intersecan en distintos niveles. Igualmente puede ser la zona en la que dos o más vías se cruzan a diferente altura para el avance de todos los movimientos posibles de variación de una vía a otra, con la mínima disparidad de puntos posibles. [10]

Los pasos a desnivel se elaboran para mejorar la capacidad o el nivel de servicio de las intersecciones con altos volúmenes de tránsito y con una calidad de seguridad regular, así como para conservar las propiedades funcionales de un trayecto sin intersecciones a nivel. [10]

Usualmente una intersección a distintos niveles requiere de grandes inversiones, por lo que su diseño y elaboraciones deben demostrarse con juicios como: [10]

4.1.1.1.1 FUNCIONALIDAD

Algunas vías como autopistas y carreteras de primer orden, porque tienen restricciones de entradas, o por propiedades que les rigen a los planes viales nacionales, regionales o departamentales, exigiría la construcción de intersecciones a desnivel. [10]

4.1.1.1.2 CAPACIDAD

Si la capacidad es regular en una intersección, una opción por examinar, en el estudio de factibilidad, es separar alturas, así haya opciones viables a nivel. [10]

4.1.1.1.3 SEGURIDAD

Puede ser la seguridad, anclada a otras causas, una de las razones para construir un enlace y no una intersección. [10]

4.1.1.1.4 FACTIBILIDAD

Por las altas inversiones que esto involucra, la construcción de una intersección a desnivel es inevitable el análisis de factibilidad, si a ello hubiere sitio, la construcción por fases. [10]

4.1.1.2 TIPOS DE INTERSECCIONES A DESNIVEL

4.1.1.2.1 INTERSECCION TIPO T & Y

La más importante es la trompeta, intersecciones de tres ramales en la que los giros a la derecha e izquierda se solucionan por medio de ramales directos, semidirectos y vías de enlace. La intersección a diferente altura en forma de trompeta, como la propuesta en la Ilustración 1, es recomendable para conectar una vía transversal a una principal. [10]

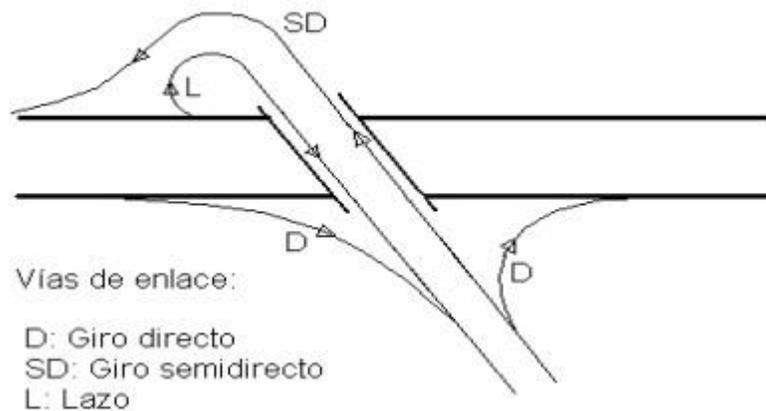


Ilustración 1. Intersección a desnivel tipo trompeta. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.

4.1.1.2.2 DIAMANTE

La intersección a desnivel tipo diamante, propuestas en las Ilustraciones 2 y 3, se utiliza tanto en carreteras urbanas como en las carreteras rurales. Se basa en una intersección de cuatro ramales con condición en parada, en el que todos los giros a la izquierda se solucionan con cruces. Este tipo de intersección puede prestar también de estructuras adicionales para disminuir el número de puntos de peligro de las intersecciones a nivel en la vía secundaria. Usualmente es recomendable que la carretera principal ocupe el nivel inferior, con cuya disposición las carreteras de enlace son más pequeñas por ser la pendiente viable para la aceleración y desaceleración de los vehículos que ingresan y salen. [10]

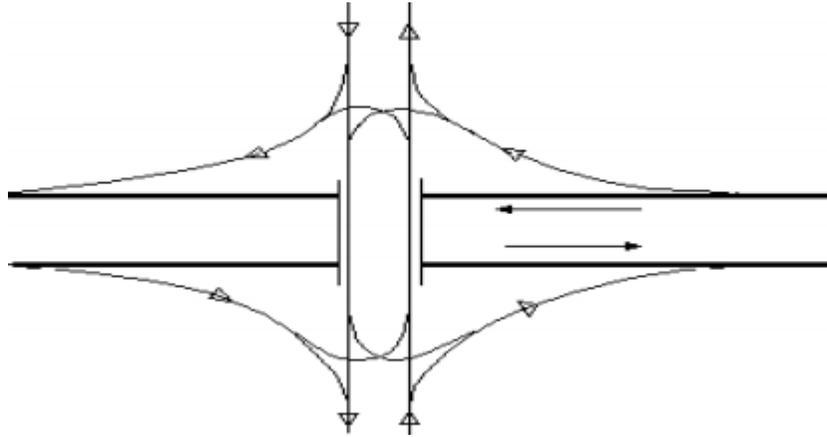


Ilustración 2. Intersección en Diamante Elemental. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.

4.1.1.2.3 TREBOL PARCIAL

El trébol parcial se define como una intersección de cuatro ramales con condición de parada, en el que se hace continuo un giro a la izquierda conforme a una carretera de enlace. Comúnmente el trébol parcial, tal como es propuesta en la Ilustración 4, es adecuado cuando solo pueden emplearlo algunos cuadrantes de la zona de intersección por existir inconvenientes topográficos en las carreteras rurales, lo que ocurre constantemente. [10]

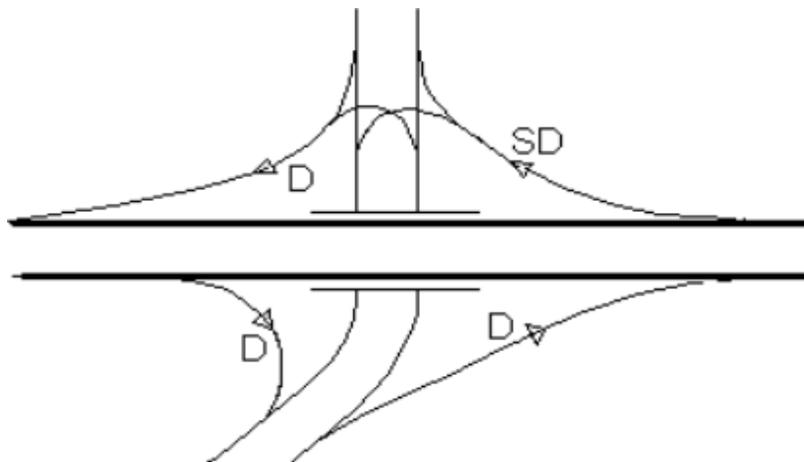


Ilustración 3. Intersección tipo Diamante típica en vías rurales. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.

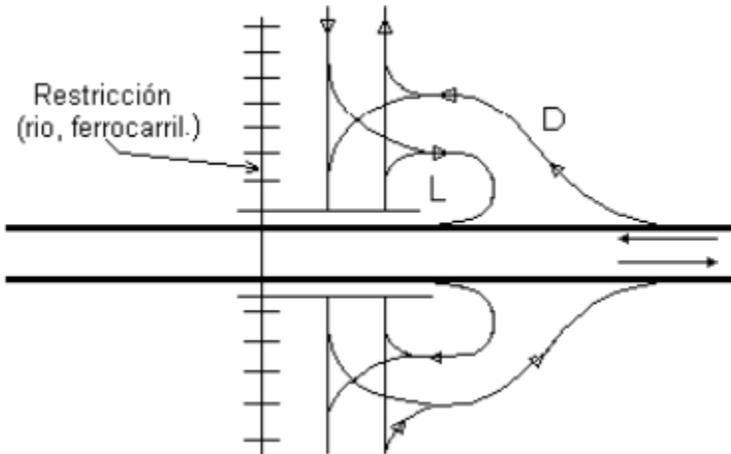


Ilustración 4. Intersección a desnivel tipo trébol parcial. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.

En el trébol parcial los ingresos y las salidas a la derecha pueden corresponder normalmente a la carretera principal, para lo cual es concreto ocupar cuadrantes del igual lado de la carretera secundaria o cuadrantes inversos por el vértice, como se propone en la Ilustración 5. [10]

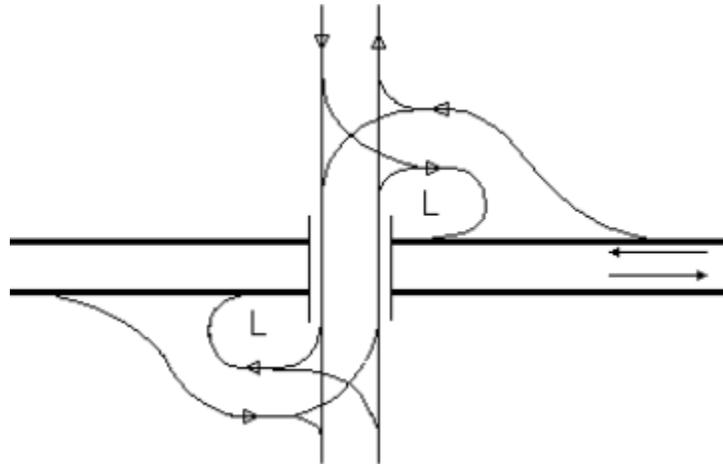


Ilustración 5. Trébol parcial de cuadrantes inversos. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.

4.1.1.2.4 TREBOL COMPLETO

Los tréboles completos, propuesto en la Ilustración 6, son viables para carreteras rurales de importancia parecida (autopistas, vías de primer orden) por el área de grande que ocupan. Son cruces de cuatro ramales y triple circulación, exige una sola estructura y todos los giros a la izquierda se solucionan por medio de carreteras de unión y los giros a la derecha por medio de ramales directos. [10]

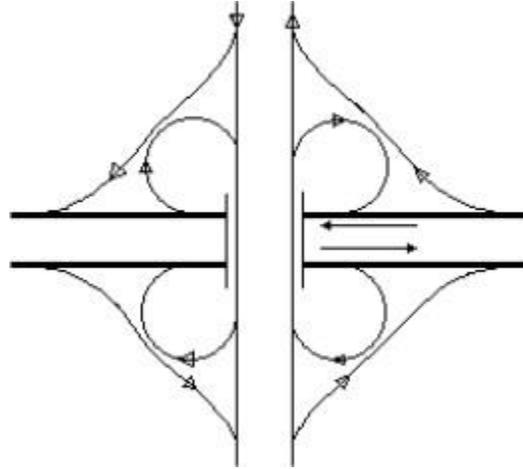


Ilustración 6. Intersección a desnivel tipo trébol completo. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.

Por su configuración, un trébol mejora la velocidad de diseño, con lo que aumentan los radios y el recorrido, por lo que no se recomiendan carreteras de unión de grandes medidas. El límite de un trébol suele ser la capacidad de las carreteras de unión, que pocas veces funcionan bien con más de un carril y usualmente se colapsan con volúmenes de 1000 a 1200 vehículos por hora. [10]

4.1.1.2.5 INTERSECCION A DESNIVEL DIRECCIONAL

Se usan cuando una autopista se interseca con otra o se enlaza a ella. En estos casos, la velocidad de proyección es grande en toda su longitud, con rampas y uniones curvas de radios altos. Por lo que el área que utilizan es considerablemente grande. Las intersecciones a desnivel direccionales suelen tener dificultad. La ilustración 7 demuestra una intersección a desnivel direccional relativamente fácil. [10]

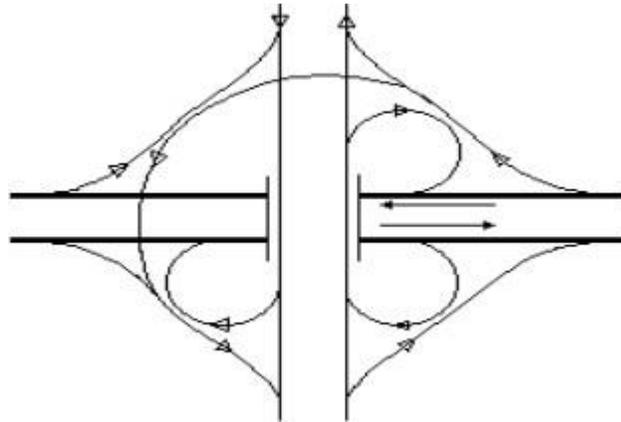


Ilustración 7. Intersección a desnivel direccional. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de carreteras. INVIAS.

5. METODOLOGÍA

Se inicia la definición del tema a tratar, en este caso Intersección vial a desnivel. Primero se recopila la información existente. Seguido a esto se toman los conteos de los años 2006 y 2016 para definir las franjas de máxima demanda, y dentro de la franja definir la hora pico. Posterior a esto, se procederá a realizar el conteo en la franja de máxima demanda.

Se estima la tasa de crecimiento, tomando como fundamento a los estudios de tránsito realizados en los últimos años, con base en la cual se calculan los volúmenes a 5, 10, 15 y 20 años.

Se prepara el modelo de tránsito en un Software especializado con el fin de definir la capacidad y el nivel de servicio actual.

Se proyectan tres alternativas de solución vial a desnivel, utilizando el software especializado en diseño geométrico Civil3D.

Se elaboran los modelos de tránsito de las tres alternativas proyectadas, seleccionando la alternativa que, según el modelo, alcance el mejor nivel de servicio a 20 años.

6. ACTIVIDADES PARA REALIZAR

- Recopilación de información acerca de intersecciones a desnivel.
- Recopilación de conteos de tránsito de la intersección de la Cra 27 con Cll 56.
- Simulación de tránsito por medio de los Software Shyncro 6 y SimTraffic de la Cra 27 con Cll 56 en el año 2020, proyección 2040, alternativa 1,2 y 3.
- Definición de capacidad y nivel de servicio de la Cra 27 con Cll 56 en el año 2020, proyección 2040, alternativa 1,2 y 3.
- Elaboración de los diseños geométricos de las 3 alternativas por medio del Software Civil 3D.
- Análisis y conclusiones de la propuesta de diseño geométrico más viable.

7. ANÁLISIS DE TRÁNSITO RESPECTO A LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

Para la determinación de las características geométricas tales como: la nueva facilidad vial, la estructura del pavimento y su vida útil, es indispensable el cálculo del tránsito a futuro. Este cálculo se realiza mediante el estudio del tránsito normal, el tránsito atraído o desviado y el tránsito generado para finalmente realizar la proyección de los volúmenes aforados a razón de la tasa de crecimiento del parque automotor de la ciudad de Bucaramanga [1].

Adicional a esto es necesario ser claro con los tipos de tránsito, para esto se especificará cada uno.

7.1 Tránsito Normal

Se conoce como tránsito normal al aforado en la intersección, esto debido a que se produce en la zona de influencia como consecuencia de la evolución previsible de los parámetros característicos, coincidiendo con el originado por el crecimiento social y económico de la zona. [11]

7.2 Tránsito Atraído

Este tipo de tránsito no aplica para el presente proyecto ya que es el tipo de tránsito que procede de las vías circunvecinas o el que se produce de otros modos de transporte o de otras vías. [11]

7.3 Tránsito Generado

Este tipo de tránsito está constituido por aquellos viajes vehiculares diferentes a los del transporte público. Este se compone por tres categorías: tránsito inducido, tránsito convertido y tránsito trasladado, lo cual no aplica para este proyecto ya que no se espera ningún tipo de crecimiento urbanístico en la zona de estudio durante el periodo de diseño. [11]

7.4 Tasa de Crecimiento

Según la tasa de crecimiento del parque automotor en la ciudad de Bucaramanga se puede estimar la proyección de tránsito [1].

Año	Vehículos
2016	197855
2020	246837

Tabla 2. Datos del parque automotor-Bucaramanga. Fuente: Dirección de tránsito de Bucaramanga.

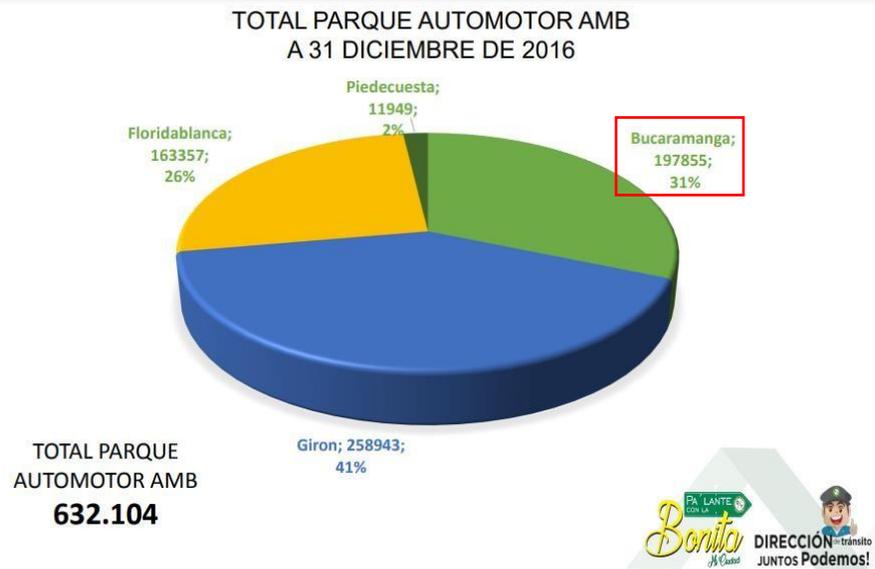


Ilustración 8. Total Parque Automotor AMB (31-12-16). Fuente: Dirección de Tránsito de Bucaramanga.

Teniendo en cuenta la ecuación de vehículo futuro es posible hallar la tasa de crecimiento. La cuál para este caso es de **5,7%**.

$$VehF = VehAct * (1 + TasaCrecimiento)^n$$

Ecuación 1. Ecuación para hallar tasa de crecimiento

7.5 Volumen total de tránsito futuro

Considerando los volúmenes de tránsito aforados en el año 2016 hasta la fecha, es posible realizar la proyección del tránsito para conocer los volúmenes vehiculares futuros. Para este caso se realiza una proyección igual a 20 años.

Adicional a esto, teniendo en cuenta los volúmenes de tránsito actuales, es posible realizar la proyección del tránsito que circulara en la intersección a desnivel una vez se realice su construcción, en el cual se estima un periodo de vida útil de 20 años.

Con base al análisis de los volúmenes de tránsito del año 2006 y 2016, la congestión presentada en la intersección carrera 27 con 56 se presenta en el intervalo de las 18:00-19:00 horas.

Proyección de tránsito Hora: 18:00-19:00									
MOVIM	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8
FHP	0.88	0.79	0.74	0.94	0.88	0.86	0.68	0.77	0.87
2006	483	588	62	3292	194	432	89	155	1996
2007	503	613	65	3428	202	450	93	162	2079
2008	523	638	68	3571	211	469	97	169	2165
2009	545	665	70	3719	219	488	101	176	2255
2010	568	692	73	3874	229	508	105	183	2349
2011	591	721	76	4035	238	529	110	190	2446
2012	616	751	80	4202	248	551	114	198	2548
2013	642	782	83	4377	258	574	119	207	2654
2014	668	815	86	4559	269	598	124	215	2764
2015	696	849	90	4748	280	623	129	224	2879
2016	725	884	94	4945	292	649	134	233	2999
2017	755	921	98	5151	304	676	140	243	3123
2018	786	959	102	5365	316	704	146	253	3253
2019	819	999	106	5588	330	733	152	264	3388
2020	853	1040	110	5820	343	764	158	275	3529
2021	889	1084	115	6062	358	795	165	286	3676
2022	925	1129	120	6313	372	828	172	298	3828
2023	964	1175	125	6576	388	863	179	310	3987
2024	1004	1224	130	6849	404	899	186	323	4153
2025	1046	1275	135	7133	421	936	194	337	4325
2026	1089	1328	141	7430	438	975	202	351	4505
2027	1134	1383	147	7738	457	1015	210	365	4692

Tabla 3. Proyección de tránsito. Año 2006. Fuente: Autor

Proyección de tránsito Hora: 18:00-19:00									
MOVIM	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8
FHP	0,89	0,80	0,89	0,82	1,04	0,88	0,77	0,77	0,76
					195			132	
2016	2579	2013	828	662	361	207	315	244	785
2017	2695	2103	865	692	377	216	329	255	820
2018	2816	2198	904	723	394	226	344	266	857
2019	2942	2296	945	755	411	236	359	278	896
2020	3074	2400	987	789	430	247	375	291	936
2021	3212	2507	1031	825	449	258	392	304	978
2022	3356	2620	1078	862	469	269	410	318	1022
2023	3507	2737	1126	900	490	281	428	332	1067
2024	3664	2860	1176	941	512	294	448	347	1115
2025	3829	2989	1229	983	535	307	468	362	1165
2026	4001	3123	1284	1027	559	321	489	379	1218
2027	4180	3263	1342	1073	584	336	511	396	1272
2028	4368	3409	1402	1121	611	351	534	413	1330
2029	4564	3562	1465	1172	638	366	557	432	1389
2030	4769	3722	1531	1224	667	383	582	451	1452
2031	4983	3889	1600	1279	697	400	609	472	1517
2032	5207	4064	1672	1336	728	418	636	493	1585
2033	5440	4246	1747	1396	761	437	664	515	1656
2034	5685	4437	1825	1459	795	456	694	538	1730
2035	5940	4636	1907	1525	830	477	725	562	1808
2036	6206	4844	1993	1593	868	498	758	587	1889

Tabla 4. Proyección de Tránsito. Año 2016. Fuente: Autor

Asimismo, se analiza la intersección bajo condición crítica, es decir la franja horaria donde se presentan los máximos volúmenes en una misma hora.

Proyección de tránsito Hora: Crítico									
MOVIM	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8
FHP	0,89	0,83	0,79	0,84	1,04	0,88	0,77	0,76	0,76
								134	
2016	2579	3495	828	842	361	207	315	248	785
2017	2695	3652	865	880	377	216	329	259	820
2018	2816	3816	904	919	394	226	344	271	857
2019	2942	3987	945	961	412	236	359	283	896
2020	3074	4166	987	1004	430	247	375	295	936
2021	3212	4353	1031	1049	450	258	392	309	978
2022	3356	4548	1078	1096	470	269	410	322	1022
2023	3507	4753	1126	1145	491	281	428	337	1067
2024	3664	4966	1176	1196	513	294	448	352	1115
2025	3829	5189	1229	1250	536	307	468	368	1165
2026	4001	5422	1284	1306	560	321	489	384	1218
2027	4180	5665	1342	1365	585	336	511	402	1272
2028	4368	5919	1402	1426	611	351	534	420	1330
2029	4564	6185	1465	1490	639	366	557	439	1389
2030	4769	6463	1531	1557	668	383	582	458	1452
2031	4983	6753	1600	1627	698	400	609	479	1517
2032	5207	7056	1672	1700	729	418	636	500	1585
2033	5440	7373	1747	1776	762	437	664	523	1656
2034	5685	7704	1825	1856	796	456	694	546	1730
2035	5940	8049	1907	1939	831	477	725	571	1808
2036	6206	8411	1993	2026	869	498	758	596	1889

Tabla 5. Proyección de tránsito en hora crítica. Fuente: Autor.

De igual forma, para este mismo estudio se analizarán las mismas condiciones simulando estos volúmenes sobre la intersección a desnivel.

Proyección de tránsito Hora: Crítico									
MOVIM	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8
FHP	0,89	0,83	0,79	0,84	1,04	0,88	0,77	0,77	0,76
	2579	3495	828	842	361	207	315	248	785
2020	3217	4360	1033	1050	450	258	393	309	979
2021	3400	4608	1092	1110	476	273	415	327	1035
2022	3594	4870	1154	1173	503	288	439	346	1094
2023	3798	5147	1219	1240	532	305	464	365	1156
2024	4014	5440	1289	1311	562	322	490	386	1222
2025	4242	5749	1362	1385	594	340	518	408	1291
2026	4483	6076	1439	1464	628	360	548	431	1365
2027	4738	6421	1521	1547	663	380	579	456	1442
2028	5008	6786	1608	1635	701	402	612	482	1524
2029	5292	7172	1699	1728	741	425	646	509	1611
2030	5593	7580	1796	1826	783	449	683	538	1703
2031	5911	8011	1898	1930	827	474	722	568	1799
2032	6247	8466	2006	2040	874	501	763	601	1902
2033	6603	8948	2120	2156	924	530	806	635	2010
2034	6978	9457	2240	2278	977	560	852	671	2124
2035	7375	9994	2368	2408	1032	592	901	709	2245
2036	7794	10562	2502	2545	1091	626	952	749	2372
2037	8237	11163	2645	2689	1153	661	1006	792	2507
2038	8706	11798	2795	2842	1219	699	1063	837	2650
2039	9201	12468	2954	3004	1288	738	1124	885	2800
2040	9724	13177	3122	3175	1361	780	1188	935	2960

Tabla 6. Proyección tránsito futuro en condición crítica. Fuente: Autor.

7.6 Simulación de Tráfico Software Shyncro 6

Con base a los datos obtenidos anteriormente gracias al conteo de vehículos que transitan por la vía a analizar, es posible hacer uso del software Shyncro 6 el cual nos da como resultado una aproximación del flujo vehicular teniendo en cuenta el volumen de vehículos.

Para este caso, se hace estudio del tránsito con respecto a los siguientes años: 2020, 2040 sin diseño de intersección a desnivel, 2040 con diseño 1, 2040 con diseño 2, 2040 con diseño 3.

Para dar inicio se tiene en cuenta el cambio que hay entre el año 2020 frente a un tránsito futuro para el año 2040. A continuación, las ilustraciones de lo producido.

7.6.1 Simulación de tránsito del año 2020 por medio de Shyncro 6



Ilustración 9. Simulación de tráfico en Shyncro 6. Fuente: Autor.

7.6.2 Simulación de tránsito futuro del año 2040 por medio de Shyncro 6



Ilustración 10. Simulación tránsito futuro 2040 por medio de Shyncro 6. Fuente: Autor.

Teniendo en cuenta lo anterior y las imágenes obtenidas por medio del simulador es necesario analizar los resultados y llevar a cabo una comparación de la información.

REPORTE DE TRÁFICO POR MEDIO DE SOFTWARE SHYNCRO				
2020 PRESENTE NODO 3	EBT	WBT	NBT	SBT
Factor de Hora Pico	0.92	0.92	0.92	0.92
Flujo de grupo de carril	1550	4608	5019	3774
Nivel de Servicio	F	F	F	F
Aproximación a Nivel de Servicio	F	F	F	F
Utilización de la Capacidad de Intersección	223,80%			
2040 SIN DISEÑO NODO 3	EBT	WBT	NBT	SBT
Factor de Hora Pico	0.92	0.92	0.92	0.92
Flujo de grupo de carril	4684	8925	15171	11406
Nivel de Servicio	F	F	F	F
Aproximación a Nivel de Servicio	F	F	F	F
Utilización de la Capacidad de Intersección	515,10%			

Tabla 7. Reporte de tráfico por medio de Software Shyncro 6. Fuente: Shyncro diseñada por el autor.

El nodo 3 refiere a la intersección de la Cra 27 con Cll 56, el cual es el punto de la vía a analizar. El reporte indica que, con la proyección del flujo de carros, tanto para el año 2020 como para el año 2040, la utilización de la capacidad de la intersección supera el 100% denotando así que la capacidad ya sobrepasó el límite. Además de esto, es claro que actualmente la intersección se encuentra en un nivel de servicio F siendo este la absoluta congestión de la vía.

7.6.3 Primera alternativa en simulación SimTraffic.

Para la elaboración de la primera alternativa de solución a fin de la intersección en estudio se desarrolla una intersección a desnivel con un deprimido de 6 metros de la calle 56 con respecto a la Cra 27, teniendo en cuenta que la distribución de esta medida está de 5 metros para el gálibo y 1 metro de superestructura.



Ilustración 11. Simulación de tráfico en SimTraffic. Primera alternativa. Fuente: Autor.

7.6.4 Segunda alternativa en simulación SimTraffic.

Como segunda opción de alternativa se desarrolla una intersección a desnivel en altura de 6 metros de la calle 56 con respecto a la Cra 27, teniendo en cuenta que la distribución de esta medida está de 5 metros para el gálibo y 1 metro de superestructura.

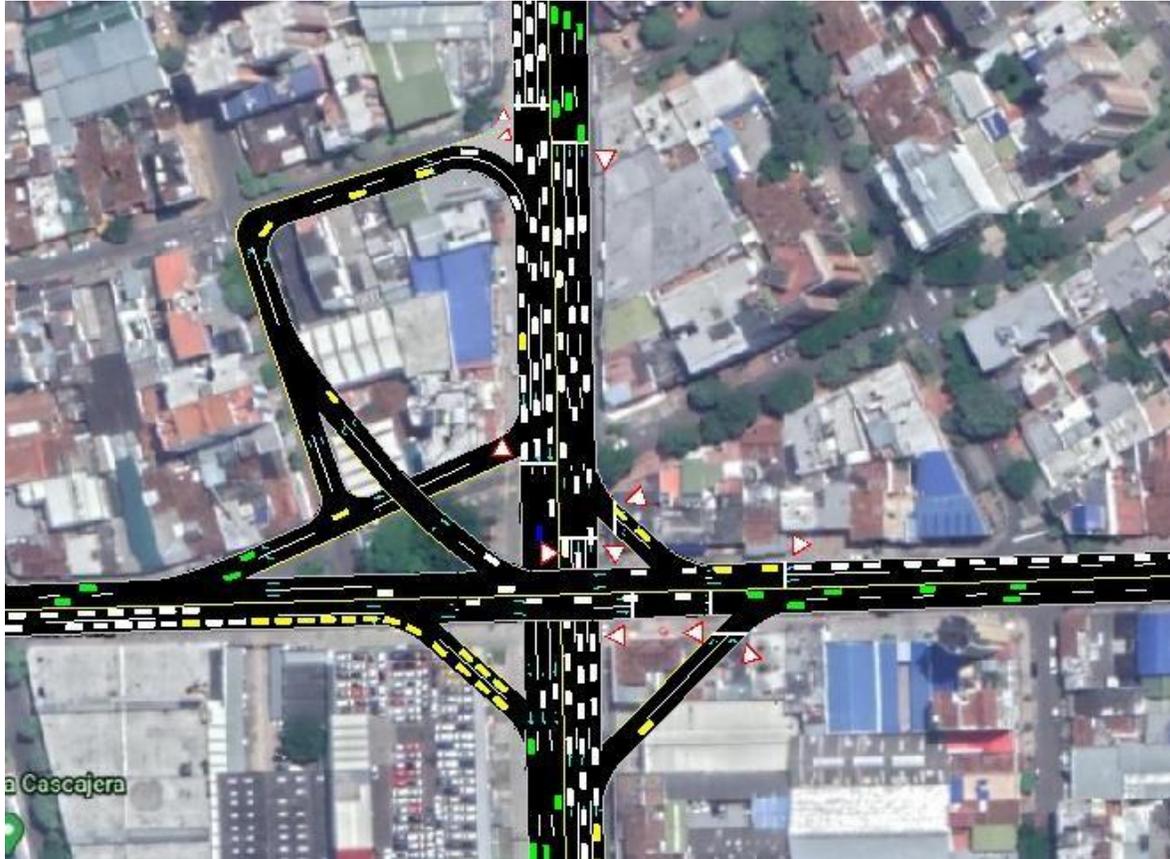


Ilustración 12. Simulación de tráfico en SimTraffic. Segunda alternativa. Fuente: Autor.

7.6.5 Tercera alternativa en simulación SimTraffic.

Para la tercera y última opción de simulación se elaboró una oreja para el giro 8, empalmando con la Cra 27.

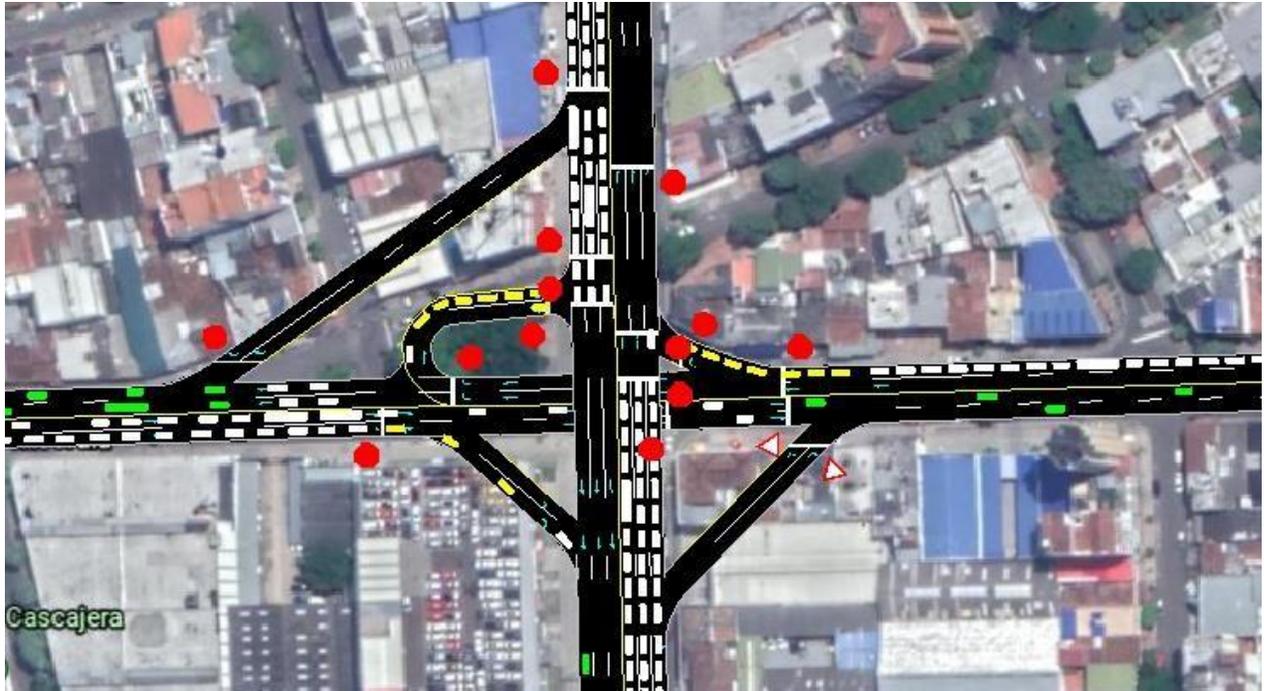


Ilustración 13. Simulación de tráfico en SimTraffic. Tercera alternativa. Fuente: Autor.

7.7 Clasificación del Nivel de Servicio

Debido a que no fue posible por medio del uso de Software Shyncro 6 obtener la clasificación del nivel de servicio tanto para el tráfico vehicular del año 2020 como para el del 2040, se opta por determinar esa información de acuerdo con las recomendaciones del manual de capacidad vial. [12]

Antes que nada, es importante tener como base cada una de las clasificaciones del nivel de servicio para continuar con el procedimiento y así establecer una categoría.

Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo libre de vehículos, bajo volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación.
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito.
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para selección
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos
F	Flujo forzado, condiciones de "pare y siga", congestión de tránsito

Ilustración 14. Descripción nivel de servicio. Fuente: Manual INVIAS.

El debido procedimiento para establecer el nivel de servicio va de la mano de obtención de datos por medio de tablas en las cuales se determina:

- El porcentaje mínimo de la longitud con distancia de visibilidad de adelantamiento con respecto a la velocidad de diseño del tramo homogéneo.
- El factor de distribución direccional de tránsito respecto a la separación direccional en porcentaje
- La relación v/c teniendo en cuenta el tipo de terreno y la restricción de paso
- Nivel de servicio respecto al ancho de la berma y el ancho del carril
- Nivel de servicio respecto al tipo de vehículo y al tipo de terreno

7.7.1 Nivel de Servicio y Capacidad Vial del año 2020

Teniendo en cuenta la información de la vía se tabulan los siguientes datos:

Características de la vía	MOVIMIENTO			
	1	2	3	4
Terreno	Plano			
Velocidad Proyecto (Km/h)	60	60	40	40
Ancho de Carril (m)	3.5	3.5	3.5	3.5
Ancho de Berma (m)	0	0	0	0
Restricción de adelantamiento (%)	20	20	20	20

Características del Tráfico	MOVIMIENTO			
	1	2	3	4
VThp	4647	4618	1426	1360
Fph	0.89	0.83	0.79	0.84
Distribución Direccional	50/50	50/50	50/50	50/50
% Camiones	0.018	0.021	0.015	0.005
%Buses	0.002	0.004	0.057	0.047
%Automovil	0.338	0.356	0.242	0.227

Tabla 8. Características de la vía y el tráfico del año 2020. Fuente: Autor.

Con los datos anteriormente suministrados, se realizan siete pasos que determinan el nivel de servicio que se tiene de cada movimiento y como se muestra a continuación los dos movimientos que hacen referencia al paso vehicular de la Cra 27 se encuentran completamente colapsados, ya que tienen un flujo congestionado con condición de “pare y siga”. Respecto a los otros dos movimientos que hacen alusión al flujo vehicular de la Cll 56 su estado es un poco mejor, lo cual no indica que esté en condiciones óptimas, pero aun así no esta en colapso ya que se presentan pequeños embotellamientos y su flujo se cataloga como inestable.

1. Volúmenes de tráfico ideales para cada nivel de servicio						
		VE = VThp/Fph				
		1	2	3	4	
	VE=	5221	5564	1805	1619	Veh/h

2. Nivel de servicio (v/c) para carretera de dos carriles		
		20%
	A	0.12
	B	0.24
	C	0.39
	D	0.62
	E	1

3. Factor de distribución direccional del tránsito		
		*En relación al porcentaje de adelantamiento
		*Es el mismo valor para todos los movimientos ya que tienen la misma distribución direccional
Fd=	1	

4. Factor para anchos de carril y berma						
		1	2	3	4	
FW=	A	0.675	0.675	0.675	0.675	*Para hallar los valores se realizó una interpolación
	B	0.675	0.675	0.675	0.675	
	C	0.675	0.675	0.675	0.675	
	D	0.675	0.675	0.675	0.675	
	E	0.85	0.85	0.85	0.85	

5. Factor Vehículo pesado para cada nivel						
	Camiones, Et	A	2			
		B-C	2.2			
		D-E	2			
	Buses, Eb	A	1.8			
		B-C	2			
		D-E	1.6			
	Automoviles, Er	A	2.2			
		B-C	2.5			
		D-E	1.6			
		1	2	3	4	
Fhv	A	0.701655908	0.68898994	0.74019245	0.760456274	
	B	0.65333856	0.63971341	0.695410292	0.71761751	
	C	0.65333856	0.63971341	0.695410292	0.71761751	
	D	0.818330606	0.80840744	0.837240455	0.855139388	
	E	0.818330606	0.80840744	0.837240455	0.855139388	

6. Volumen de servicio						
		1	2	3	4	
Sfi (Veh/h)	A	159	156	168	172	
	B	296	290	315	326	
	C	482	472	513	529	
	D	959	947	981	1002	
	E	1948	1924	1993	2035	

7. Nivel de Servicio						
		1	2	3	4	
	VE	5221	5564	1805	1619	
	NS	F	F	E-	E-	

Tabla 9. Nivel de Servicio año 2020. Fuente: Autor.

Respecto a la capacidad vial mostrada en la Tabla 10, sus resultados son muy inferiores con el nivel de servicio al que se encuentra la vía ya que al definir la capacidad ideal de cada movimiento se concuerda con lo saturada que están y es por esto su clasificación tan baja.

CAPACIDAD VIAL SEGÚN EL MANUAL INVIAS					
	1	2	3	4	
% Pendiente Asc	2.3	2.3	3	3	
Long Pendiente (m)	400	400	400	400	
Distribución A/D	50/50	50/50	50/50	50/50	
% Zona no rebase	20	20	20	20	
Ancho berma (m)	0	0	0	0	
Ancho Carril (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	
% Veh pesados	0.018	0.021	0.015	0.005	
$C60=3200 * Fpe * Fd * Fcb * Fp$					
	1	2	3	4	
Fpe	1	1	0.79	0.79	
Fd	1	1	1	1	
Fcb	0.96	0.96	0.96	0.96	
Fp	0.94	0.94	0.94	0.94	
C60	2888	2888	2281	2281	Veh/h ambos sentidos

Tabla 10. Capacidad vial año 2020. Fuente: Autor.

Para determinar la capacidad en vehículos de la vía fue necesario escoger los valores del factor de corrección a la capacidad por pendiente (Fpe), factor de corrección a la capacidad por distribución por sentidos (Fd), factor de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (Fcb) y finalmente el factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (Fp) con la ayuda de tablas estipuladas en el manual de INVIAS.

7.7.2 Nivel de Servicio y Capacidad Vial del año 2040

Tal como en el año 2020 se da inicio con la tabulación de la información pertinente a la vía en el año 2040.

Tabla 11. Características de la vía y el tráfico del año 2040. Primera alternativa. Fuente: Autor

En este caso se analiza cómo se presentará el flujo vehicular para el año 2040 con el ajuste del diseño vial 1, para dar una solución vial al colapso que se presenta actualmente.

1. Volúmenes de tráfico ideales para cada nivel de servicio											
	VE= VThp/Fph										
	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8		
VE=	10926	15876	3952	3780	1309	886	1543	1214	3895	Veh/h	
2. Nivel de servicio (v/c) para carretera de dos carriles											
	20%										
			A	0.12	*En relación al porcentaje de						
			B	0.24							
			C	0.39							
			D	0.62							
			E	1							
3. Factor de distribución direccional del tránsito											
	Fd=										
				1	*Es el mismo valor para todos los movimientos ya que tienen la misma distribución direccional						
4. Factor para anchos de carril y berma											
	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8		
FW=	A	0.675	0.675	0.675	0.675	0.565	0.565	0.565	0.565	0.675	*Para hallar los valores se realizó una interpolación
	B	0.675	0.675	0.675	0.675	0.565	0.565	0.565	0.565	0.675	
	C	0.675	0.675	0.675	0.675	0.565	0.565	0.565	0.565	0.675	
	D	0.675	0.675	0.675	0.675	0.565	0.565	0.565	0.565	0.675	
	E	0.85	0.85	0.85	0.85	0.735	0.735	0.735	0.735	0.85	
5. Factor Vehículo pesado para cada nivel											
	Camiones, Et		A	2							
			B-C	2.2							
			D-E	2							
	Buses, Eb		A	1.8							
			B-C	2							
			D-E	1.6							
	Automoviles, Er		A	2.2							
			B-C	2.5							
			D-E	1.6							
	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8		
Fhv	A	0.70166	0.689	0.74019245	0.7605	0.769	0.65781	0.637	0.7692	0.5848	
	B	0.65334	0.6397	0.695410292	0.7176	0.727	0.60624	0.584	0.7273	0.5301	
	C	0.65334	0.6397	0.695410292	0.7176	0.727	0.60624	0.584	0.7273	0.5301	
	D	0.81833	0.8084	0.837240455	0.8551	0.87	0.78149	0.763	0.8696	0.7311	
	E	0.81833	0.8084	0.837240455	0.8551	0.87	0.78149	0.763	0.8696	0.7311	
6. Volumen de servicio											
	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8		
Sfi (Veh/h)	A	159	156	168	172	146	125	121	146	133	
	B	296	290	315	326	276	230	222	276	240	
	C	482	472	513	529	449	374	361	449	391	
	D	959	947	981	1002	853	767	748	853	857	
	E	1948	1924	1993	2035	1790	1608	1570	1790	1740	
7. Nivel de Servicio											
	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8		
VE	10926	15876	3952	3780	1309	886	1543	1214	3895		
NS	F	F	F	F	E-	D+	E-	D+	F		

Tabla 12. Nivel de servicio año 2040. Primera Alternativa. Fuente: Autor.

Como se observa al momento de determinar el nivel de servicio de cada movimiento, aún hay vías que presentan congestión vehicular, ya que el flujo de vehículos supera el volumen de servicio de la vía como se observa en la Tabla 12. De igual forma se muestra como cuatro movimientos logran descongestionar en gran parte los carriles principales y dan como respuesta un nivel de servicio más estable, como lo indica la capacidad vial en la Tabla 13.

CAPACIDAD VIAL SEGÚN EL MANUAL DE INVIAS									
	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8
% Pendiente Asc	2.4	2.6	4.6	4.6	6.1	3.2	3.9	3.6	8.6
Long Pendiente (m)	400	400	425	425	113.3	95.5	119	132	77.2
Distribución A/D	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50
% Zona no rebase	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Ancho berma (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ancho Carril (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3	3	3	3	3.5
% Veh pesados	0.018	0.021	0.015	0.005	0	0.015	0.025	0	0.024
$C60=3200 * Fpe * Fd * Fcb * Fp$									
	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8
Fpe	0.99	0.99	0.99	0.99	0.97	0.99	0.99	0.99	0.96
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fcb	0.96	0.96	0.96	0.96	0.92	0.92	0.92	0.92	0.96
Fp	0.94	0.94	0.93	0.93	0.9	0.94	0.94	0.94	0.87
C60	2859	2859	2828	2828	2570	2740	2740	2740	2566 Veh/h ambos sentidos

Tabla 13. Capacidad vial año 2040. Primera Alternativa. Fuente: Autor.

Para los diseños geométricos 2 y 3, las características de la vía y el terreno son las mismas que en la primera alternativa, con lo cual el nivel de servicio es el mismo en los tres casos. La variación entre estos es el valor de la capacidad vial, tal como se muestra en las Tablas 14 y 15.

CAPACIDAD VIAL SEGÚN EL MANUAL DE INVIAS									
	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8
% Pendiente Asc	2.2	2.3	3.85	3.9	4	3.6	2.6	4.56	5.88
Long Pendiente (m)	400	400	425	425	113.28	95.5	119	132	77.2
Distribución A/D	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/50
% Zona no rebase	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Ancho berma (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ancho Carril (m)	3.5	3.5	3.5	3.5	3	3	3	3	3.5
% Veh pesados	0.018	0.021	0.015	0.005	0	0.015	0.025	0	0.024
$C60=3200 * Fpe * Fd * Fcb * Fp$									
	1	2	3	4	9(1)	9(2)	9(3)	9(4)	8
Fpe	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.98	0.98
Fd	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fcb	0.96	0.96	0.96	0.96	0.92	0.92	0.92	0.92	0.96
Fp	0.94	0.94	0.94	0.94	0.93	0.94	0.94	0.93	0.92
C60	2859	2859	2830	2830	2683	2712	2740	2683	2770 Veh/h ambos sentidos

Tabla 14. Capacidad vial año 2040. Segunda Alternativa. Fuente: Autor.

Tabla 15. Capacidad vial año 2040. Tercera Alternativa. Fuente: Autor.

En razón a que la variación en la capacidad de la vía no genera una diferencia clara para llegar a ser comparativa entre los tres casos, se procede a realizar un análisis aproximado de factibilidad en el cual se estudia la relación costo/beneficio.

Para realizar el presupuesto aproximado de cada alternativa se hizo uso de la información suministrada por el documento “EVALUACIÓN PRESUPUESTAL PARA DOS TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES DE PUENTES EN CONCRETO EN CUNDINAMARCA” [13] y el presupuesto de construcción de la “CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE INTERSECCIÓN CON PASO A DESNIVEL DEPRIMIDO PARA EL INTERCAMBIADOR DE TRÁFICO DE LA CARRERA 27 CON CALLE 56 EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA” [14].

Para cubicar el corte y relleno de los diseños 1 y 3, se realizó los cortes transversales de las vías para así hallar el volumen total. (Ver anexo 10,11,12).

Analizando cada uno de los presupuestos de obra, se evidencia que el diseño 1 tiene el menor costo aproximado de construcción, tal como lo muestran las siguientes tablas.

PRESUPUESTO APROXIMADO DISEÑO GEOMÉTRICO 1			
DESCRIPCIÓN		VALOR TOTAL	
DEMOLICIÓN		\$ 425,700,000	
SUPERESTRUCTURA LUZ 16 m		\$ 535,000,000	
MURO DE CONTECIÓN		\$ 1,704,000,000	
PANTALLA ANCLADA		\$ 16,600,000	
		TOTAL PARCIAL	\$ 2,681,300,000
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES	VALOR UNITARIO
MOVIMIENTO DE TIERRAS	18128	m3	\$ 19,000
COSTO PREDIOS	750	m2	\$ 1,900,000
		TOTAL PARCIAL	\$ 1,769,432,000
		TOTAL	\$ 4,450,732,000

Tabla 16. Presupuesto aproximado Diseño 1. Fuente: Autor

PRESUPUESTO APROXIMADO DISEÑO GEOMÉTRICO 2			
DESCRIPCIÓN		VALOR TOTAL	
PRELIMINARES		\$ 228,620,000	
MOVIMIENTO DE TIERRAS		\$ 208,350,000	
CONCRETOS DE INFRAESTRUCTURA		\$ 901,500,000	
ACERO DE REFUERZO DE INFRAESTRUCTURA		\$ 935,560,000	
CONCRETOS DE SUPERESTRUCTURA		\$ 1,096,000,000	
ACERO DE REFUERZO DE SUPERESTRUCTURA		\$ 2,515,000,000	
OTROS INTEGRANTES DEL PUENTE		\$ 827,000,000	
OTROS ACABADOS DEL PUENTES		\$ 89,000,000	
		TOTAL PARCIAL	\$ 6,801,030,000
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES	VALOR UNITARIO
COSTO PREDIOS	750	m2	\$ 1,900,000
		TOTAL PARCIAL	\$ 1,425,000,000
		TOTAL	\$ 8,226,030,000

Tabla 17. Presupuesto aproximado Diseño 2. Fuente: Autor.

PRESUPUESTO APROXIMADO DISEÑO GEOMÉTRICO 3			
DESCRIPCIÓN		VALOR TOTAL	
DEMOLICIÓN		\$ 425,700,000	
SUPERESTRUCTURA LUZ 16 m		\$ 535,000,000	
MURO DE CONTECIÓN		\$ 1,704,000,000	
PANTALLA ANCLADA		\$ 16,600,000	
		TOTAL PARCIAL	\$ 2,681,300,000
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES	VALOR UNITARIO
MOVIMIENTO DE TIERRAS	18128	m3	\$ 19,000
COSTO PREDIOS	2640	m2	\$ 1,900,000
		TOTAL PARCIAL	\$ 5,360,432,000
		TOTAL	\$ 8,041,732,000

Tabla 18. Presupuesto aproximado Diseño 3. Fuente: Autor.

8. DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIÓN A DESNIVEL

Para los diseños geométricos de las intersecciones a desnivel de la Cra 27 con Cll 56 se hizo uso del Software Civil 3D, debido a que contiene funciones integradas en las que se facilita el dibujo, la documentación de construcción y el diseño.

Se inicia generando la topografía del terreno, con lo cual es necesario una nube de puntos (Ilustración 15) por medio de una hoja de Excel en un archivo delimitado por comas para importar en el Software. Esta se obtiene recreando las secciones transversales de la intersección en la actualidad, tomando las coordenadas reales (longitud, latitud y cotas) de miles de puntos para así crear la superficie del terreno.

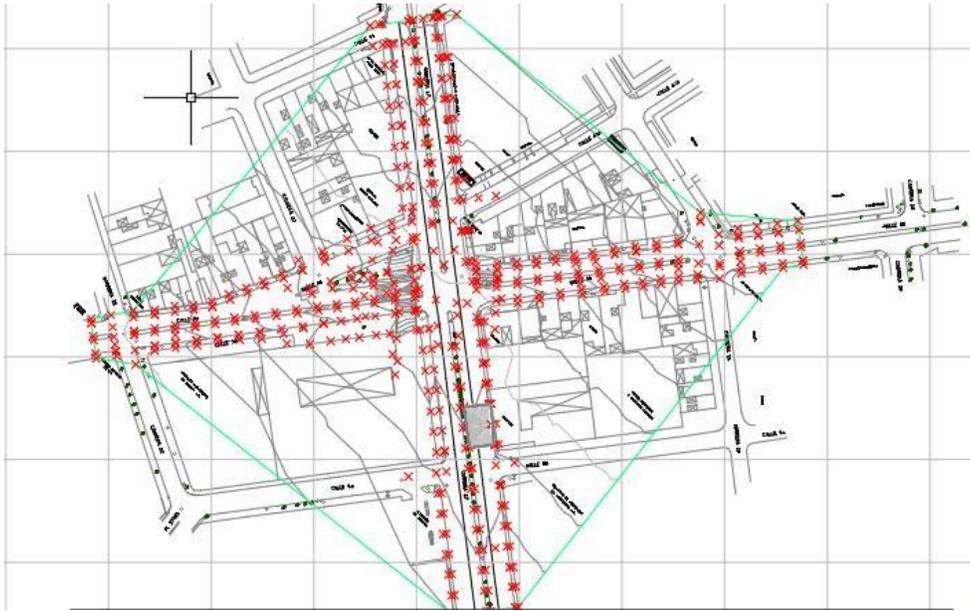


Ilustración 15. Nube de puntos en software Civil 3D. Fuente: Autor

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto se deben tener en cuenta las normas del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras y la tabla 10.67 de la AASHTO.

Teniendo la planimetría de la zona con coordenadas reales es posible iniciar el diseño en planta, considerando como prioridad evitar la compra de algunos de los predios más costosos del sector, como lo son: Central Motor y el Edificio Torre de los Reyes. Con esto, generamos los alineamientos que se necesitan para la intersección. Seguido, se generan los perfiles para cada alineamiento con su respectivo peraltado y se diseñan para empalmar perfil-peraltado con todos los alineamientos.

Es necesario tener en cuenta en el diseño de perfil el cumplimiento de altura mínima entre la intersección a desnivel con el gálibo (5 m) y la superestructura (1 m). Además de esto, el porcentaje de pendiente máxima para la velocidad de diseño de 40 km/h de la calle 56 es del 10%.

Después de esto se generan las secciones transversales dependiendo de la necesidad de la vía con respecto al diseño, ya que estas conllevarán andenes, muros de contención, columnas para puentes, estribos, etc. Siempre predominando el bombeo de -2%.

Con el alineamiento ya terminado se crean los bordes de vía para cada uno de ellos y finalmente se generan los corredores viales para cada lineamiento con su correspondiente perfil, peraltado, sección transversal, y así obtener el diseño geométrico más factible.

Los parámetros generales de los diseños son:

- **Altura de superestructura:** H_s

$$H_s = Luz_{puente} / 16$$

$$Luz_{puente} = (7[Ancho\ calzada] * 2[Numero\ de\ carriles]) + 2[Ancho\ de\ separador]$$

$$Luz\ puente = 16$$

$$H_s = 16 / 16$$

$$H_s = 1$$

- **Gálibo** = 5 m (7.1.1) Invias
- **Peralte máximo** = 6%
- **Tabla informativa de movimientos:**

	Vía	Sentido
Mov 1	Cra 27	N-S
Mov 2	Cra 27	S-N
Mov 3	CII 56	W-E
Mov 4	CII 56	E-W
Mov 9(1)	Paralela CII 56	S-N a E-W
Mov 9(2)	Paralela CII 56	N-S a W-E
Mov 9(3)	Paralela CII 56	W-E a N-S
Mov 9(4)	Paralela CII 56	E-W a S-N
Mov 8	Desvio CII 56	E-W a N-S

Tabla 19. Información de sentidos de movimientos. Fuente: Autor

8.1 Primera alternativa de diseño geométrico.

En la ilustración 16 se observa el Diseño geométrico 1 en vista 3D, con un deprimido en la Cll 56 empalmando con las paralelas de acceso y salida, de igual forma se visualiza la salida del movimiento 8 (Giro hacia la izquierda de la Cll 56 sentido Este-Oeste) en deprimido para acceder al movimiento 8-9-1, ya que este conecta con el movimiento 1 (Cra 27 sentido Norte-Sur).

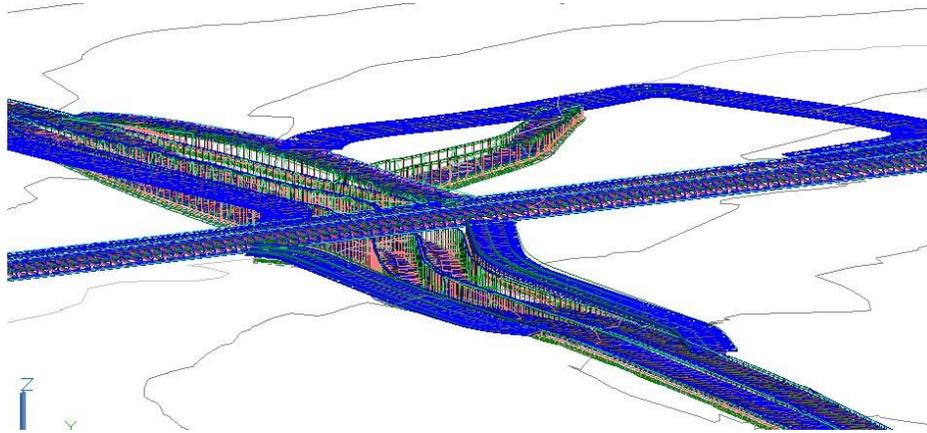


Ilustración 16. Vista 3D. Diseño geométrico 1. Fuente: Autor.

8.1.1 Diseño Planta

En la Ilustración 17 se visualiza el diseño geométrico en planta, en el cual se puede observar el carril de aceleración hacia la Cra 27, los empalmes de las paralelas, y todas las curvas horizontales cumpliendo con las normas de radio mínimo.



Ilustración 17. Vista en planta. Diseño geométrico 1. Fuente: Autor.

En la Tabla 20 se evidencian los parámetros que se utilizaron para el diseño geométrico en planta y las tablas de las normas de las cuales fueron tomados los datos de dichos parámetros. (Ver anexo 9,6,1,7).

Tabla 20. Parámetros de diseño planta para el diseño geométrico 1. Fuente: Autor

8.1.2 Diseño Perfil y Sección Transversal

En el diseño geométrico de perfil y sección transversal se toma como normas el cumplimiento de la pendiente máxima en tangente vertical, para cada velocidad de diseño se diferencian dichas pendientes. También varía en la k , ya que es la constante de seguridad para la visibilidad de parada, y por último está el peraltado para las secciones transversales del diseño. Algo para resaltar del perfil, es el aumento de 1 m en cota del tramo de la Cra 27 sentido Sur-Norte para hacer cumplir con la altura mínima del puente en la intersección con la Cll 56.

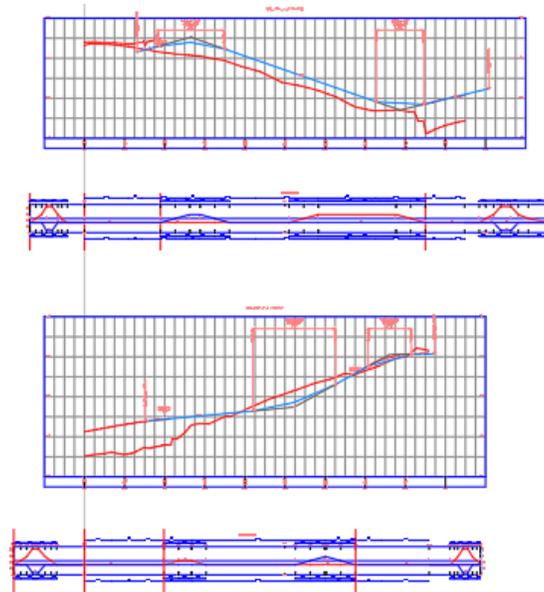


Ilustración 18. Perfiles 9-4 y 9-2 de Diseño geométrico 1. Fuente: Autor.

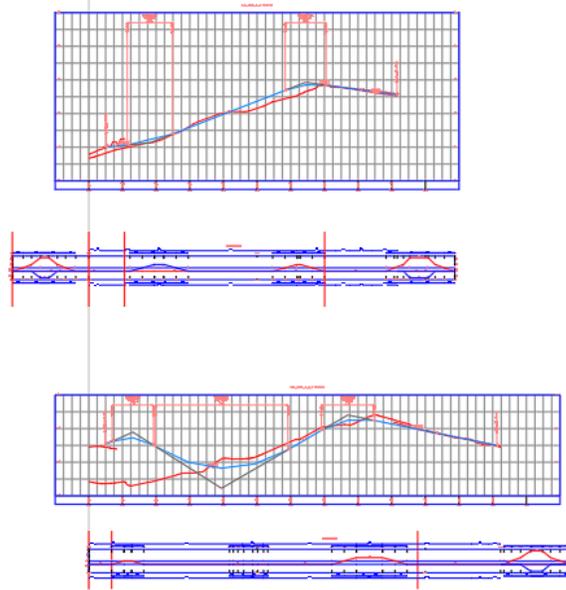


Ilustración 19. Perfil 9-3 y 8-9-1 de Diseño geométrico 1. Fuente: Autor.

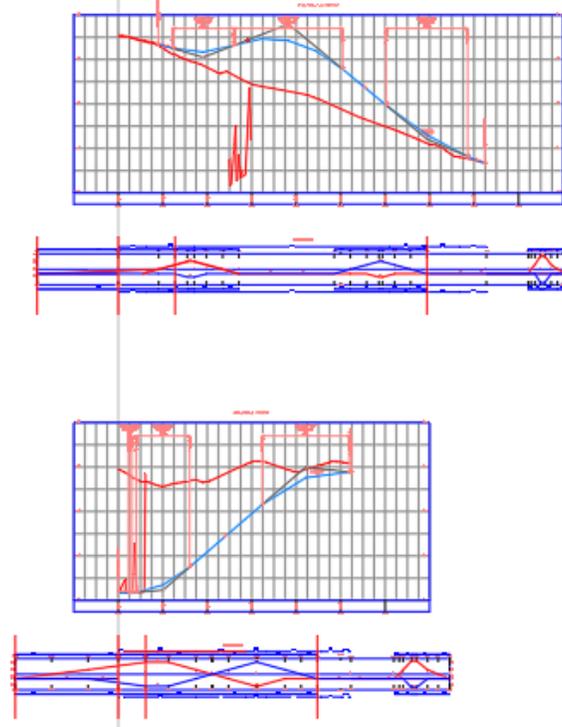


Ilustración 20. Perfil 9-1 y 8 de Diseño geométrico 1. Fuente: Autor

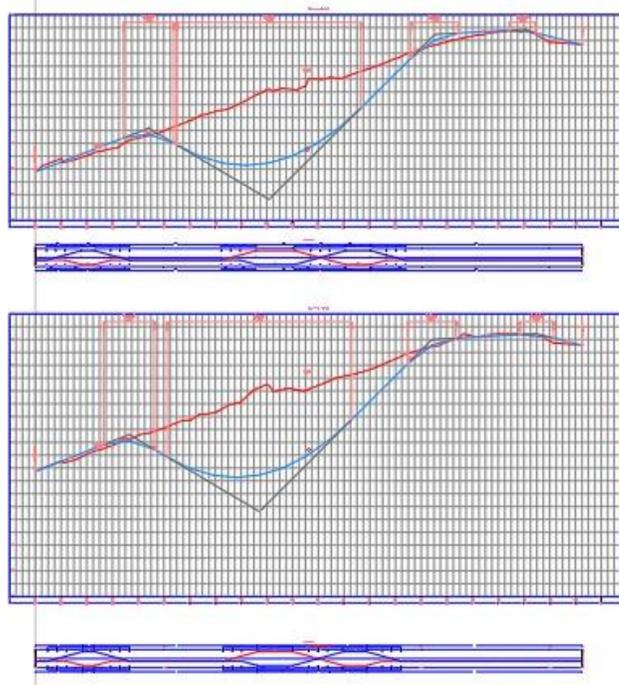


Ilustración 21. Perfil 4 y 3 de Diseño geométrico 1. Fuente: Autor.

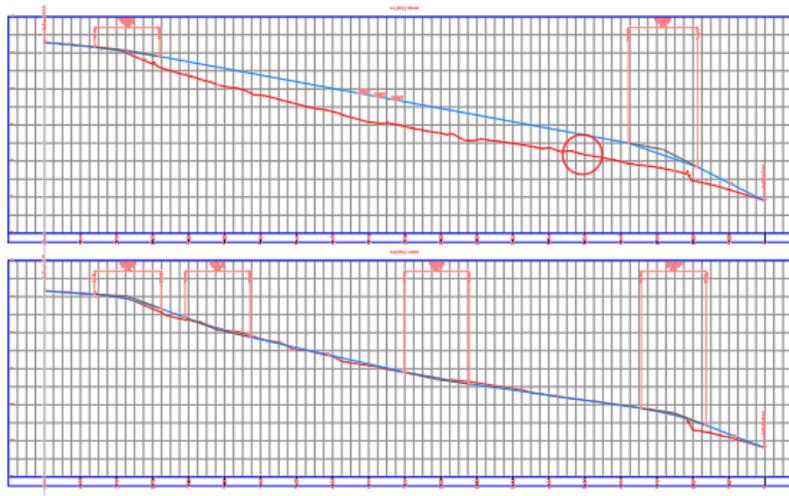


Ilustración 22. Perfil 2 y 1 de Diseño geométrico 1. Fuente: Autor.

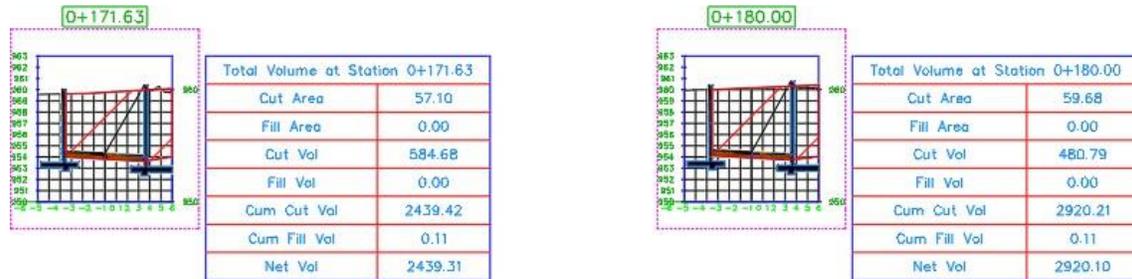


Ilustración 23. Secciones Transversales de Diseño geométrico 1, Cll 56 movimiento 4 abscisa k0+171.63 y k0+180.
Fuente: Autor

En la Tabla 21 se evidencian los parámetros que se utilizaron para el diseño geométrico en Perfil y Sección transversal, así como las tablas de las normas de las cuales fueron tomados los datos de dichos parámetros. (Ver anexo 9,2,3,4,5).

Tabla 21. parámetros de diseño perfil y sección transversal para el diseño geométrico 1. Fuente: Autor

8.2 Segunda alternativa de diseño geométrico.

En la ilustración 24 se observa el Diseño geométrico 2 en vista 3D, con una intersección a desnivel en altura en la Cll 56 empalmando con las paralelas de acceso y salida, de igual forma se visualiza la salida del movimiento 8 (Giro hacia la izquierda de la Cll 56 sentido Este-Oeste) en altura para acceder al movimiento 8-9-1, ya que este conecta con el movimiento 1 (Cra 27 sentido Norte-Sur).

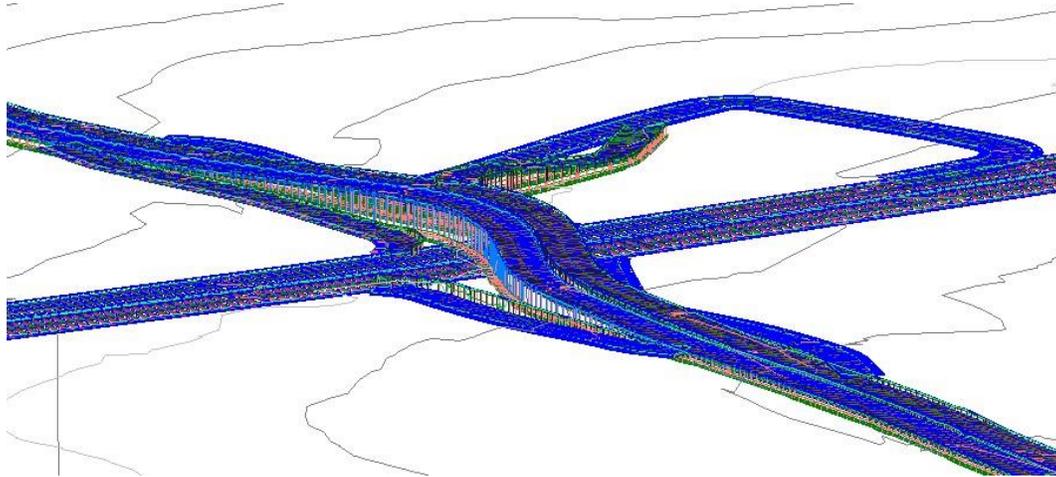


Ilustración 24. Vista 3D. Diseño geométrico 2. Fuente: Autor.

8.2.1 Diseño Planta

En la Ilustración 25 se visualiza el diseño geométrico en planta, donde se observa el carril de aceleración hacia la Cra 27, los empalmes de las paralelas, y todas las curvas horizontales, y todas las curvas horizontales cumpliendo con las normas de radio mínimo.



Ilustración 25. Vista en planta. Diseño geométrico 2. Fuente: Autor.

En la Tabla 22 se evidencian los parámetros que se utilizaron para el diseño geométrico en planta y las tablas de las normas de las cuales fueron tomados los datos de dichos parámetros. (Ver anexo 9,6,1,7).

Tabla 22. parámetros de diseño planta para el diseño geométrico 2. Fuente: Autor

8.2.2 Diseño Perfil y Sección Transversal

En el diseño geométrico de perfil y sección transversal se toma como normas el cumplimiento de la pendiente máxima en tangente vertical, para cada velocidad de diseño se diferencian dichas pendientes. También varía en la k , ya que es la constante de seguridad para la visibilidad de parada, y por último está el peraltado para las secciones transversales del diseño. Cabe destacar que para este diseño se tuvo que disminuir la cota en 1 m del tramo de la Cra 27 en ambos sentidos, para hacer cumplir con las normas del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

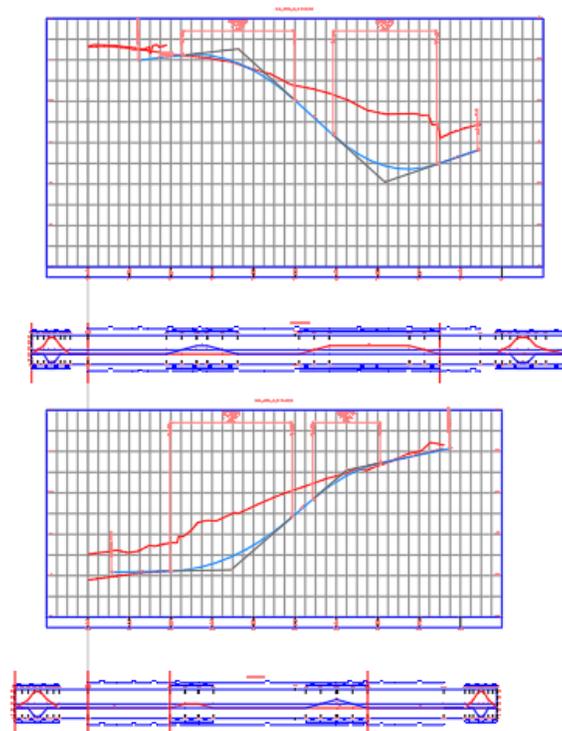


Ilustración 26. Perfil 9-4 y 9-2 de Diseño geométrico 2. Fuente: Autor.

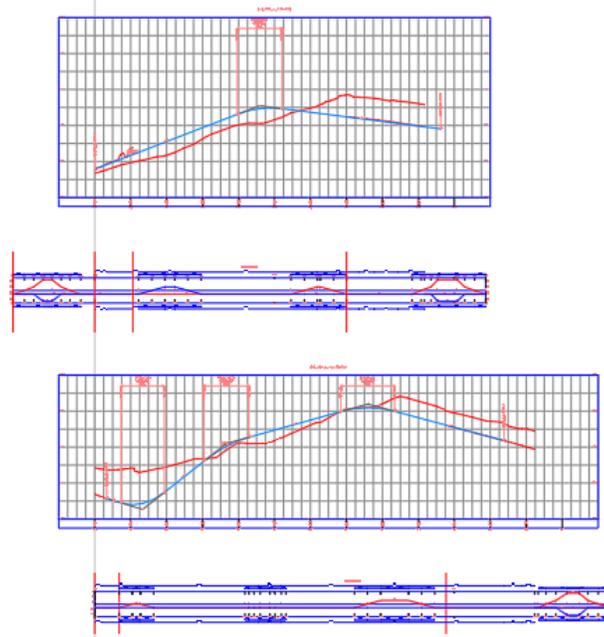


Ilustración 27. Perfil 9-3 y 8-9-1 de Diseño geométrico 2. Fuente: Autor.

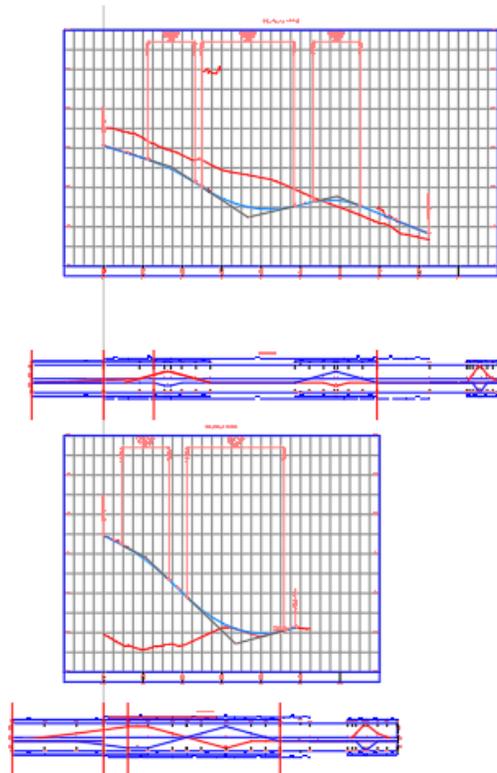


Ilustración 28. Perfil 9-1 y 8 de Diseño geométrico 2. Fuente: Autor.

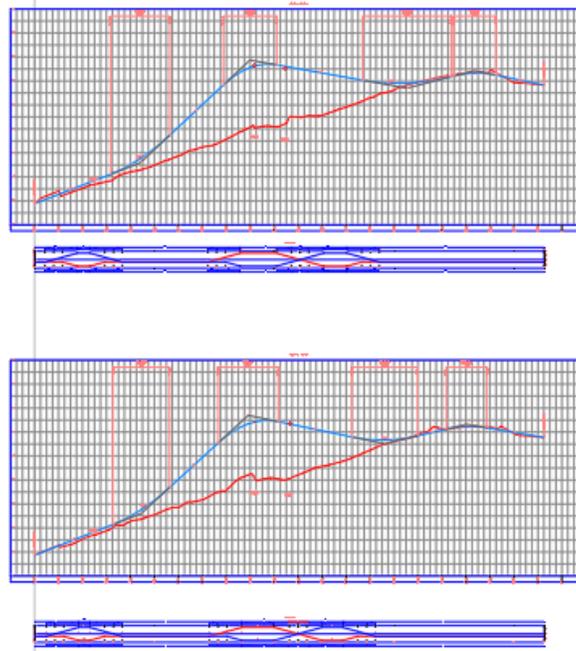


Ilustración 29. Perfil 4 y 3 de Diseño geométrico 2. Fuente: Autor.

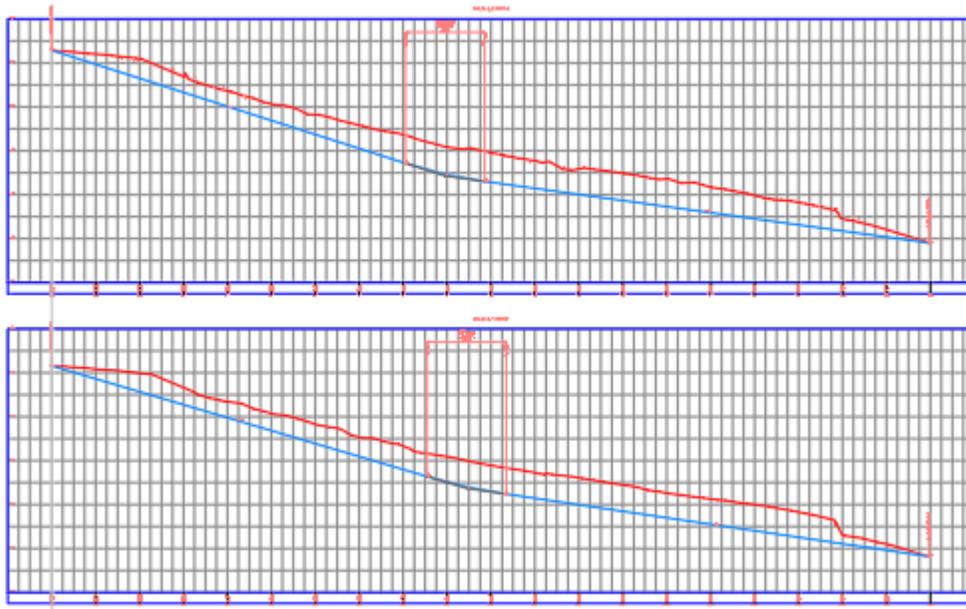


Ilustración 30. Perfil 2 y 1 de Diseño geométrico 2. Fuente: Autor.

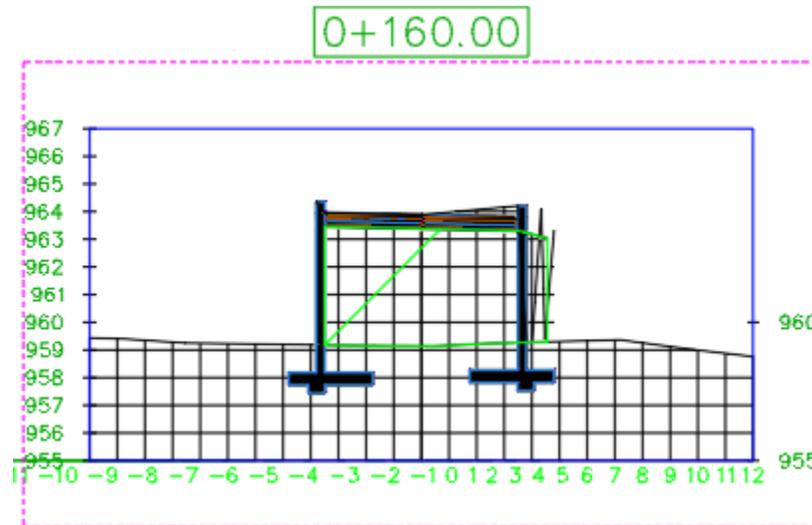


Ilustración 31. Secciones Transversales de Diseño geométrico 2, Cll 56 Movimiento 4 Puente abscisa $k0+160$. Fuente: Autor

En la Tabla 23 se evidencian los parámetros que se utilizaron para el diseño geométrico en Perfil y Sección transversal, así como las tablas de las normas de las cuales fueron tomados los datos de dichos parámetros. (Ver anexo 9,2,3,4,5).

PARAMETROS DE DISEÑO PERFIL Y SECCION TRANSVERSAL PARA EL DISEÑO GEOMETRICO 2											
	Mov 1	Mov 2	Mov 3	Mov 4	Mov 9(1)	Mov 9(2)	Mov 9(3)	Mov 9(4)	Mov 8	INVIAS	AASHTO
Ve (km/h)	60	60	40	40	30	30	30	30	30	Tabla 6.6	
e max diseño (%)	6	6	5.4	5.4	3.5	2	2	2	5.4	Tabla 3.5	
Pendiente relativa (%)	0.6	0.6	0.96	0.96	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	Tabla 3.6	
Lv min (m)	36	36	24	24	20	20	20	20	20	Tabla 4.4	
k min (Convexa)	11	11	4	4	2	2	2	2	2	Tabla 4.4	
k min (Concava)	18	18	9	9	6	6	6	6	6	Tabla 4.4	
Pendiente max tangente vertical (%)	12	12	10	10	8	8	8	8	8	Tabla 4.2	

Tabla 23. Parámetros de diseño perfil y sección transversal para el diseño geométrico 2. Fuente: Autor

8.3 Tercera alternativa de diseño geométrico.

En la ilustración 32 se observa el Diseño geométrico 3 en vista 3D, con un deprimido en la Cll 56 empalmando con las paralelas de acceso y salida, de igual forma se visualiza la salida del movimiento 8 (Giro hacia la izquierda de la Cll 56 sentido Este-Oeste) en deprimido para acceder directamente al movimiento 1 (Cra 27 sentido Norte-Sur) que está a nivel, por medio de una oreja de 24 m de radio de giro en su alineamiento.

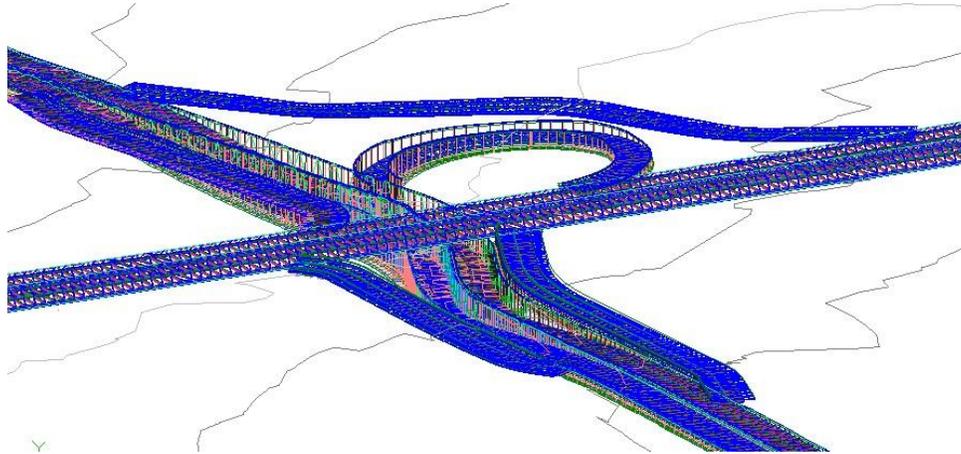


Ilustración 32. Vista 3D. Diseño geométrico 3. Fuente: Autor.

8.3.1 Diseño Planta

En la Ilustración 33 se visualiza el diseño geométrico en planta, en el cual se puede observar movimiento 8 como la oreja que empalma la Cll 56 sentido Este-Oeste con la Cra 27 sentido Norte-Sur, para así generar el giro a la izquierda del movimiento 4, ya que es el giro a la izquierda más importante por el alto volumen de vehículos que transcurren a dicho sentido.



Ilustración 33. Vista en planta. Diseño geométrico 3. Fuente: Autor.

En la Tabla 24 se evidencian los parámetros que se utilizaron para el diseño geométrico en planta y las tablas de las normas de las cuales fueron tomados los datos de dichos parámetros. (Ver anexo 9,6,1,7,8).

Tabla 24. parámetros de diseño planta para el diseño geométrico 3. Fuente: Autor

8.3.2 Diseño Perfil y Sección Transversal

En el diseño geométrico de perfil y sección transversal se toma como normas el cumplimiento de la pendiente máxima en tangente vertical, para cada velocidad de diseño se diferencian dichas pendientes. También varía en la k , ya que es la constante de seguridad para la visibilidad de parada, y por último está el peraltado para las secciones transversales del diseño.

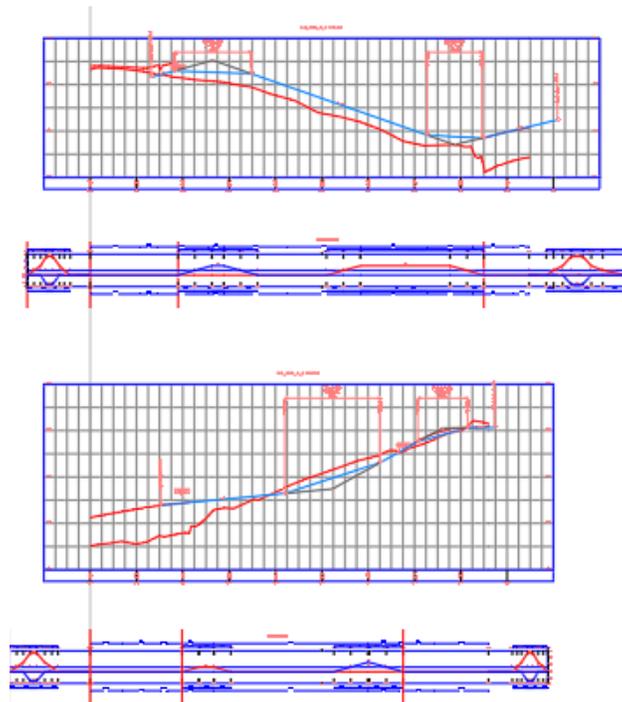


Ilustración 34. Perfil 9-4 y 9-2 de Diseño geométrico 3. Fuente: Autor.

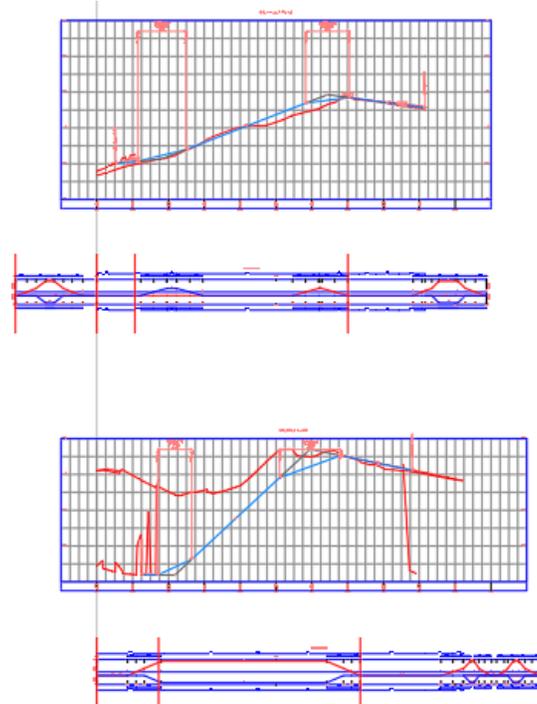


Ilustración 35. Perfil 9-3 y 8 de Diseño geométrico 3. Fuente: Autor.

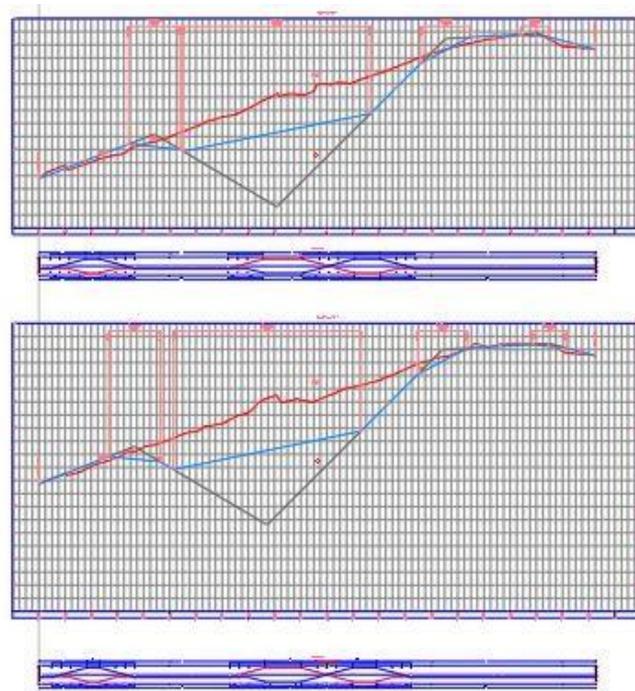


Ilustración 36. Perfil 4 y 3 de Diseño geométrico 3. Fuente: Autor.

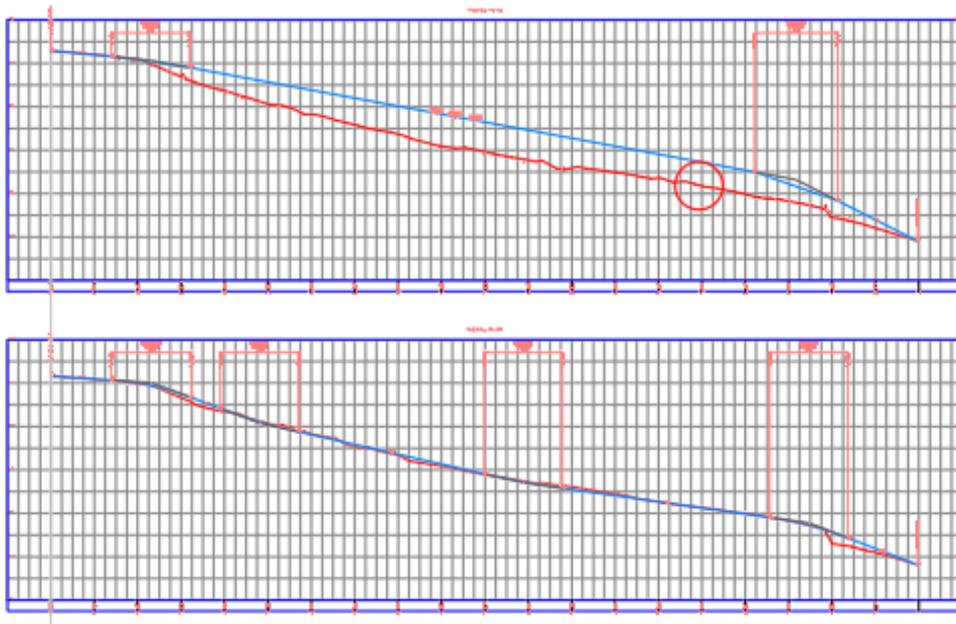


Ilustración 37. Perfil 2 y 1 de Diseño geométrico 3. Fuente: Autor.

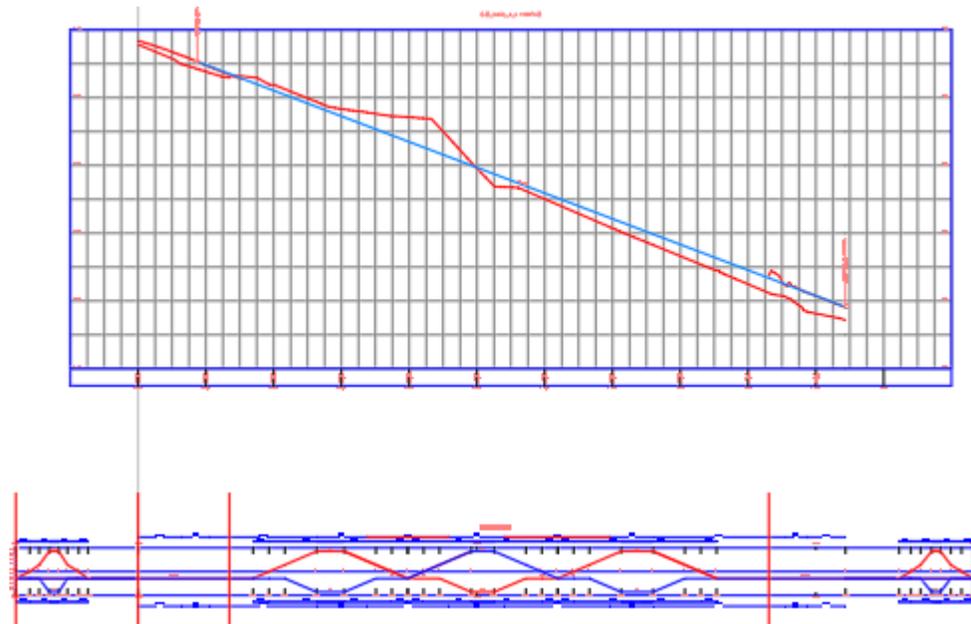


Ilustración 38. Perfil 8 de Diseño geométrico 3. Fuente: Autor.

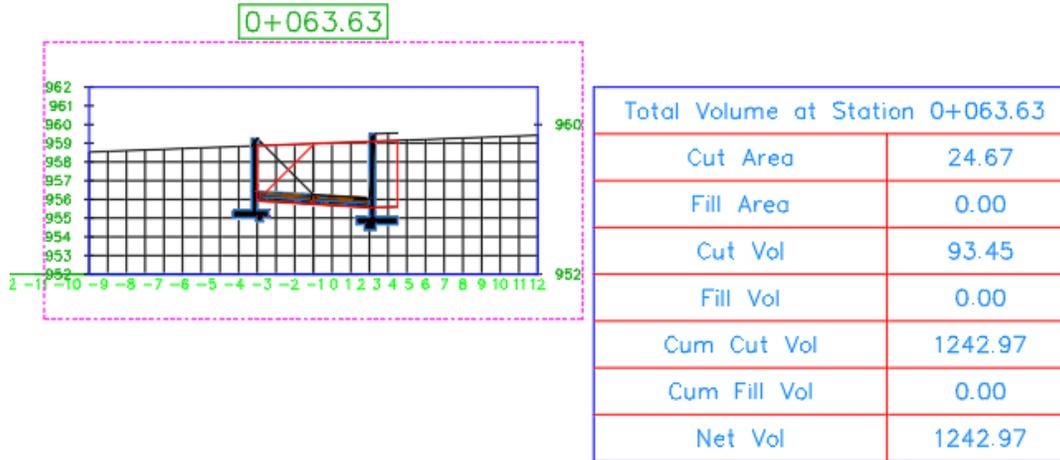


Ilustración 39. Secciones Transversales de Diseño geométrico 3, Mov 8 abscisa k0+63.63. Fuente: Autor

En la Tabla 25 se evidencian los parámetros que se utilizaron para el diseño geométrico en Perfil y Sección transversal, así como las tablas de las normas de las cuales fueron tomados los datos de dichos parámetros. (Ver anexo 9,2,3,4,5).

PARAMETROS DE DISEÑO PERFIL Y SECCION TRANSVERSAL PARA EL DISEÑO GEOMETRICO 3											
	Mov 1	Mov 2	Mov 3	Mov 4	Mov 9(1)	Mov 9(2)	Mov 9(3)	Mov 9(4)	Mov 8	INVIAS	AASHTO
Ve (km/h)	60	60	40	40	30	30	30	30	30	Tabla 6.6	
e max diseño (%)	6	6	5.4	5.4	6	2	2	2	6	Tabla 3.5	
Pendiente relativa (%)	0.6	0.6	0.96	0.96	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	Tabla 3.6	
Lv min (m)	36	36	24	24	20	20	20	20	20	Tabla 4.4	
k min (Convexa)	11	11	4	4	2	2	2	2	2	Tabla 4.4	
k min (Concava)	18	18	9	9	6	6	6	6	6	Tabla 4.4	
Pendiente max tangente vertical (%)	12	12	10	10	8	8	8	8	8	Tabla 4.2	

Tabla 25. Parámetros de diseño perfil y sección transversal para el diseño geométrico 3. Fuente: Autor

9. CONCLUSIONES

Dentro del análisis realizado en el estudio de tránsito se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- El uso del Software Shyncro 6 facilitó la visualización del tránsito por medio del simulador SimTraffic. Sabiendo que la intersección actual es semaforizada, el Software si generaba un nivel de servicio. Al momento de hacer la intersección a desnivel, los nodos se ajustarían de forma no señalizada por lo cual el Software asumía como nivel de servicio la categoría A, lo cual es incorrecto, por ende, se tuvo que acudir al proceso manual y hallar por medio de ecuaciones la capacidad y el nivel de servicio, teniendo en cuenta los parámetros requeridos para dichas ecuaciones.
- Al momento de estudiar el nivel de servicio, en las tres alternativas el resultado fue el mismo debido a las similitudes en las características viales y del terreno.
- La capacidad vial fue variante en las tres alternativas de diseño geométrico pero sus variaciones fueron mínimas.

Respecto al diseño geométrico se concluye lo siguiente:

- Siendo que la vía con mayores variaciones de diseño geométrico tenía que ser la Cll 56 por el tema de predios, en la Cra 27 en los tres diseños se tuvieron que hacer modificaciones de cota, aumentando o disminuyendo en más o menos un metro en casi toda su longitud.
- El diseño de mayor complejidad se tuvo en el movimiento 3 y 4 (Cll 56), ya que era necesario cumplir con una altura mínima de 6 metros (superestructura=1 m y gálibo= 5 m) en deprimido o en elevación.
- Se requiere empalmar no solamente los alineamientos, sino también su respectivo peraltado.
- La tercera alternativa es la que mayor área de construcción ocuparía debido a su diseño de oreja y la paralela 9-1, asimismo se observa que la Cll 55 y la Cra 23 desaparecerían del sector.
- El único diseño en perfil que no tendría curvas verticales es el movimiento 8 del diseño geométrico 3.

Con base al presupuesto aproximado se puede concluir:

- La alternativa más económica a realizar es el diseño geométrico 1 ya que su costo es 50% menor al 2 y 3.

Finalmente se concluye que, debido a las similitudes en capacidad y nivel de servicio de los tres diseños viales, entraría el factor diferencial del presupuesto aproximado con el cual se determina que la alternativa más factible es el diseño geométrico 1.

10. BIBLIOGRAFIA

- [D. d. Tránsito, «Parque Automotor de Bucaramanga,» 31 Diciembre 2016. [En línea].
1 Available: [https://www.transitobucaramanga.gov.co/files/2017/estadisticas/parque-](https://www.transitobucaramanga.gov.co/files/2017/estadisticas/parque-automotor-31-12-2017.pdf)
] automotor-31-12-2017.pdf. [Último acceso: 2020].
- [Z. M. Y. S. Cakici, «Advances in civil Engineering,» 21 12 2019. [En línea]. Available:
2 1. [https://web-a-ebsohost-](https://web-a-ebsohost-com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/detail/detail?vid=13&sid=1640094d-9f16-4d32-ae77-6c61edc9eab5%40sdc-v-sessmgr01&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=140683209&db=iih)
] com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/detail/detail?vid=13&sid=1640094d-9f16-4d32-
ae77-6c61edc9eab5%40sdc-v-
sessmgr01&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=140683209&db=iih
.
- [Y. C. P. L. G. Wang, «Transportation Research,» 11 02 2020. [En línea]. Available: 2.
3 [https://web-a-ebsohost-](https://web-a-ebsohost-com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/detail/detail?vid=0&sid=cb44db64-50a9-4a8b-9f57-9805687fcfb%40sdc-v-sessmgr03&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=141636484&db=iih)
] com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/detail/detail?vid=0&sid=cb44db64-50a9-4a8b-
9f57-9805687fcfb%40sdc-v-
sessmgr03&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=141636484&db=iih
.
- [Q. C. X. L. R. Y. L. Ye, «Transportation Research,» 12 12 2019. [En línea]. Available: 3.
4 [https://web-a-ebsohost-](https://web-a-ebsohost-com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/detail/detail?vid=0&sid=bac2c4b1-9311-4a11-b5a8-fa0b60f86679%40sdc-v-sessmgr02&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=139904722&db=iih)
] com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/detail/detail?vid=0&sid=bac2c4b1-9311-4a11-
b5a8-fa0b60f86679%40sdc-v-
sessmgr02&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=139904722&db=iih
.
- [T. K. Yesufu, «International Journal for traffic & transport Engineering,» 2019. [En
5 línea]. Available: [https://web-a-ebsohost-](https://web-a-ebsohost-com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/detail/detail?vid=0&sid=bd32eb11-691d-45df-b293-ac289d3533cb%40sessionmgr4008&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=141087841&db=a9h)
] com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/detail/detail?vid=0&sid=bd32eb11-691d-45df-
b293-
ac289d3533cb%40sessionmgr4008&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#
AN=141087841&db=a9h.
- [A. C. S. G. I. Saha, «Current Sciencie.,» 11 10 2019. [En línea]. Available: [https://web-a-](https://web-a-ebsohost-com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/detail/detail?vid=0&sid=3fcaa75a-432e-4263-9d4b-0288ff9ab3d4%40sdc-v-sessmgr03&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=139610339&db=a9h)
6 ebsohost-com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/detail/detail?vid=0&sid=3fcaa75a-
] 432e-4263-9d4b-0288ff9ab3d4%40sdc-v-
sessmgr03&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=139610339&db=a9
h.

- [S. P. F. F. S. R. A. E. Hernández, «Ebscohost.com,» Revista Mutis., 01 06 2015. [En
7 línea]. Available: [https://web-a-ebshost-
com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/detail/detail?vid=0&sid=b635a50d-a111-44ef-
9fbc-c4a2a436e6a9%40sdc-v-
sessmgr02&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=117504972&db=a9
h](https://web-a-ebshost-com.consultaremota.upb.edu.co/ehost/detail/detail?vid=0&sid=b635a50d-a111-44ef-9fbc-c4a2a436e6a9%40sdc-v-sessmgr02&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=117504972&db=a9h).
]
- [H. N. P. S. C. A. Suárez Joya, «Repositorio Institucional. UN.,» 06 05 2005. [En línea].
8 Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2814>.
]
- [L. F. D. Vargas., «Repositorio Institucional PIRHUA,» 29 04 2009. [En línea]. Available:
9 [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1349/ICI_173.pdf?sequence=1&isAll
\] owed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1349/ICI_173.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [C. A. P. S. HUGO NOEL SUAREZ JOYA, «PRELIMINAR GEOMETRICO A NIVEL Y
1 DESNIVEL DE LA INTERSECCION EL JAZMIN,» 2005. [En línea]. Available:
0 [https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2814/hugonoelsuarezjoya.carlosand
\] respantojasantander.2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2814/hugonoelsuarezjoya.carlosandrespantojasantander.2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [I. Diagnóstico, «ESTUDIO DE MOVILIDAD DEL RECINTO FERIAL EXPOCENTER
1 EN CARTAGENA DE INDIAS A UBICARSE EN LA ZONA FRANCA DE LA
1 CIUDAD DE CARTAGENA,» 2014.
]
- [D. g. d. p. s. t. y. concesiones, Manual de Capacidad Vial, Secretaria de comunicaciones
1 y transporte.
2
]
- [E. C. Diana Castro, «EVALUACIÓN PRESUPUESTAL PARA DOS TIPOLOGÍAS
1 ESTRUCTURALES,» 2017. [En línea]. Available:
3 [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14541/1/PROYECTO_51%20EVAL
\] UACION%20PRESUPUESTAL%20PARA%20DOS%20TIPOLOGIAS%20ESTRUCT
URALES%20DE%20PUENTES%20EN%20CONCRETO%20EN%20C.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14541/1/PROYECTO_51%20EVALUACION%20PRESUPUESTAL%20PARA%20DOS%20TIPOLOGIAS%20ESTRUCTURALES%20DE%20PUENTES%20EN%20CONCRETO%20EN%20C.pdf).
- [E. S.A, «CONSULTORÍA PARA LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA
1 CONSTRUCCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE INTERSECCIÓN CON PASO A
4 DESNIVEL DEPRIMIDO PARA EL INTERCAMBIADOR DE TRÁFICO DE LA
] CARRERA 27 CON CALLE 56 EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA,»
BUCARAMANGA, 2006.

11. ANEXOS

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

Anexo 1. Tabla 3.3. Radios mínimos para peralte máximo $e_{máx} = 6\%$ y fricción máxima.

e (%)	$V_{CH} = 20$ km/h R (m)	$V_{CH} = 30$ km/h R (m)	$V_{CH} = 40$ km/h R (m)	$V_{CH} = 50$ km/h R (m)	$V_{CH} = 60$ km/h R (m)
1.5	194	421	738	1050	1440
2.0	138	299	525	750	1030
2.2	122	265	465	668	919
2.4	109	236	415	599	825
2.6	97	212	372	540	746
2.8	87	190	334	488	676
3.0	78	170	300	443	615
3.2	70	152	269	402	561
3.4	61	133	239	364	511
3.6	51	113	206	329	465
3.8	42	96	177	294	422
4.0	36	82	155	261	380
4.2	31	72	136	234	343
4.4	27	63	121	210	311
4.6	24	56	108	190	283
4.8	21	50	97	172	258
5.0	19	45	88	156	235
5.2	17	40	79	142	214
5.4	15	36	71	128	195
5.6	15	32	63	115	176
5.8	15	28	56	102	156
6.0	15	21	43	79	123

Anexo 2. Tabla 3.5. Radios (RC) según Velocidad Específica (V_{CH}) y Peraltes (e) para $e_{máx} = 6\%$.

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	

Anexo 3. Tabla 3.6. Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes

VELOCIDAD ESPECÍFICA V _{cv} (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE K _{min}				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		CALCULADO	REDONDEADO	CALCULADO	REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 ⁽¹⁾
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 ⁽¹⁾
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	95.0	95.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

Anexo 4. Tabla 4.4. Valores de K_{min} para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	5	-
Secundaria	-	-	10	9	8	7	6	6	6	-	-	-
Terciaria	14	12	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

Anexo 5. Tabla 4.2 Relación entre la pendiente máxima (%) y la Velocidad Específica de la tangente vertical (VTV)

Metric									
Radius on inner edge of pavement R (m)	Pavement width (m)								
	Case I One-lane, one-way operation—no provision for passing a stalled vehicle			Case II One-lane, one-way operation—with provision for passing a stalled vehicle			Case III Two-lane operation—either one-way or two-way		
	Design traffic conditions								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5.4	5.5	7.0	6.0	7.8	9.2	9.4	11.0	13.6
25	4.8	5.0	5.8	5.6	6.9	7.9	8.6	9.7	11.1
30	4.5	4.9	5.5	5.5	6.7	7.6	8.4	9.4	10.6
50	4.2	4.6	5.0	5.3	6.3	7.0	7.9	8.8	9.5
75	3.9	4.5	4.8	5.2	6.1	6.7	7.7	8.5	8.9
100	3.9	4.5	4.8	5.2	5.9	6.5	7.6	8.3	8.7
125	3.9	4.5	4.8	5.1	5.9	6.4	7.6	8.2	8.5
150	3.6	4.5	4.5	5.1	5.8	6.4	7.5	8.2	8.4
Tangent	3.6	4.2	4.2	5.0	5.5	6.1	7.3	7.9	7.9
Width modification regarding edge treatment									
No stabilized shoulder	None			None			None		
Sloping curb	None			None			None		
Vertical curb:									
one side	Add 0.3 m			None			Add 0.3 m		
two sides	Add 0.6 m			Add 0.3 m			Add 0.6 m		
Stabilized shoulder, one or both sides	Lane width for conditions B & C on tangent may be reduced to 3.6 m where shoulder is 1.2 m or wider			Deduct shoulder width; minimum pavement width as under Case I			Deduct 0.6 where shoulder is 1.2 m or wider		
Note:	<p>A = predominantly P vehicles, but some consideration for SU trucks. B = sufficient SU vehicles to govern design, but some consideration for semitrailer combination trucks. C = sufficient bus and combination-trucks to govern design.</p>								

Anexo 6. Caso 2 Situación A. Exhibit 10-67. Design Widths for Turning Roadways AASHTO.

VÍA PRIMARIA (CALZADA DE DESTINO)									
Velocidad específica del ramal de entrada ⁽¹⁾ o de enlace ⁽²⁾ (km/h)		PARE	25	30	40	50	60	80	
Velocidad Específica del elemento de la calzada de destino inmediatamente anterior al inicio del carril de aceleración (km/h)	Longitud de la transición (m)	Longitud total del carril de aceleración, incluyendo la transición (m)							
50	45	90	70	55	45	-	-	-	
60	55	140	120	105	90	55	-	-	
70	60	185	165	150	135	100	60	-	
80	65	235	215	200	185	150	105	-	
100	75	340	320	305	290	255	210	105	
120	90	435	425	410	390	360	300	210	
VÍA SECUNDARIA (CALZADA DE DESTINO)									
50	45	55	45	45	45	-	-	-	
60	55	90	75	65	55	55	-	-	
70	60	125	110	90	75	60	60	-	
80	65	165	150	130	110	85	65	-	
100	75	255	235	220	200	170	120	75	
120	90	340	320	300	275	250	195	100	

Anexo 7. Tabla 6.1 Longitud mínima del carril de aceleración.

Velocidad específica del ramal de salida ⁽¹⁾ o de enlace ⁽²⁾ (km/h)		PARE	25	30	40	50	60	80	
Velocidad Específica del elemento de la calzada de origen inmediatamente anterior al inicio del carril de desaceleración (km/h)	Longitud de la transición (m)	Longitud total del carril de desaceleración, incluyendo la transición (m)							
50	45	70	50	45	45	-	-	-	
60	55	90	70	70	55	55	-	-	
70	60	105	90	90	75	60	60	-	
80	65	120	105	105	90	75	65	-	
100	75	140	125	125	110	95	80	75	
120	90	160	145	145	130	130	110	90	

Anexo 8. Tabla 6.2. Longitud mínima de un carril de desaceleración.

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA CALZADA DE ORIGEN (km/h)	VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA CALZADA DE DESTINO (km/h)								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
40	25	25	30	30	30	35	35	40	40
50	30	35	35	40	40	40	40	45	45
60	30	35	35	40	40	40	40	45	45
70	40	45	45	50	50	50	50	50	50
80	40	45	45	50	50	50	50	50	50
90	60	60	60	60	60	60	60	60	60
100	60	60	60	60	60	60	60	60	60
110	70	70	70	70	70	70	70	70	70
120	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Anexo 9. Tabla 6.6. Velocidad Especifica del segmento central del ramal de enlace (VRE) cuando $\Delta < 180^\circ$ (km/h).

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Constructive Fill Vol	Constructive Cut Vol
0+000.00	0.00	3.74	0.00	0.00	0.00	0.00
0+025.00	0.00	5.43	0.00	61.81	0.00	31.91
0+050.00	0.00	1.76	0.00	58.64	0.00	168.64
0+075.00	0.00	1.78	0.00	7.65	0.00	158.26
0+100.00	0.00	1.78	0.00	1.84	0.00	157.31
0+125.00	0.00	1.74	0.00	4.13	0.00	167.54
0+150.00	0.00	0.83	0.04	14.47	0.04	183.51
0+175.00	0.00	1.56	0.06	22.10	0.11	205.61
0+200.00	0.00	3.24	0.00	87.54	0.11	303.58
0+225.00	0.00	30.71	0.00	389.43	0.11	383.00
0+250.00	0.00	31.00	0.00	57.12	0.11	1110.11
0+275.00	0.00	43.48	0.00	744.81	0.11	1864.74
0+300.00	0.00	57.10	0.00	544.85	0.11	2432.42
0+325.00	0.00	58.66	0.00	485.78	0.11	2820.21
0+350.00	0.00	52.34	0.00	739.17	0.11	3428.38
0+375.00	0.00	62.81	0.00	389.84	0.11	4028.22
0+400.00	0.00	52.70	0.00	731.78	0.11	4781.99
0+425.00	0.00	48.37	0.00	279.35	0.11	5060.35
0+450.00	0.00	46.18	0.00	387.15	0.11	3447.48
0+475.00	0.00	37.80	0.00	462.85	0.11	6500.33
0+500.00	0.00	35.32	0.00	385.48	0.11	4023.81
0+525.00	0.00	23.23	0.00	461.16	0.11	6525.54
0+550.00	0.00	24.74	0.00	17.31	0.11	6142.50
0+575.00	0.00	11.87	0.00	364.71	0.11	6857.21
0+600.00	0.00	3.40	0.00	152.44	0.11	7042.85
0+625.00	0.02	0.16	0.15	33.20	0.26	7085.45
0+650.00	0.00	1.77	0.15	14.75	0.41	7104.80
0+675.00	0.00	3.12	0.00	48.81	0.41	7163.71
0+700.00	0.00	3.88	0.00	70.11	0.41	7223.82
0+725.00	0.00	0.77	0.00	46.57	0.41	7270.33
0+750.00	0.00	3.16	0.00	34.57	0.41	7320.44
0+775.00	0.00	3.76	0.00	16.03	0.41	7327.89

Anexo 10. Tabla de volúmenes corte Mov 4 diseño geométrico I. Fuente: Autor

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	8.83	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005.00	0.00	3.76	0.00	73.88	0.00	73.88
0+008.74	0.00	1.75	0.23	48.08	0.23	179.96
0+010.00	0.01	2.08	0.08	6.24	0.29	126.29
0+016.46	0.00	2.37	0.01	3.25	0.30	129.45
0+048.15	0.00	2.04	0.01	30.08	0.32	139.55
0+050.00	0.00	1.97	0.01	37.75	0.33	167.34
0+086.00	0.00	7.32	0.00	90.89	0.33	258.24
0+100.00	0.00	16.44	0.00	266.74	0.33	514.98
0+120.00	0.00	29.86	0.00	483.35	0.33	897.33
0+140.00	0.00	38.69	0.00	893.12	0.33	1390.45
0+160.00	0.00	53.70	0.00	926.26	0.33	2316.71
0+172.88	0.00	49.61	0.00	798.69	0.33	3115.40
0+185.00	0.00	47.24	0.00	467.06	0.33	3582.46
0+185.99	0.00	42.57	0.00	787.85	0.33	4370.31
0+200.00	0.00	99.70	0.00	469.07	0.33	4839.38
0+211.11	0.00	52.60	0.00	663.67	0.33	5503.05
0+220.00	0.00	47.42	0.00	444.96	0.33	5948.01
0+228.74	0.00	44.08	0.00	400.26	0.33	6348.27
0+240.00	0.00	39.40	0.00	484.56	0.33	6832.83
0+243.04	0.00	37.64	0.00	176.42	0.33	7009.25
0+257.36	0.00	27.25	0.00	409.31	0.33	7418.56
0+280.00	0.00	28.39	0.00	89.89	0.33	7508.45
0+280.00	0.00	13.04	0.00	366.23	0.33	7874.68
0+300.00	0.00	5.17	0.00	341.44	0.33	8216.12
0+320.00	0.00	2.03	0.00	76.46	0.33	8292.58
0+340.00	0.00	4.40	0.00	55.28	0.33	8347.86
0+380.00	0.00	1.80	0.00	91.24	0.33	8439.10
0+380.00	0.00	3.46	0.00	87.85	0.33	8526.95
0+400.00	0.00	1.42	0.00	55.28	0.33	8582.23
0+420.00	0.00	3.08	0.00	46.69	0.33	8628.92
0+425.23	0.00	3.75	0.00	18.28	0.33	8647.17

Anexo 11. Tabla de volúmenes corte Mov 3 diseño geométrico 1. Fuente: Autor

Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+002.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+018.75	0.00	46.15	0.00	353.67	0.00	353.67
0+020.00	0.00	45.96	0.00	54.66	0.00	408.33
0+034.61	0.00	38.49	0.00	596.86	0.00	1005.18
0+040.00	0.00	37.62	0.00	197.38	0.00	1202.57
0+057.47	0.00	24.02	0.00	538.52	0.00	1741.09
0+060.00	0.00	23.07	0.00	57.35	0.00	1798.44
0+061.96	0.00	21.48	0.00	42.17	0.00	1840.61
0+066.44	0.00	18.03	0.00	86.09	0.00	1926.70
0+080.00	0.00	7.35	0.00	172.06	0.00	2098.76
0+091.11	0.00	0.00	0.00	40.84	0.00	2139.60
0+095.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2139.60
0+100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2139.60
0+100.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2139.60
0+104.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2139.60

Anexo 12. Tabla de volúmenes corte Mov 8 diseño geométrico 1. Fuente: Autor