PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INTERSECCIÓN CARRERA 30 CON CALLE 53B BIS. BOGOTÁ, COLOMBIA.

SOCHA CASTRO ALEXANDER HERNANDO
PRIETO MORA MANUEL ORLANDO
MORALES RODRÍGUEZ ANDREA CATALINA
ZAMBRANO LOPEZ GABRIEL DAVID

Director:
WILSON ERNESTO VARGAS VARGAS
IT. M Sc

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
ESPECIALIZACIÓN EN DISEÑO DE VÍAS URBANAS, TRÁNSITO Y TRANSPORTE
BOGOTÁ
2016

PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA INTERSECCIÓN CARRERA 30 CON CALLE 53B BIS. BOGOTÁ, COLOMBIA.

SOCHA CASTRO ALEXANDER HERNANDO
Cod: 20152014028
PRIETO MORA MANUEL ORLANDO
Cód.: 20152014022
MORALES RODRÍGUEZ ANDREA CATALINA
Cód.: 20152014016
ZAMBRANO LOPEZ GABRIEL DAVID
Cód.: 20152014030

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:
ESPECIALISTA EN DISEÑO DE VÍAS URBANAS, TRÁNSITO Y TRANSPORTE

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
ESPECIALIZACIÓN EN DISEÑO DE VÍAS URBANAS, TRÁNSITO Y TRANSPORTE
BOGOTÁ
2016

NOTA DE APROBACIÓN

_____

_____

_____

_____

_____

Director

Ing. Wilson Ernesto Vargas Vargas

_____ _____

Jurado Jurado

RESUMEN

El trabajo de grado “propuesta de diseño geométrico para el mejoramiento de la intersección carrera 30 con calle 53b bis. Bogotá, Colombia” del que se habla en el presente documento, tiene como punto de partida la actual problemática en cuanto a movilidad que presenta la ciudad.

En este documento se expone la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto, comenzando por un estudio de transito realizado con base en los volúmenes históricos de las estaciones maestras aledañas a la intersección objeto de estudio y un conteo vehicular de volúmenes y velocidades realizado durante la hora de máxima demanda. Adicional a esto, se realiza un modelamiento de los datos por medio del software Vissim 5.3, que muestra en detalle el comportamiento de los vehículos en la intersección, proporcionando las características que debe tener está, teniendo en cuenta que el diseño propone una vida útil de 20 años.

De acuerdo a esto y realizando los procesos y cálculos pertinentes, se define el diseño geométrico para el mejoramiento de la intersección existente. Con ayuda del software AutoCad Civil 3D se genera un modelo digital de elevaciones con la información obtenida por el IDU. Éste modelo y la estructura actual de la intersección son la base para la elaboración del diseño, del cual se obtiene planos en planta, perfil y secciones transversales, los cuales son el producto final del presente proyecto.

Palabras claves: Diseño geométrico de carreteras, Estudios de tránsito, Intersecciones vehiculares, Modelamiento de tránsito.

ABSTRACT

This present work "Ppropuesta de diseño geométrico para el mejoramiento de la intersección carrera 30 con calle 53b bis. Bogotá, Colombia" that is discussed in this document has as its starting point the current problems in mobility presented in the city.

This document describes the methodology used for the project is exposed, starting with a traffic study conducted based on historical volumes of neighboring master stations to the intersection object of study and a traffic count volumes and speeds made during the peak hour. In addition to this, it has been made a modeling data in the software Vissim 5.3 , showing in detail the behavior of vehicles in the intersection, providing the features that should have the intersection considering that the design proposes a useful for 20 years.

Accordingly and performing the relevant processes and calculations, the geometric design to improve the existing intersection is defined. Using the software AutoCad Civil 3D a model was generated with information obtained by the "Instituto de desarrollo urbano" IDU. This model and the current structure of the intersection are the basis for the development of the design, which is obtained planes in plan, profile and cross sections, which are the final product of this project.

Key words: Geometric design of highways and streets, Transit studies, Vehicular intersection, Transit modeling

Tabla de contenido

Página

1. INTRODUCCIÓN....26

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO....28

3. OBJETIVOS....29

4. MARCO TEÓRICO....30

4.2 Proyecciones de tránsito....33

4.2.1 Tránsito actual (TA).....33

4.2.2 Incremento de tránsito (IT).....33

4.2.3 Crecimiento normal del tránsito (CNT).....34

4.2.4 Tránsito generado (TG).....34

4.2.5 Tránsito desarrollado (TD).....35

4.3 Estudio de velocidad puntual....35

4.3.1 Trabajo en campo.....37

4.3.2 Trabajo en oficina.....38

4.4 Modelación de intersecciones Vissim 5.3....39

4.4.1 Tiempo de demoras.....39

4.4.2 Tiempo de demoras totales [h].....39

4.4.3 Niveles de servicio.....40

4.4.4 Intersecciones.....41

4.5 Diseño Geométrico 71
4.5.1 Diseño horizontal 71
4.5.2 Diseño vertical. 80
4.5.3 Diseño de la rasante. 83
4.5.4 Curvas verticales. 84
4.5.5 Criterios de diseño 85
4.5.6 Peraltes 92
4.5.7 Diseño transversal 93
4.6 Señalización vial 96
4.6.1 Señalización Vertical 96
4.6.2 Señalización horizontal 98
5. METODOLOGÍA 99
5.1 Información base 99
5.2 Estudio de volúmenes vehiculares 99
5.2.1 Determinación de hora de toma de información con base en datos de la estación maestra. 100
5.2.2 Procedimiento de campo 101
5.3 Proyecciones de volúmenes 106
5.3.1 Regresiones 107
5.3.2 Proyección futura 108
5.4 Estudio de velocidades 108

5.4.1 Localización aforadores.....109

5.4.2 Toma de la información 109

5.5 Modelación 110

5.5.1 Modelación en el software vissim 5.3 110

5.5.2 Zona de estudio. 111

5.6 Diseño geométrico. 118

5.6.1 Alineamiento horizontal. 118

5.6.2 Diseño vertical. 120

5.6.3 Peralte. 123

5.6.4 Sección transversal. 124

6. RESULTADOS 131

6.1 Descripción de la Intersección 131

6.1.1 Infraestructura. 131

6.1.2 Estado del pavimento. 132

6.1.3 Señalización y demarcación. 133

6.1.4 Planeamiento semafórico. 133

6.2 Estudio de volúmenes vehiculares. 134

6.2.1 Procesamiento para obtención de periodo de toma de información con base en datos de estación maestra. 135

6.3 Resumen de Movimientos 136

6.3.1 Resumen de Movimientos Intersección 1. 138

6.3.2 Resumen de movimientos intersección 2. 142

6.3.3 Resumen de Movimientos Intersección 3. 144

6.4 Procesamiento por Accesos 144

6.4.1 Acceso Norte - Intersección 1: Carrera 30 con Calle 53B bis.....144

6.4.2 Acceso Sur - Intersección 1: Carrera 30 con Calle 53B bis. 146

6.4.3 Acceso Oriental - Intersección 1: Carrera 30 con Calle 53B bis.....148

6.4.4 Acceso Oriental - Intersección 2: Carrera 28, Transversal 28.....150

6.4.5 Acceso Oriental - Intersección 2: Carrera 28, Transversal 28.....152

6.4.6 Acceso Norte - Intersección 3: Carrera 30 con Calle 63. 153

6.5 Procesamiento de las Intersecciones.....155

6.5.1 Intersección 1: Carrera 30 con Calle 53B bis. 155

6.5.2 Intersección 2: Calle 53B bis con Carrera 28. 157

6.6 Proyecciones de volúmenes de tránsito. 159

6.6.1 Ajuste volúmenes horarios para 2016. 160

6.6.2 Proyección futura con datos históricos de estaciones maestra. 161

6.6.3 Proyección futura con datos del parque automotor. 164

6.6.4 Volúmenes vehiculares futuros por movimiento.....169

6.7 Análisis de velocidades para la Cll 53 b bis 175

6.7.1 Análisis estadístico. 179

6.8 Análisis de velocidades carrera 30.....190

6.8.1 Análisis estadístico 191

6.9 Resultados de la modelación en condición Actual. 194

6.9.1 Comportamiento y características de la red.....194

6.9.2 Demoras y niveles de servicio de la red. 196

6.9.3 Longitudes de cola.....197

6.9.4 Volúmenes de la red. 198

6.10 Resultados de la modelación en condición actual – volumen futuro. 199

6.10.1 Comportamiento y características de la red.....199

6.10.2 Longitudes de cola. 200

6.10.3 Volúmenes de la red. 201

6.11 Resultados de la modelación del diseño - volumen actual.....202

6.11.1 Rendimiento de la Red.....203

6.11.2 Demora.....204

6.11.3 Longitud De Cola.....206

6.12 Resultados de la modelación del diseño - volumen futuro. 207

6.12.1 Rendimiento de la Red.....208

6.12.2 Demora.....210

6.12.3 Longitud De Cola.....211

6.13 Comparación del estado actual de la intersección para el tránsito actual y el futuro 213

6.13.1 Rendimiento de la Red.....214

6.13.2 Demora.....217

6.13.3 Longitud De Cola.....221

6.14 Comparación del diseño de la intersección para el tránsito actual y el futuro 224

6.14.1 Rendimiento de la Red.....225

6.14.2 Demora.....227

6.14.3 Longitud De Cola.....232

6.15 Diseño geométrico 235

6.15.1 Alineamiento horizontal. 236

6.15.2 Alineamiento vertical.....239

6.15.3 Peraltes.....243

6.15.1 Secciones transversales.....245

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS 246

7.1 Volúmenes vehiculares.....246

7.2 Velocidades.....247

7.3 Modelamiento. 248

7.4 Diseño geométrico 250

7.4.1 Diseño horizontal. 250

7.4.2 Diseño vertical.....251

7.4.3 Peraltes. 252

7.4.4 Secciones transversales 252

7.5 Señalización.....252

8. CONCLUSIONES.....253

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA.....261

Índice de figuras

Pagina

Figura 4.1. Componentes de volumen del tránsito futuro.....35

Figura 4.2. Longitudes de base redondeadas. 38

Figura 4.3 Intersección Típica.....42

Figura 4.4 Tipos de conflicto. 43

Figura 4.5 Conflictos.....44

Figura 4.6 Entrecruzamiento.....45

Figura 4.7 Entrecruzamiento tipo A.....46

Figura 4.8 Entrecruzamiento tipo B. 47

Figura 4.9 Entrecruzamiento Tipo C.....48

Figura 4.10 Ejemplo Intersección. 51

Figura 4.11 Tipos Giros a la Derecha. 52

Figura 4.12. Isleta Direccional. 56

Figura 4.13 Isleta Separadora.....57

Figura 4.14 Intersecciones en "Te". 58

Figura 4.15 Ejemplo Trébol. 60

Figura 4.16 Glorieta Típica. 61

Figura 4.17 Elementos glorieta. 62

Figura 4.18. Glorietas en Bogotá. 65

Figura 4.19 Enlace semidireccional. 66
Figura 4.20 Enlace direccional. 67
Figura 4.21 Enlace en diamante normal. 67
Figura 4.22 Enlace en diamante. 68
Figura 4.23. Curva Circular Simple. 72
Figura 4.24. Curva Espiral. 75
Figura 4.25. Señales reglamentarias. 97
Figura 4.26. Señales informativas. 97
Figura 4.27. Señales preventivas. 98
Figura 5.1. Ubicación general de la intersección. 101
Figura 5.2. Ubicación de la intersección. 101
Figura 5.3. Movimientos permitidos. 102
Figura 5.4. Movimientos sobre la Cra 30 con Cll 53B bis. 103
Figura 5.5. Movimientos intersección Cra 28 con Cll 53B bis. 103
Figura 5.6. Intersección en Y Cra 30 a Diag. 61 C. 104
Figura 5.7. Formato de campo para registro de volúmenes vehiculares. 105
Figura 5.8. Clasificación vehicular. 106
Figura 5.9. Ubicación de aforadores. 109
Figura 5.10. Esquema general de la intersección en VISSIM 5.3. 111
Figura 5.11. Parámetros iniciales para modelamiento. 112
Figura 5.12. Creación y configuración de empalmes. 112
Figura 5.13. Información de volúmenes vehiculares. 113
Figura 5.14. Configuración de la composición vehicular. 113

Figura 5.15. Modelamiento con dispositivo de control y configuración de los tiempos de semáforo. 114
Figura 5.16. Configuración de datos a mostrar en los reportes. 114
Figura 5.17. Modelamiento en VISSIM 5.3. 115
Figura 5.18.Modelamiento en VISSIM 5.3. 115
Figura 5.19. Generación de reportes en formato XLS. 116
Figura 5.20. Generación de reportes en formato XLS. 116
Figura 5.21. Modelamiento intersección con nuevos movimientos y Transito futuro... 117
Figura 5.22. Modelamiento intersección con nuevos movimientos y Transito futuro Vista 3D. 117
Figura 5.23. Geometry Editor. 119
Figura 5.24. Creación de curva espiral. 119
Figura 5.25. Planta Intersección. 120
Figura 5.26. Creación Perfil longitudinal. 121
Figura 5.27. Creación perfil longitudinal seleccionando las superficies. 122
Figura 5.28.Perfil Terreno natural. 122
Figura 5.29. Creación alineamiento vertical. 123
Figura 5.30. Creación de curvas verticales. 123
Figura 5.31. Calculo del peralte. 124
Figura 5.32. Diagrama de peraltes. 124
Figura 5.33. Sección típica del puente. 125
Figura 5.34. Sección vía a nivel. Pendiente. 126
Figura 5.35. Creación de un corredor. 127
Figura 5.36. Configuración de corredor. 127

Figura 5.37. Creación Sample lines. 129

Figura 5.38. Configuración de superficies Sample lines. 129

Figura 5.39. Configuración por incrementos de estaciones. 129

Figura 5.40. Creación vista secciones transversales. 130

Figura 5.41. Configuración vistas secciones transversales. 130

Figura 6.1. Esquema de los movimientos en la intersección principal, cra 30 con cll53B bis. 136

Figura 6.2. Esquema de los movimientos en la intersección aledaña, cll53B bis con cra 28. 137

Figura 6.3. Esquema de movimientos intersección aledaña, cra 30 a diag. 61 C. 137

Figura 6.4. Esquema movimiento 1 en la intersección. 138

Figura 6.5. Esquema movimiento 9(1) en la intersección. 138

Figura 6.6. Esquema movimientos 2 y 9(2) en la intersección. 140

Figura 6.7. Esquema movimiento 9(4) en la intersección. 141

Figura 6.8. Esquema de movimientos 4 y 8 en la intersección. 142

Figura 6.9. Esquema de movimientos 3 y 9(3) en la intersección. 143

Figura 6.10. Esquema de movimiento 5 en la intersección. 144

Figura 6.11. Condición actual de la intersección Cra 30 – Cll 53 B). 195

Figura 6.12. Intersección semaforizada Cll 53b – Cra 28. 197

Figura 6.13. Aumento de cola en intersección semaforizada. 199

Figura 6.14. Flujo sin represamiento en los enlaces. 203

Figura 6.15. Flujo continuo en el periodo de máxima demanda. 206

Figura 6.16. Intersección a futuro. 208

Figura 6.17. Detención de colas en acceso norte (NQS) hacia cll 53b. 212

Figura 6.18. Tránsito del transporte en hora de máxima demanda. 214

Figura 6.19. Diseño en planta de la intersección. 238

Figura 6.20. Diseño vertical Eje Cll 53B a Cra 30 al sur.....243

Figura 6.21. Diagrama de peraltes eje Cra 30 al sur. 244

Índice de Tablas

Pagina

Tabla 4.1. Longitudes mínimas de entrecruzamiento. 63

Tabla 4.2. Radios para pequeñas deflexiones entre alineamientos rectos.....74

Tabla 4.3. Variación de la Aceleración Centrífuga.....77

Tabla 4.4. Radio mínimo para peralte máximo de 4%.....78

Tabla 4.5. Pendiente media máxima del corredor de ruta (%) en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo. 81

Tabla 4.6. Relación entre la pendiente máxima (%) y la velocidad específica de la tangente vertical.....81

Tabla 4.7. Longitud mínima de la tangente vertical. 82

Tabla 4.8. Pendientes máximas recomendadas.....83

Tabla 4.9. Distancia de visibilidad de parada para tramos a nivel.....90

Tabla 4.10. Distancia de visibilidad de parada para tramos con pendiente. 91

Tabla 4.11. Peraltes específicos con base en el radio de la curva.....93

Tabla 4.12. Anchos de zonas, Diseño geométrico de vías.....94

Tabla 4.13. Bombeo de la calzada. 95

Tabla 4.14. Ancho de calzada en metros.....95

Tabla 6.1. Periodos de máxima demanda.....135

Tabla 6.2. Resumen de movimientos intersección principal, cra 30 con cll 53B bis.....136

Tabla 6.3. Resumen de movimientos intersección aledaña, cll 53B bis con cra 28.....136

Tabla 6.4. Resumen de movimientos intersección aledaña, cra 30 a diag. 61 C. 137

Tabla 6.5. Datos movimiento 1 y 9(1) en el periodo de estudio. 139

Tabla 6.6. Datos movimiento 2 y 9(2) en el periodo de estudio 140

Tabla 6.7. Datos movimiento 9(4) en el periodo de estudio. 141

Tabla 6.8. Datos movimiento 4 y 8 en el periodo de estudio.....142

Tabla 6.9. Datos movimiento 3 y 9(3) en el periodo de estudio. 143

Tabla 6.10. Datos movimiento 5 en el periodo de estudio.....144

Tabla 6.11. Resumen de movimientos acceso norte, intersección 1. 145

Tabla 6.12. Resumen de movimientos acceso sur, intersección 1. 146

Tabla 6.13. Resumen de movimientos acceso oriental, intersección 1. 148

Tabla 6.14. Resumen de movimientos acceso orienta, intersección 2. 150

Tabla 6.15. Resumen de movimientos acceso occidental, intersección 2.....152

Tabla 6.16. Resumen de movimientos acceso norte, intersección 3. 154

Tabla 6.17. Resumen de movimientos intersección 1. 155

Tabla 6.18. Resumen de movimientos intersección 2. 157

Tabla 6.19. Volúmenes diarios máximos anuales históricos. 159

Tabla 6.20. Ajuste de volúmenes para el año 2016.....160

Tabla 6.21. Proyección del tránsito con datos históricos estaciones maestra. 161

Tabla 6.22. Datos históricos del parque automotor en Bogotá. 164

Tabla 6.23. Proyección del parque automotor para el 2036.....165

Tabla 6.24. Comparación de distribución uniforme según la función. 169

Tabla 6.25. Proyección de los volúmenes del movimiento 1 en calzada occidental. 169

Tabla 6.26. Proyección de los volúmenes del movimiento 1 en calzada oriental.....170

Tabla 6.27. Proyección de los volúmenes del movimiento 9(1). 170

Tabla 6.28. Proyección de los volúmenes del movimiento 2.....171

Tabla 6.29. Proyección de los volúmenes del movimiento 9(2). 172

Tabla 6.30. Proyección de los volúmenes del movimiento 9(4). 173

Tabla 6.31. Proyección de los volúmenes del movimiento 5.....174

Tabla 6.32. Proyección de los volúmenes del movimiento 8.....174

Tabla 6.33. Toma de velocidades cll 58b bis. 175

Tabla 6.34. Resumen estadístico calle 58 b bis.....180

Tabla 6.35. Datos agrupados por intervalos de frecuencia (calle 58 b bis sin chequeo por dispersión). 181

Tabla 6.36. Resumen velocidades.....182

Tabla 6.37. Valores chequeo por dispersión muestra calle 53 b bis. 182

Tabla 6.38. Análisis estadístico datos con chequeo por dispersión sobre calle 53 b bis.187

Tabla 6.39. Organización datos finales filtrados (Calle 53 b bis). 187

Tabla 6.40. Datos agrupados por intervalos de frecuencia (calle 58 b bis con chequeo por dispersión). 188

Tabla 6.41. Resumen velocidades con dispersión. 189

Tabla 6.42. Toma de velocidades carrera 30. N-S. 190

Tabla 6.43. Resumen estadístico carrera 30. 192

Tabla 6.44. Distribuciones de frecuencia (carrera 30). 193

Tabla 6.45. Resumen velocidades. 194

Tabla 6.46. Desempeño y comportamiento de la red en Vissim. 195

Tabla 6.47. Demoras y niveles de servicio de la red.....196

Tabla 6.48. Longitudes de cola. 197

Tabla 6.49. Volúmenes vehiculares de la red. 198

Tabla 6.50. Demoras y niveles de servicio de la red.....200

Tabla 6.51. Longitudes de cola. 201

Tabla 6.52. Volúmenes vehiculares de la red. 201

Tabla 6.53. Resultados de velocidades y tiempos de acuerdo al tipo de vehículo.....203

Tabla 6.54. Promedio de demoras por detenciones.....204

Tabla 6.55. Demoras. 205

Tabla 6.56. Longitudes de cola. 207

Tabla 6.57. Promedio de demoras por detenciones.....209

Tabla 6.58. Promedio de demoras por detención.....210

Tabla 6.59. Demora.....211

Tabla 6.60. Longitudes de cola. 213

Tabla 6.61 Comparación Rendimiento de la Red 216

Tabla 6.62 Comparación en la Demora.....219

Tabla 6.63 Comparación Longitud de cola 223

Tabla 6.64 Comparación Rendimiento de la Red 226

Tabla 6.65 Comparación en la Demora.....229

Tabla 6.66 Comparación Longitud de cola 234

Tabla 6.67. Parámetros alineamiento horizontal eje Cra 30 al sur.....236

Tabla 6.68. Parámetros alineamiento Horizontal Eje Cll 53B Bis a Cra 30 al sur. 237

Tabla 6.69. Parámetros alineamiento Horizontal Cra 30 a Cll 53B Bis al oriente. 237

Tabla 6.70. Parámetros alineamiento Vertical Eje Cra 30 al sur. 239

Tabla 6.71. Parámetros alineamiento Vertical Eje Cll 53B Bis a Cra 30 al sur.....241

Tabla 6.72. Parámetros alineamiento Vertical Eje Cra 30 a Cll 53B Bis al oriente. 242

Tabla 6.73. Peraltes alineamiento Cll 53B Bis a Cra 30 al sur. 244

Tabla 6.74 Peraltes alineamiento Cra 30 a Cll 53B Bis al oriente. 244

Tabla 6.75 Peraltes alineamiento Cll 30 al sur.....245

Tabla 7.1. Comparación entre velocidades arrojadas en estudio realizado en la calle 53b bis, datos con y sin chequeo por dispersión. 248

Índice de gráficas

Pagina

Gráfica 6.1. Distribución volúmenes horarios total intersección. 135

Gráfica 6.2. Composición vehicular en periodo de máximo volumen acceso norte. 145

Gráfica 6.3. Composición vehicular en periodos de 15 minutos acceso norte, intersección. 146

Gráfica 6.4. Composición vehicular en periodos de 15 minutos acceso sur, intersección 1 147

Gráfica 6.5. Composición vehicular en periodo de máximo volumen acceso sur, intersección 1. 147

Gráfica 6.6. Composición vehicular en periodos de 15 minutos acceso oriental intersección 1. 149

Gráfica 6.7. Composición vehicular en periodo de máximo volumen acceso oriental, intersección 1. 149

Gráfica 6.8. Composición vehicular en periodos de 15 minutos acceso oriental intersección 2. 150
Gráfica 6.9. Composición vehicular en periodo de máximo volumen acceso oriental, intersección 2. 151
Gráfica 6.10. Composición vehicular en periodos de 15 minutos acceso occidental, intersección 2. 152
Gráfica 6.11. Composición vehicular en periodo de máximo volumen acceso oriental, intersección 2. 153
Gráfica 6.12. Composición vehicular en periodos de 15 minutos acceso norte, intersección 3. 154
Gráfica 6.13. Composición vehicular en periodo de máximo volumen acceso norte, intersección 3. 155
Gráfica 6.14. Composición vehicular en periodos de 15 minutos intersección 1. 156
Gráfica 6.15. Composición vehicular en periodo de máximo volumen de la intersección 1. 157
Gráfica 6.16. Composición vehicular en periodos de 15 minutos intersección 2. 158
Gráfica 6.17. Composición vehicular en periodo de máximo volumen de la intersección 2. 159
Gráfica 6.18. Regresión lineal datos estaciones maestras. 162
Gráfica 6.19. Regresión exponencial datos estaciones maestras. 163
Gráfica 6.20. Regresión potencial datos estaciones maestras. 163
Gráfica 6.21. Regresión logarítmica datos estaciones maestras. 164
Gráfica 6.22. Regresión lineal datos FENALCO y Secretaria de movilidad. 167
Gráfica 6.23. Regresión exponencial datos FENALCO y Secretaria de movilidad. 167

Gráfica 6.24. Regresión potencial datos FENALCO y Secretaria de movilidad. 168

Gráfica 6.25. Regresión logarítmica datos FENALCO y Secretaria de movilidad. 168

Gráfica 6.26. Porcentaje acumulado vs velocidades km/h.....182

Gráfica 6.27. Porcentaje acumulado vs velocidades km/h con dispersión. 189

Gráfica 6.28. Porcentaje acumulado vs velocidades km/h.....194

Índice de fotografías

Pagina

Fotografía 6.1 Estado de la intersección calle 53B bis. Sentido E-W a la izquierda y W-E a la derecha. 131

Fotografía 6.2. Estado de la intersección carrera 30. Sentido N-S. 132

Fotografía 6.3. Estado de la intersección carrera 30. Sentido S-N. 132

Fotografía 6.4. Ubicación de dispositivos de control cra 53B bis al oriente. 134

Fotografía 6.5. Ubicación de dispositivos de control transversal 28. 134

Índice de ecuaciones

Pagina

Ecuación 4-1 Capacidad de la Glorieta. 63

Ecuación 4-2 Determinar Diámetro Glorieta. 63

Ecuación 4-3.Tangente.....73

Ecuación 4-4.Radio. 73

Ecuación 4-5. Cuerda larga. 73

Ecuación 4-6. Longitud de la circunferencia. 73

Ecuación 4-7. Externa 73

Ecuación 4-8. Media. 73

Ecuación 4-9. Angulo de deflexión.....74

Ecuación 4-10. Longitud Mínima de la espiral de acuerdo a la variación de la aceleración centrífuga.....76

Ecuación 4-11. Longitud mínima de la espiral de acuerdo a la transición del peralte.....77

Ecuación 4-12. Longitud mínima de la espiral por razones de percepción y estética. 77

Ecuación 4-13. Ángulo de giro mínimo.....78

Ecuación 4-14. Longitud máxima de la espiral.....78

Ecuación 4-15. Velocidad. 79

Ecuación 4-16. Velocidad Específica. 80

Ecuación 4-17, Cálculo de la pendiente.....83

Ecuación 4-18. Cálculo de curvas verticales.....85

Ecuación 4-19. Criterio de operación.....85

Ecuación 4-20. Criterios de seguridad para curvas convexas cuando DV≥LV, caso I para Dp.....86

Ecuación 4-21. Criterios de seguridad para curvas convexas cuando DV≥LV, caso I para Da. 86

Ecuación 4-22. Criterios de seguridad para curvas convexas cuando DV≤LV, caso II para Dp.....86

Ecuación 4-23. Criterios de seguridad para curvas convexas cuando DV≤LV, caso II para Da. 87

Ecuación 4-24. Criterios de seguridad para curvas cóncavas cuando DV≥LV, caso I. ...87

Ecuación 4-25. Criterios de seguridad para curvas cóncavas cuando DV≤LV, caso II...87

Ecuación 4-26. Criterios de drenaje. 88

Ecuación 4-27. Distancia de visibilidad de parada. 89

Ecuación 4-28. Distancia de visibilidad de parada para pendientes superiores al 3%.....90

Ecuación 4-29. Distancia de visibilidad de adelantamiento.....92

Ecuación 5-1. Calculo del número mínimo de observadores.....109

Ecuación 6-1. Tamaño apropiado de la muestra. 179

Ecuación 6-2. Tamaño apropiado de la muestra para la calle 58 b bis. 180

Ecuación 6-3. Ancho del intervalo muestra calle 58b bis. 181

Ecuación 6-4. Ancho del intervalo datos filtrados (calle 53 b bis). 188

Ecuación 6-5. Tamaño apropiado de la muestra. 192

Ecuación 6-6. Tamaño apropiado de la muestra para la carrera 30. 192

Ecuación 6-7. Ancho del intervalo muestra carrera 30. 193

Índice De ilustraciones

Ilustración 6.1. Datos comparativos De Tiempos de viaje – Condición Actual. 215

Ilustración 6.2. Datos comparativos Velocidad Media Condición Actual. 216

Ilustración 6.3. Variación de Longitudes de cola.....218

Ilustración 6.4. Datos comparativos De Demora (s) Condición Actual. 218

Ilustración 6.5. Datos comparativos De Demora Máxima Condición Actual.....219

Ilustración 6.6. Datos comparativos Longitud de cola Condición Actual. 222

Ilustración 6.7. Datos comparativos Longitud de cola máxima Condición actual.....222

Ilustración 6.8 Flujo de transporte en hora de máxima demanda. 225

Ilustración 6.9. Datos comparativos De Tiempos de viaje – Condición Diseño.....225

Ilustración 6.10 Datos comparativos Velocidad Media Condición Diseño 226

Ilustración 6.11 Datos comparativos De Demora (s) Condición Diseño. 228

Ilustración 6.12 Datos comparativos De Demora Máxima Condición Futura. 229

Ilustración 6.13. Evidente aumento del parque automotor sin presencia de longitud de colas 233

Ilustración 6.14. Datos comparativos Longitud de cola Condición Diseño. 233

Ilustración 6.15. Datos comparativos Longitud de cola máxima Condición Diseño. 234

1. INTRODUCCIÓN

La capital colombiana en la actualidad presenta algunos inconvenientes en cuanto a la estructura vial que ofrece para brindarle un buen nivel de servicio al amplio y creciente parque automotor que existe en la ciudad. Debido a diversas causas, la movilidad en Bogotá durante los últimos años se ha convertido en tema de vital importancia y de gran preocupación para todos los ciudadanos.

Uno de los inconvenientes que tiene la infraestructura vial existente es la poca inversión e innovación que se le ha dado a los proyectos que se han construido y las adaptaciones de normativas extranjeras que generan algunas discrepancias entre las condiciones de la región con lineamientos producidos en otras partes del mundo. Es por ello que por ejemplo siendo una de las capitales más importantes de Latinoamérica, Bogotá no cuenta con ninguna autopista a nivel y tampoco a segundo nivel como otras ciudades las poseen. Los tipos de intersecciones diseñadas, en muchos casos incumplen normativas y se quedan en estado de subdesarrollo durante mucho tiempo.

El tema de las intersecciones en Bogotá no se ve tan relevante para posibles soluciones al problema de movilidad, pero debido a que muchas aun poseen instrumentos de control del tránsito que afectan la velocidad a flujo libre de los vehículos y en ocasiones provocan largas colas que aportan a los embotellamientos que se ven a diario, cabe destacar que algunas ideas que aportarían grandes soluciones a dicho inconveniente, son el diseño de nuevas tendencias en la construcción de intersecciones con el fin de dar mejor nivel de servicio a las vías principales que se entrecruzan. Es por ello que en este trabajo se muestra una propuesta y el proceso de diseño que se realizó en una intersección de la ciudad el cual busca solucionar algunos movimientos que deben realizar los vehículos para tomar otras

vías sin hacer recorridos tan extensos, mostrando una alternativa que solucione y brinde los movimientos que no existen actualmente en la intersección, elaborando un estudio de tránsito y posteriormente una determinación de aspectos generales para el diseño de un tipo de intersección por medio de modelaciones y proyecciones que permitan la adopción de la mejor opción de infraestructura vial en este punto de la ciudad.

En este caso se optó por la intersección localizada en la carrera avenida NQS de Bogotá con calle 53 B Bis, en inmediaciones del estadio Nemesio Camacho, en donde se diseñó una intersección en Y compuesta de dos puentes uno a segundo y el otro a tercer nivel que brinda la oportunidad a los vehículos que se dirigen por la treinta en sentido norte sur girar hacia la izquierda y tomar la 53 B Bis y así poder dirigirse o hacia la carrera 28. El otro movimiento que se soluciona es el otro giro a la izquierda pero esta vez del tránsito que circula por la calle 53 B Bis de oriente a occidente y gira hacia el sur por la Avenida NQS y así descongestionar esta importante avenida que es una de las mayores afectadas por los trancones en horas pico que se presentan a diario.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Como solución a la problemática ya expuesta se presenta la proyección de dos accesos en “Y” diseñados a segundo nivel y a tercer nivel, con un nivel de servicio C los cuales permitirán que los vehículos circulen con rapidez, haciendo que los tiempos de recorrido disminuyan y la calidad de vida de los ciudadanos mejore; también va a posibilitar que la ciudad tenga una infraestructura vial diferente y geométricamente bien elaborado la cual hará que se genere un aumento en elementos como movilidad y turismo para la capital.

El diseño de estos accesos se va realizar cumpliendo con las especificaciones dadas por los entes normativos de infraestructuras viales INVIAS 2008 y AASTHO 2004 y siguiendo con la metodología de diseño aprendida a lo largo de la especialización en diseño geométrico, tránsito y transporte, basándose en la información de primera mano obtenida en campo y el software VISSIM para simulaciones.

Éste proyecto se realiza como una propuesta de complementación y apoyo a otros proyectos de mejora en la infraestructura vial y de movilización de los habitantes de la ciudad, disminuyendo recorridos innecesarios; estará al lado de otros proyectos ya existentes pero con los que no se ha comenzado su ejecución, como la creación del metro, otras estaciones para el Transmilenio y el normal desarrollo de otras estructuras físicas que puedan presentarse cerca a dicha troncal. (DEBATE, 2008)

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Establecer la mejor alternativa a la movilidad en la intersección de la Carrera 30 con Calle 53B en la ciudad de Bogotá, solucionando la necesidad de los usuarios de realizar los movimientos faltantes en esta.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio de volúmenes de tránsito y de velocidades por medio de conteos manuales en la carrera 30 con calle 53B y sus intersecciones aledañas para determinar el nivel de servicio actual de estas por medio de un modelamiento en el software Vissim 5.3.
- Determinar de acuerdo a los estudios de volúmenes vehiculares y de velocidades la sección transversal que deberán tener las vías y nuevos accesos para tener un nivel de servicio C o D en la intersección, con un periodo de diseño de 20 años realizando el modelamiento en el software Vissim 5.3.
- Realizar el diseño geométrico de las alternativas para solucionar los movimientos faltantes en la intersección como lo son los vehículos que van de la Cll 53B a la Cra 30 hacia el sur y los que van de la Cra 30 costado occidental a la Cll 53B hacia el oriente por medio del software AutoCAD Civil 3D.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Volúmenes de transito

"El diseño de una carretera o de cualquiera de sus partes se basa en datos reales del tránsito eso quiere decir el conjunto de vehículos que circularan por ella. El transito indica para que servicio se va a construir la vía y afecta directamente las características geométricas del diseño". (Chocontá Rojas, 2004).

Esta ciudad, con cerca de 8 millones de habitantes y tendencia a su aumento, tiene una malla vial de 15.656 km–carril, en donde el 40% está en mal estado, según el Observatorio de Movilidad de la Cámara de Comercio de Bogotá (CCB).

A continuación se explicara de manera breve los lineamientos generales para el desarrollo de aforo vehicular, en la intersección de carrera 30 con calle 53B.

El desarrollo del estudio de volúmenes vehiculares consta de dos fases: la fase en campo y la fase de oficina en donde se deben tener en cuenta los siguientes conceptos:

- *Volúmenes de Tránsito.* Se refiere al número de vehículos que pasan por la sección transversal de una vía durante un periodo de tiempo determinado. Para el cálculo de este se utilizan diferentes métodos:
- *Tránsito anual* (TA). Es el número total de vehículos que pasan durante un año por una sección transversal de una vía.
- *Tránsito semanal* (TS). Es el número total de vehículos que pasan durante una semana por una sección transversal de una vía.
- *Tránsito diario* (TD). Es el número total de vehículos que pasan durante un día por una sección transversal de una vía.
- *Tránsito horario* (TH). Es el número total de vehículos que pasan durante una hora.

- *Tasa de flujo* (q). Es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora, expresado en vehículos por hora.
- *Tránsito promedio diario anual* (TPDA). Representa el valor promedio del tránsito diario, obtenido con base en el tránsito Anual.
- *Tránsito promedio diario semanal* (TPDS). Representa el valor promedio del tránsito diario, obtenido con base en el tránsito semanal.
- *Volumen horario máximo anual* (VHMA). Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado.
- *Volumen horario de máxima demanda* (VHMD). Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos.
- *Volumen horario de proyecto* (VHP). Es el volumen de tránsito horario que se utiliza para determinar las características geométricas de la vía.
- *Volumen horario mínimo de tránsito*: Es el periodo en el cual se registra el menor número de vehículos y se expresa en vehículos por hora.
- *Composición vehicular:* Se refiere al tipo de vehículo que se tiene en cuenta en el periodo de estudio, se calcula en forma porcentual tomando como base el total de vehículos aforados.
- *Distribución horaria del tránsito:* Permite conocer como varía el tránsito en el periodo de conteo.
- *Factor hora pico:* Factor que determina la homogeneidad de la carga vehicular dentro del periodo máximo horario.

Para la realización de estos estudios se debe tener en cuenta:

- Realizar una visita al lugar de estudio para determinar el número de aforadores para dicho estudio.
- Determinar las condiciones de la intersección y la señalización tanto vertical como horizontal existente y comprobar en qué condiciones se encuentra esta.
- Para la realización del aforo vehicular es necesario que cada aforador cuente con los formatos correspondientes, con su(s) movimientos vehiculares previamente identificados, una tabla de apoyo, lápiz, esfero y un cronometro.
- El aforador debe determinar un lugar estratégico en el cual ubicarse, donde pueda ver en plenitud su área de estudio y preferiblemente que no presente ningún tipo de obstrucción visual en sus movimientos.
- Si se están cumpliendo las condiciones previamente nombradas se procede a dar inicio al aforo, todos los aforadores pondrán en marcha sus cronometros y empezaran a capturar la información.
- Para el presente estudio se estableció que se realzaría un aforo de 1 horas con periodos de 15 minutos.
- Después de realizado el aforo vehicular, se procede a empezar el análisis de los datos obtenidos en campo.
- Se procede a totalizar los vehículos por cada periodo de 15 minutos.
- Después de tener totalizados los datos del tiempo de aforo se procede a identificar cuáles son los ramales de estudio.
- Luego se procede a totalizar los datos de cada acceso vehicular para realizar los cálculos correspondientes.

- Se procede a determinar el volumen horario, la composición vehicular y se determinara el Factor de hora pico (FHP) tanto mínimo como máximo.
- Posteriormente se realizar el modelo expansión determinando los parámetros que corresponden al presente estudio.
- Después de realizado el procesamiento de los datos se procede a realizar el análisis de resultados con sus respectivas conclusiones.

4.2 Proyecciones de tránsito

Los volúmenes de tránsito futuro (TF) para efectos del proyecto son obtenidos a partir de Tránsito Actual (TA) y el Incremento del Tránsito esperando al final del periodo la meta seleccionada.

Para calcular el Tránsito Futuro Se utiliza la siguiente expresión:

$$TF=TA+IT$$

Donde TA: Tránsito Actual

IT: Incremento del tránsito

4.2.1 Tránsito actual (TA).

Hace referencia al volumen de tránsito que se usara en la vía en el momento de quedar completamente en servicio. También puede ser establecido a partir de aforos vehiculares sobre vías aledañas que influyan sobre el nuevo proyecto.

4.2.2 Incremento de tránsito (IT).

Según Cal y Mayor (2007) es el volumen de tránsito que se espera haga uso de la nueva vía en el año al cual se hace la proyección, también denominado año de proyecto. Este a su vez se encuentra compuesto del crecimiento normal del tránsito (CNT), del Tránsito Generado (TG) y del Tránsito Desarrollado (TD).

4.2.3 Crecimiento normal del tránsito (CNT).

Representa el incremento del volumen de tránsito generado a raíz del aumento normal en el uso de los vehículos como respuesta al deseo de movilización de los usuarios, la flexibilidad ofrecida por el vehículo y el aumento en la producción, los cuales hacen que constantemente esta componente del tránsito siga aumentando, teniendo en cuenta que es necesario tener cuidado en la utilización de los indicadores del crecimiento del parque automotor para propósitos de proyecto a pesar de que guarda cierta correlación en su aumento simultaneo con el TPDA.

El incremento del tránsito (IT) se expresa así:

$$IT=CNT+TG+TD$$

4.2.4 Tránsito generado (TG).

Se definen así aquellos viajes vehiculares distintos a los del trasporte público que no tendrían lugar si no se contara con una nueva estructura vial. Éste a su vez se encuentra compuesto por tres categorías de gran importancia: el tránsito inducido, o nuevos desplazamientos que previamente no han sido realizados por ningún modo de transporte; el tránsito convertido, o nuevos viajes que previamente se hacían masivamente en taxi, autobús, tren, avión o barco, y que gracias a la nueva vía ahora serian realizados en vehículos particulares y el tránsito trasladado, consistente en viajes previamente hechos a destinos completamente diferentes, atribuibles a la atracción de la nueva carretera y no al cambio en el uso del suelo.

Las tasas de crecimiento asignadas al tránsito generado fluctúan entre el 5 y el 25 % del tránsito actual, con un periodo de generación de uno o dos años después de que la vía ha sido puesta en servicio.

4.2.5 Tránsito desarrollado (TD).

Describe el incremento del volumen de tránsito debido a las mejoras en el suelo adyacente a la nueva vía y a diferencia del tránsito generado, el tránsito desarrollado continua actuando por muchos años más después de que la nueva estructura vial ha sido abierta al servicio.

El incremento del tránsito debido al desarrollo normal del suelo adyacente forma parte del crecimiento normal del tránsito, por lo tanto, éste no se considera como una parte del tránsito desarrollado. Pero la experiencia indica que en carreteras construidas con altas especificaciones, el suelo lateral tiende a desarrollarse más rápidamente de lo normal, generando valores del orden del 5 % del tránsito actual. La Figura 4.1 muestra de manera gráfica el comportamiento de la composición vehicular de acuerdo a sus variables (CNT, TG, TD).

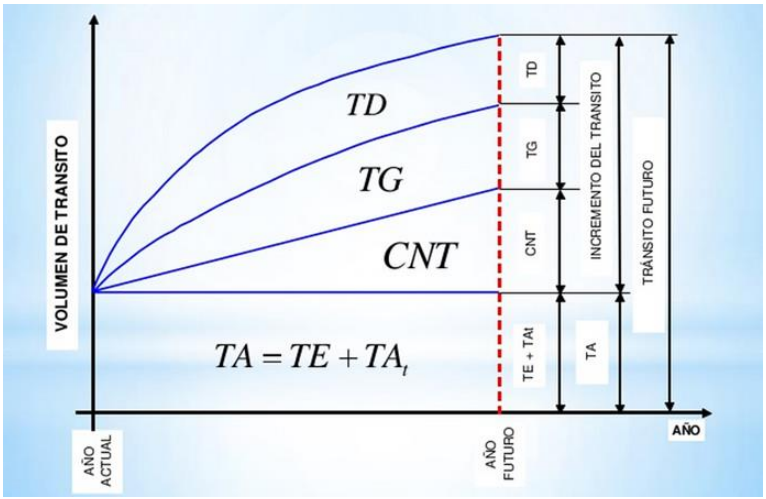


Figura 4.1. Componentes de volumen del tránsito futuro.
Fuente: Ingeniería de Tránsito y Transporte. Ing. Henry Martínez Barbosa -2013

4.3 Estudio de velocidad puntual

El desarrollo del estudio de velocidad puntual consta de dos fases, la fase en campo y la fase de oficina en donde se deben tener en cuenta los siguientes conceptos:

Velocidad puntual: Velocidad instantánea de un vehículo cuando pasa por un punto dado de una vía.

Velocidad a flujo libre: Es la velocidad teórica del tránsito cuando la marcha no está impedida por la interacción vehicular ni por la regulación del tránsito.

Velocidad de marcha: Relación entre el espacio recorrido por un vehículo y el tiempo que ha tardado en recorrer ese espacio, mientras estaba en movimiento; es decir, que no tiene en cuenta el tiempo que haya estado detenido.

Velocidad media de recorrido: Media de las velocidades de recorrido de cierto número de vehículos que recorren una distancia dada. Generalmente se calcula como velocidad media espacial, o sea, dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo medio de recorrido correspondiente.

Velocidad media temporal: Media aritmética de las velocidades individuales de los vehículos en un punto de la vía durante un tiempo determinado. Se puede calcular de medidas directas, de velocidades puntuales, o estimarse a partir de medidas de tiempos de recorrido en un tramo de vía generalmente corto.

Velocidad de Diseño: Esta es la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en una sección determinada de una vía, cuando las condiciones son tan favorables que las características geométricas del diseño de la vía predominan. Esta velocidad está dada por el percentil 98.

Velocidad de Operación: Es la velocidad segura y cómoda a la que un vehículo aislado circularía, asumiendo un determinado nivel de velocidad en función de las características físicas de la vía y su entorno, apreciables por el conductor. Regularmente se toma el percentil 85.

Estadística descriptiva: Rama de las matemáticas que trata de la recopilación, el análisis, la interpretación y la presentación de una cantidad de datos numéricos.

Tamaño mínimo de la muestra: Determina velocidad representativa del total de vehículos que pasaron por un punto y que van a pasar mientras las condiciones no cambien significativamente, es decir de la población de vehículos. Es el intervalo de tiempo durante el cual se hacen los aforos.

Longitud base: La longitud apropiada de la base para medir velocidades depende principalmente del grado de precisión deseado, la velocidad máxima de los vehículos que se observan y de la apreciación del tiempo de recorrido. Esta apreciación la determina principalmente el instrumento que se use y la pericia del observador. En condiciones ordinarias, Box y Opperlander (1985, p.87) recomiendan que se usen bases mínimas de 25m para velocidades menores de 40 km/h, de 50 m para velocidades entre 40 y 65 km/h, y de 75 m para velocidades más altas.

4.3.1 Trabajo en campo.

Se debe realizar una visita al lugar para determinar el número de aforadores necesarios en el estudio, establecer las condiciones de la intersección vehicular, la señalización existente y determinar en qué condiciones se encuentran estas.

Para realizar el estudio de velocidad puntual se contará con dos aforadores por corredor (cuatro aforadores en total, debido a que los corredores de estudio son dos, calle 53B bis con carrera 30 y carrera 30 al sur), para lo cual es necesario que cada pareja de aforadores cuente con los formatos correspondientes, un decámetro para determinar la distancia de referencia, una tabla de apoyo, lápiz, esfero y un cronómetro.

La ubicación de la pareja de aforadores para un corredor, no debe ser muy cercana a la intersección semaforizada con el fin que la velocidad que llevan los vehículos no se vea

influenciada por la por la disminución de velocidad al acercarse a la intersección. Para este caso, se tiene una intersección semaforizada que corresponde a la carrera 53B bis y una no semaforizada que es sobre la carrera 30 al sur.

Un aforador se debe ubicar a la distancia que previamente se determinó de acuerdo a la Figura 4.2, teniendo en cuenta que exista visual directa con el segundo aforador, el cual estará ubicado en el otro punto definido anteriormente a 50 metros del primero, esto con el fin de que el primer aforador de una señal de inicio de toma de tiempo, y el segundo aforador empiece a tomar el tiempo que se demora el vehículo en recorrer la distancia establecida.

Velocidad (km/h)	*30*	*40*	*50*	*60*	*70*	*80*	*90*	*100*
Longitud de base (m)	25	30	40	45	50	60	70	80

Figura 4.2. Longitudes de base redondeadas.
Fuente: Manual para el estudio de velocidades y tiempos de recorrido. Cal y Mayor.

Si se están cumpliendo las condiciones previamente nombradas se procede a dar inicio a la toma de información del estudio de velocidad puntual.

Al finalizar el estudio de velocidad puntual, se procede a realizar el análisis de los datos obtenidos en campo.

4.3.2 Trabajo en oficina.

Teniendo los formatos de campo debidamente diligenciados se procede a realizar los análisis correspondientes como lo son:

Realizar los procedimientos necesarios para el análisis estadístico mediante la organización de los datos.

Se debe realizar el arreglo tabular de datos, calculando el número de intervalos de clase, el ancho de cada intervalo y su amplitud.

Se calculan las distribuciones de frecuencia y se realiza el histograma.

Se realiza el cálculo y la gráficas correspondientes para determinas las 4 velocidades de acuerdo a cada uno de los percentiles.

Se calcula la desviación estándar de la muestra y se determina si el tamaño de la muestra fue el apropiado.

4.4 Modelación de intersecciones Vissim 5.3

Realizar la modelación de intersecciones en Vissim 5.3 solo es posible cuando se tiene procesada la información de volúmenes y de velocidad puntual, ya que este software requiere este tipo dedatos, adicionalmente hay que conocer las características geométricas de la intersección, como lo son el ancho de carril y el número de carriles; esto con el fin de que la modelación sea lo más real posible.

Los resultados que proporciona el software muestran el desempeño de la red evaluada, estos se describen a continuación:

4.4.1 Tiempo de demoras.

Una medición de tiempo de demoras se define como una combinación de una o varias mediciones de tiempo de viaje; independientemente de las clases de vehículos seleccionados, todos los vehículos afectados por estas medidas de tiempo de viaje también son considerados para la medición del tiempo de demoras. Una medición de tiempo de demoras determina en comparación con el tiempo de viaje ideal, el retardo de tiempo medio calculado a partir de todos los vehículos observados en una o varias secciones de enlace.

4.4.2 Tiempo de demoras totales [h].

El tiempo total de retardo de todos los vehículos activos que llegan. El tiempo de demora de un vehículo en un periodo de tiempo adicional que se pasa porque la velocidad real es inferior a la velocidad deseada, se calcula restando el cociente de la distancia real

recorrida en este periodo de tiempo y la velocidad deseada de la longitud del periodo de tiempo. Nota 1: Los tiempos de parada de autobús / tranvía en la parada del PT de permanencia o parcamiento en cualquier tipo de estacionamiento no están incluidos.

Tiempo de viaje: Tiempo total de viaje [h]

Distancia: Distancia recorrida total [km] / [mi]

4.4.3 Niveles de servicio.

El nivel de servicio se puede definir como la medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y de su percepción por parte de los usuarios. Se describe en términos de factores internos de la vía como lo son: la velocidad de operación, volumen vehicular, la composición del tráfico ya sean automóviles, motos o vehículos pesados, tipos de movimientos y entrecruzamientos; en los factores externos se encuentran: ancho de carril, distancia lateral libre, pendientes de la vía entre otros. Existe una clasificación para estos niveles de servicio y se muestra a continuación.

4.4.3.1 Nivel de servicio A.

Representa una circulación a flujo libre, esto quiere decir que los conductores tienen la libertad con la velocidad deseada y facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular.

4.4.3.2 Nivel de servicio B.

Representa un rango de flujo estable, tiene restricciones al flujo libre o los factores externos reducen la velocidad. Se disminuyen la libertad de conducir a la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar.

4.4.3.3 Nivel de servicio C.

Representa un rango de flujo estable, aunque se presentan factores externos como lo son limitaciones de geometría y pendiente y se aumenta de manera considerable la interacción con los otros usuarios de la vía.

4.4.3.4 Nivel de servicio D.

Representa una circulación con densidad elevada aunque todavía estable y se presentan factores externos como lo son restricciones de geometría y pendiente. No existe libertad para conducir con la velocidad deseada.

4.4.3.5 Nivel de servicio E.

Representa una circulación a capacidad haciendo que la capacidad sea inestable, haciendo poco viable adelantar. Los niveles de libertad y comodidad son bajos.

4.4.3.6 Nivel de servicio F.

Representa la circulación forzada y congestionada, con un flujo inestable, el volumen de demanda supera la capacidad de la vía. Se forman largas colas y operaciones con constantes paradas y avances cortos.

4.4.4 Intersecciones.

Las intersecciones se pueden definir como la confluencia de varias vías, por las que el tráfico se mueve en diversas direcciones. Las intersecciones de mucho movimiento están reguladas por un "semáforo", pero no controladas, los que controlan son los conductores o usuarios. El semáforo regula el paso de los vehículos por las diferentes vías, pero es imposible impedir que los conductores se equivoquen por distracción o que cometan infracciones a causa de la impaciencia o la temeridad. Para regular el derecho de paso se acude a:

- La autoridad.
- El semáforo.
- Señal vertical (de placa).
- Demarcaciones.

4.4.4.1 Definición de intersección.

Dispositivos viales en los que dos o más carreteras se encuentran ya sea en un mismo nivel o bien en distintos, produciéndose cruces y cambios de trayectorias de los vehículos que por ellos circulan. Su principal función es que quienes las transitan puedan conectarse con otra vía y así llegar al destino.

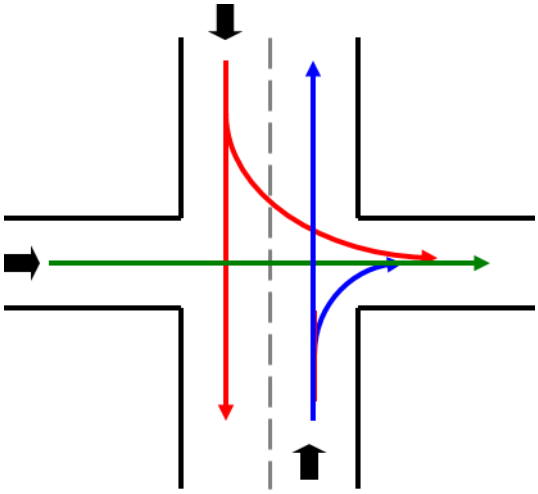


Figura 4.3 Intersección Típica
Fuente: Elaboración propia

El diseño vial dispone normalmente de dos tipos de intersecciones o cruces, a nivel, como es el caso de las calles o caminos que de pronto en un punto dado se cortan pero al mismo nivel. Por otra parte existen los que se conocen intersecciones a desnivel o paso a desnivel, que como su denominación nos lo anticipa es la adaptación de dos o más cruces a altura, es decir, llegado el punto del cruce no se encuentran los caminos porque están en niveles diferentes, ejemplos claros son los túneles, puentes o viaductos.

4.4.4.2 Trayectorias de los vehículos.

- Movimiento de paso, con una trayectoria más o menos recta, y que cruza a otras.
- Un giro a la derecha, normalmente sin problemas.
- Un giro a la izquierda, cuya trayectoria cruza a la de paso correspondiente al sentido opuesto.

El diseño de una intersección consiste, en esencia, en combinar los elementos más adecuados a sus circunstancias específicas para que estos movimientos se puedan llevar a cabo con comodidad y seguridad.

Los puntos de conflicto son cruces de trayectorias que representan una posibilidad de accidente en las intersecciones.

4.4.4.3 Tipos de conflictos.

En una intersección existen 3 movimientos básicos que puede realizar un conductor:

- Maniobras de Convergencia: dos trayectorias se unen en una común, Cuando el conductor ingresa a una vía; El área de colisión comprende desde el punto de ingreso del vehículo hasta aquel en el cual alcanza la Vo.
- Maniobras de Divergencia: dos trayectorias se separan de una común.
- Maniobras de Cruce: dos trayectorias ocupan el mismo lugar en instantes diferentes.

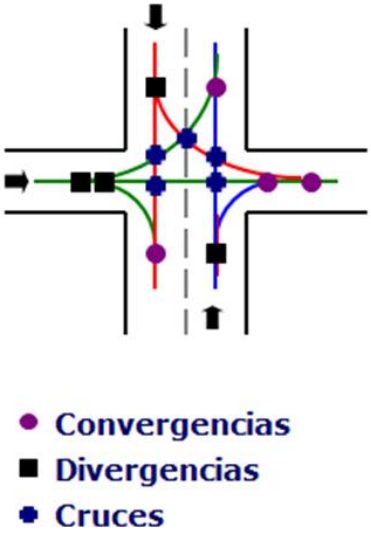


Figura 4.4 Tipos de conflicto.
Fuente: Elaboración propia.

4.4.4.3.1 Número de conflictos en una intersección.

En una intersección de “N” ramas, todas de doble sentido se presentan los siguientes puntos de conflictos:

Divergencia = Convergencias = N * (N - 2)

Cruces = (N^2 * (N – 1) * (N – 2))/6

4.4.4.3.2 Frecuencia de conflictos en una intersección.

Se determina en función del número de vehículos que llegan a la intersección en una determinada frecuencia de tiempo, generalmente una hora.

Para lograr seguridad en los cruces, estos deberán ser controlados mediante:

• Regulación con dispositivos de control: Pare O Ceda El Paso.

• Regulación de tiempos con semáforos

• Separación del espacio con intersecciones a desnivel Dependen de:

- Número de accesos
- Movimientos de giro permitidos
- Tipo de control de tránsito

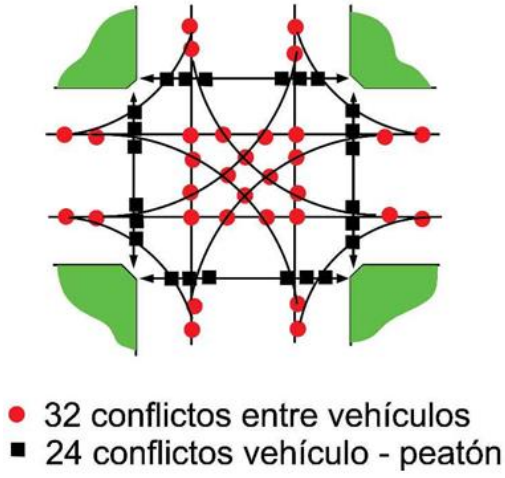


Figura 4.5 Conflictos.
Fuente: Elaboración propia.

4.4.4.3.3 Tramos de entrecruzamiento.

Tramo de una carretera en donde se mezclan dos o más corrientes de tráfico que circulan en el mismo sentido, sin la participación de ningún dispositivo de control de tránsito.

4.4.4.3.4 Zonas de entrecruzamiento.

Se forman cuando existe una zona de confluencia seguida de una de convergencia, o cuando a un ramal de entrada le sigue uno de salida, unidos por un carril auxiliar. Pueden existir en cualquier tipo de carretera.

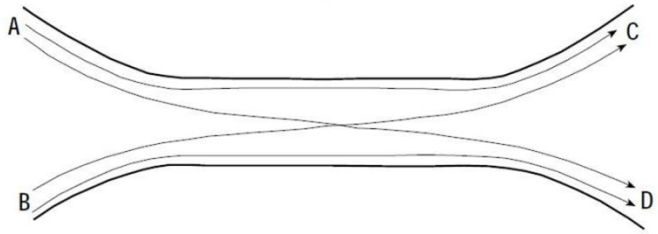


Figura 4.6 Entrecruzamiento.
Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

Corrientes A-D y B-C son Circulaciones de entrecruzamiento.

Las zonas de entrecruzamiento múltiple son aquellas en las que se presenta un único punto de convergencia seguido de dos más de divergencia, o dos convergencias seguidas de una sola divergencia:

Tipo A (un cambio de carril por lado)

Obliga a cada vehículo que circula por la zona de entrecruzamiento a realizar un cambio por carril para conseguir la maniobra satisfactoriamente.

a. Tramo de entrecruzamiento entre ramales (entrecruzamiento lateral).

b. Tramo de entrecruzamiento con eje de entrecruzamiento.

No se consideran zonas de entrecruzamiento a los ramales de acceso seguidos de ramales de salida que no estén unidos por un carril auxiliar, en éstos casos se analizan como ramales.

La velocidad de proyecto de los ramales es significativamente menor a la de la autopista, luego los vehículos que la usan deben acelerar o desacelerar al atravesar el área de entrecruzamiento.

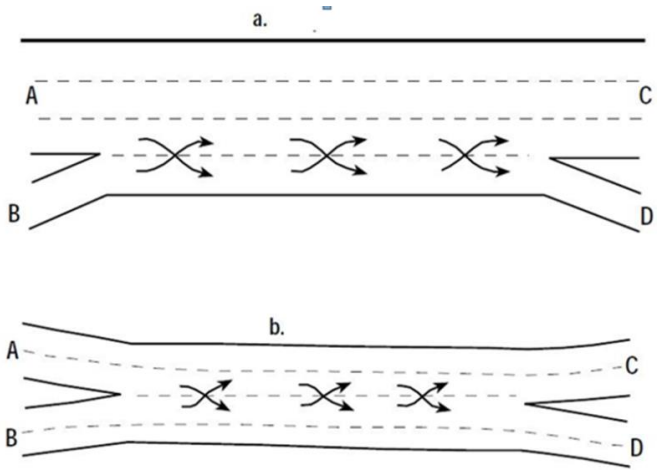
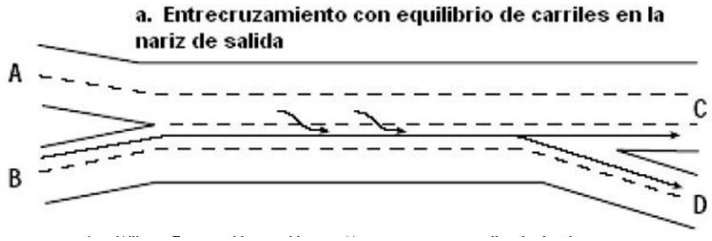


Figura 4.7 Entrecruzamiento tipo A.
Fuente: Libro de capacidad

Tipo B (1/0 cambios de carril por lado)

Se consideran como entrecruzamientos importantes dado que involucran ramales de acceso y salida con varios carriles y se caracterizan por:

- Pueden realizarse movimientos de entrecruzamiento sin necesidad de cambiar de carril, y los demás movimientos de entrecruzamiento requieren máximo un solo cambio de carril.
- Soportan eficientemente grandes volúmenes, debido a que proporcionan "un carril de paso" para los movimientos de entrecruzamiento.



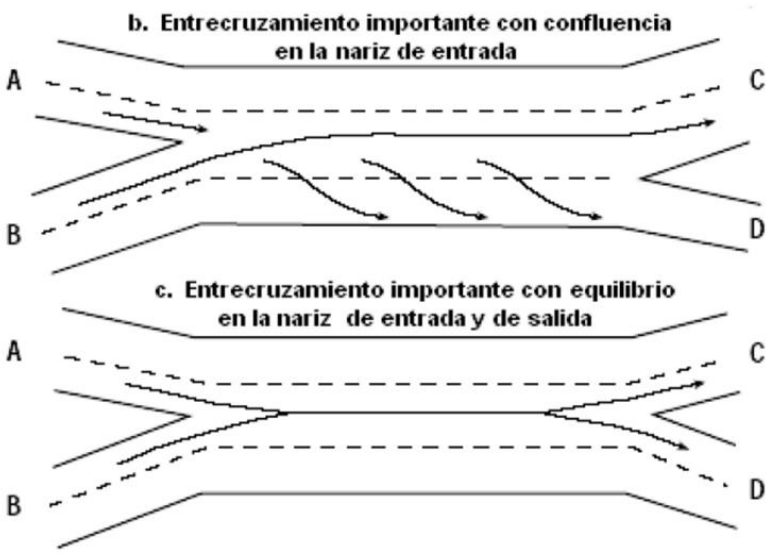


Figura 4.8 Entrecruzamiento tipo B.
Fuente: Libro de capacidad.

Tipo C (2/0 cambios de carril por lado)

Similares a la tipo B, dado que existe uno o más carriles de paso para uno de los movimientos de entrecruzamiento. Se diferencian en el número de cambios de carril, necesarios para completar el entrecruzamiento.

Se caracterizan por que una de las maniobras de entrecruzamiento puede realizarse sin cambio de carril, y, la otra maniobra de entrecruzamiento requiere dos o más cambios de carril.

La configuración del entrecruzamiento se determina con base en el número necesario de cambios de carril que deban realizar ambos flujos de entrecruzamiento en el tramo. Se ignoran aquellos cambios de carril que no son necesarios para completar la maniobra de entrecruzamiento concreta.

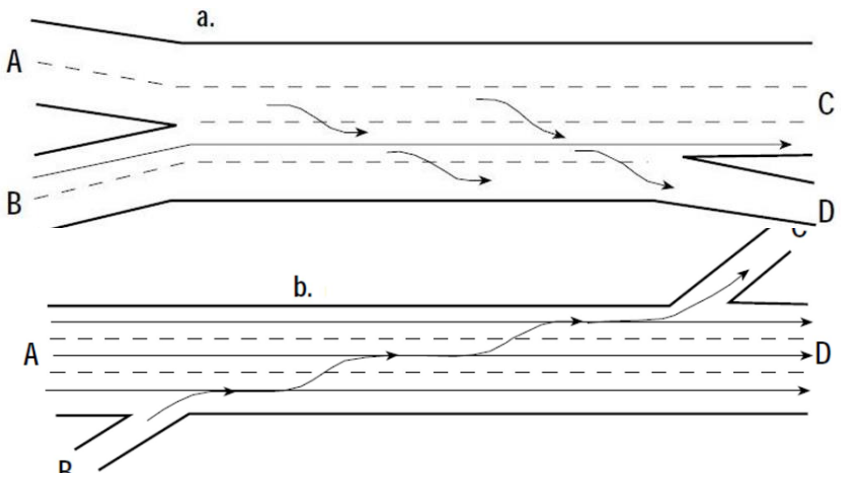


Figura 4.9 Entrecruzamiento Tipo C.
Fuente: Libro de Capacidad.

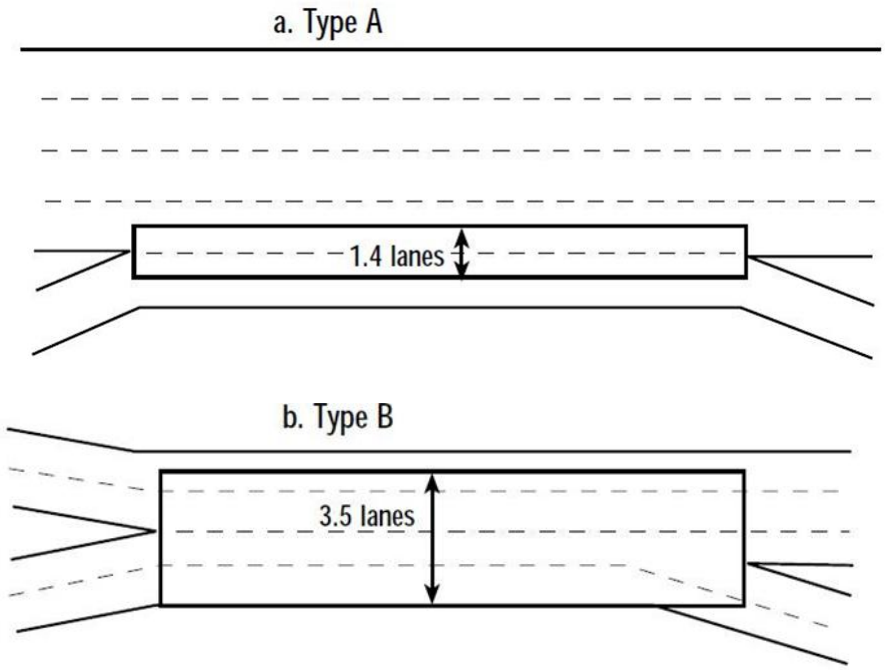
4.4.4.3.5 Características

Longitud del Entrecruzamiento: Corresponde a la distancia en la cual el conductor debe realizar todos los cambios de carril necesarios.

El procedimiento de análisis considerado aplica solamente a secciones de entrecruzamiento hasta de 750 m. de longitud. Si ésta distancia es superada, se debe analizar el segmento como zona de confluencia y divergencia separadas (análisis de rampas).

Ancho Zona de Entrecruzamiento: Característica geométrica con impacto significativo en las operaciones, la cual se mide tomando al carril como unidad. Sin embargo no es solo importante para la operación del tramo el número total de carriles existente, sino también la proporción de los mismos que es utilizada por los vehículos que se entrecruzan y por los que no.

Los movimientos de entrecruzamiento causan turbulencias en la corriente principal del tránsito, dado que un vehículo en maniobra de entrecruzamiento ocupa más espacio que uno que no se entrecruza.



Fuente: Libró de Capacidad.

4.4.4.4 Ramal

Tramo de calzada con la exclusiva función de proporcionar una conexión entre dos vías. La metodología a exponer no solamente aplica a uniones con autopistas, sino que también aplica para ramales en vías multicarril, vías urbanas y carreteras de dos carriles, siempre y cuando los movimientos de convergencia y divergencia no estén controlados por semáforos o PARE.

Un ramal se compone de tres elementos geométricos básicos:

1. Unión Ramal – Autopista:

Movimientos de confluencia o bifurcación a alta velocidad que interfieren mínimamente la circulación del carril adyacente a la autopista. Características geométricas variables (carril de aceleración – desaceleración, longitud, ángulo del ramal, pendiente relativa) que afectan el funcionamiento del carril.

2. Tronco del Ramal:

Sus características geométricas varían de un lugar a otro y se diferencian por el número de carriles (generalmente uno o dos), velocidad de diseño, pendientes y radios de curvatura.

3. Intersección Ramal – Calle:

Frecuentemente es un elemento crítico de diseño, dado que pueden permitir movimientos de convergencia y divergencia sin regulación alguna o adoptar la forma de una intersección a nivel.

4.4.4.4.1 Características de la operación.

La intersección ramal – autopista es una zona en donde se produce una competencia, por el espacio disponible, entre dos flujos. En la zona de confluencia, los vehículos del ramal tratan de encontrar una brecha en la corriente circulatoria del carril adyacente en la autopista, creando una turbulencia en las proximidades del ramal.

4.4.4.5 Clasificación intersecciones a nivel.

1. Forma geométrica y número de ramales:
   - En T o en Y, de tres ramales
   - En Cruz o en Equis, de cuatro ramales
   - Multicanales, más de cuatro ramales
   - Glorietas
2. A la jerarquía de la vía de acceso:
   - Intersección de vías Arteriales Menores
   - Intersección de una Arteria con una Colectora
   - Intersección de vías colectoras
   - Intersección de una Colectora con una local
   - Intersección de vías locales

3. Al tipo de regulación:

- PARE
- Ceda el Paso
- Semáforos

4. Según la circulación

- Cruce
- Glorieta

5. A la canalización

- Canalizada
- No canalizada

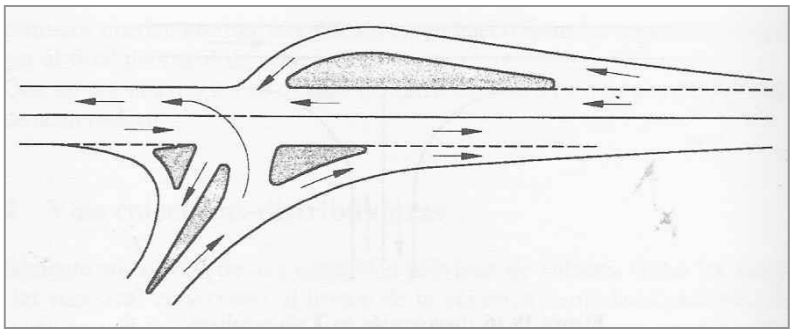


Figura 4.10 Ejemplo Intersección.
Fuente: Internet

4.4.4.6 Elementos a considerar en el diseño de intersecciones.

Para el adecuado diseño de una intersección a nivel, se resaltan los siguientes elementos a ser considerados:

- Datos funcionales.
- Datos físicos.
- Datos de tránsito.
- Movimientos peatonales.
- Datos de accidentalidad.

- Interacción con el sistema vial
- Movimientos

Giro a la derecha:

- a velocidad de maniobra x zona cruce
- Con mayor radio de giro y plataforma de giro (isleta encauzadora)
- ramal directo (sin/con inflexiones)

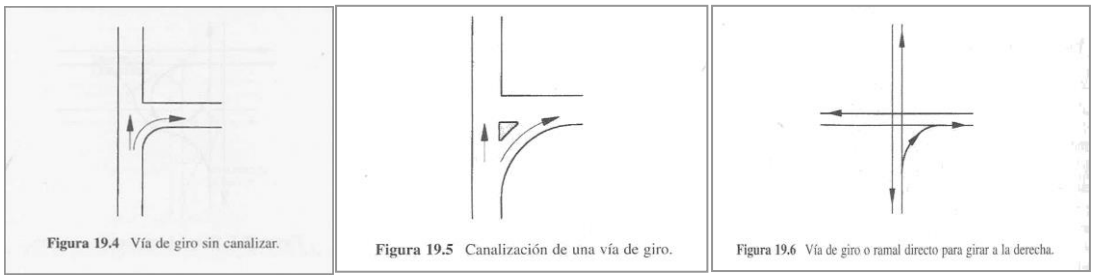


Figura 4.11 Tipos Giros a la Derecha.
Fuente: Libró de capacidad

Giro a la izquierda:

Estos giros se realizarán únicamente si el volumen de tránsito así lo requiere y éste mismo factor determinara la necesidad de los carriles auxiliares de almacenamiento, el número de los mismos y la programación de los dispositivos de control de tráfico.

El ancho, longitud y diseño general de los carriles de almacenamiento es similar al de los carriles de cambio de velocidad, teniendo en cuenta que la longitud del carril está conformada por:

1. Longitud de desaceleración
2. Longitud de almacenamiento
3. Abocinamiento de entrada

El diseño óptimo implica contemplar las tres longitudes, pero en la práctica es común aceptar una moderada longitud de aceleración dentro del carril directo y que el abocinamiento forme también parte de la longitud de desaceleración.

Si la frecuencia de las intersecciones es cada 400 m. se acostumbra eliminar la mayor parte o toda la longitud de desaceleración.

- vía de giro directa.
- ramal directo (cuando el volumen de giro es mayor que ambos volúmenes de paso)
- vía de giro semidirecta.
- ramal semidirecto. (Cuando el volumen de giro es mayor que el volumen de paso con el que converge o diverge por la izquierda)
- ramal con entrada y salida por la derecha.
- ramal en lazo
- ramal en asa interior
- ramal en círculo
- ramal en asa exterior

Longitud de desaceleración.

Lo deseable es contar con ella fuera del carril de tráfico directo pero comúnmente esto no se da, tal como se observó las longitudes de desaceleración son de 70, 100 y 130 m. para velocidad de diseño de 50, 60 y 80 km/h respectivamente. Esta longitud no incluye la de abocinamiento.

Las longitudes de desaceleración antes referidas se aplican para carriles de giro tanto a la derecha como a la izquierda, aun cuando la velocidad en este último es mayor.

Longitud de abocinamiento.

Debe ser suficiente para almacenar los vehículos que van a realizar el giro, sin que se sature antes del cambio de ciclo del semáforo, por tal razón debe ser tal que evite la detención de vehículos en los carriles de tránsito directo.

El valor depende entonces del volumen de tráfico, de su composición, de la duración del ciclo del semáforo, de la disposición de las fases y de las tasas de arribos y partidas de los vehículos que giran a la izquierda.

Ramal directo

- Sale y entra por la izquierda
- Conflictos por cruzar trayectoria del tránsito de paso opuesto
- Ocupa 1 cuadrante
- Sin inflexiones
- Se utiliza si el tránsito que gira es mayor que el del movimiento de paso del que diverge y del que converge.

4.4.4.7 Isleta.

Sirven para encauzar adecuadamente las trayectorias que cambian su dirección. Su interior contrasta con el resto de la plataforma por un cebrado o por un desnivel (plataforma).

Se denomina como intersección canalizada, a la intersección a nivel en la cual las trayectorias del tránsito son dirigidas mediante el empleo de isletas.

Se denomina como isleta el área definida entre dos carriles de circulación cuya finalidad es controlar o dirigir los movimientos del tránsito.

Las isletas pueden ser duras o demarcadas, las primeras generan una zona de refugio al peatón o a los dispositivos de control, pero pueden ser peligrosas en zonas con baja

iluminación o donde no están bien definidos los alineamientos de giro. Las segundas se pueden implementar en zonas levemente desarrolladas, donde las velocidades de aproximación sean relativamente altas, haya poco tránsito peatonal, no se requieran dispositivos en estas áreas y la iluminación no provenga de una fuente fija.

Las isletas se incluyen en el diseño de las intersecciones canalizadas por uno o varios de los siguientes propósitos:

- Separar las corrientes de tránsito y separar puntos de conflicto.
- Reducir zonas para circular, impedir o dificultar movimientos no deseados, inseguros o de contramano.
- Determinar los ángulos de cruce o de convergencia.
- Influir en la velocidad de los vehículos.
- Crear zonas protegidas de espera para los vehículos que vayan a girar a la izquierda.
- En las plataformas, refugio para peatones, y alojamiento y protección de señales, semáforos y alumbrado.
- Separar conflictos.
- Reducir excesivas áreas de plataforma pavimentadas.
- Controlar los ángulos de conflicto.
- Optimizar el adecuado uso de la intersección al regular el tránsito.
- Favorecer los movimientos de los giros predominantes.
- Proteger y almacenar a los vehículos que giran o cruzan.
- Proteger al peatón.
- Ubicar los dispositivos de regulación.

Áreas definidas entre los carriles de circulación cuya finalidad es canalizar y dirigir el movimiento de los vehículos, proporcionar una zona de refugio a los peatones y constituir un área para la colocación de la iluminación y señalización.

Se clasifican en:

Isletas direccionales: Son de forma triangular, sirven de guía al conductor a lo largo de la intersección indicándole la ruta por seguir. Estas deben:

- Ser lo suficientemente grandes para llamar la atención de los conductores.
- Tener una superficie mínima de cuatro con cinco metros cuadrados (4.5 m2) preferiblemente siete metros cuadrados (7.0 m2).
- Los triángulos deben tener un lado mínimo de dos metros con cuarenta centímetros (2.40 m) y preferiblemente de tres metros con sesenta centímetros (3.60 m).

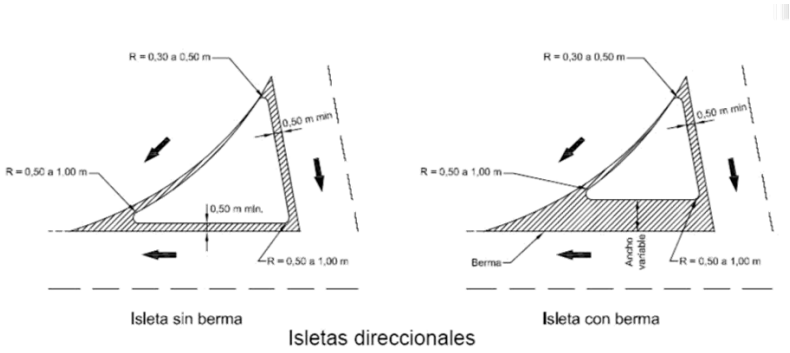


Figura 4.12. Isleta Direccional.
Fuente: Libro de Capacidad.

Isletas separadoras: Separadoras. Tienen forma de lágrima y se usan principalmente en las cercanías de las intersecciones, en carreteras no divididas.

- Tener una longitud mínima de treinta metros (30 m) y preferiblemente de cien metros (100 m) o más, sobre todo cuando sirven a su vez para la introducción de un carril de giro.

- Si no pudieran tener la longitud recomendada deben ir precedidas de un pavimento rugoso notorio, resaltos sobre la calzada o, al menos, de marcas bien conservadas sobre el pavimento.
- Cuando coincidan con un punto alto del trazado en perfil o del comienzo de una curva horizontal, la isleta se debe prolongar lo necesario para hacerla claramente visible a los conductores que se aproximan.

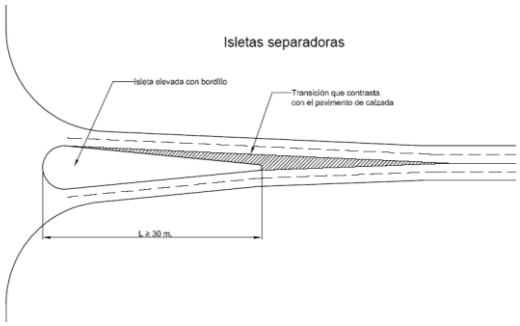


Figura 4.13 Isleta Separadora.
Fuente: Libro de Capacidad.

4.4.4.8 Intersecciones de tres ramales.

4.4.4.8.1 Simples no canalizadas.

Criterios básicos

1. El ángulo de entrada preferiblemente debe ser 90º, pero puede tener una variación de ± 30º (60º a 120º)
2. Los radios mínimos R1, R2, R3 y R4 deben ser concordantes con el radio mínimo de giro del vehículo de diseño adoptado.
3. Se debe garantizar la distancia de visibilidad de cruce.
4. La pendiente longitudinal de las calzadas preferiblemente debe ser igual o menor al 4% con el fin de facilitar la maniobra de los vehículos que cruzan la calzada principal.

5. Si por pendiente es necesario aplanar la vía secundaria, se deberá diseñar en esta una curva vertical cuyo PT coincida con el borde la calzada principal y cuya longitud sea mayor a 30 metros.

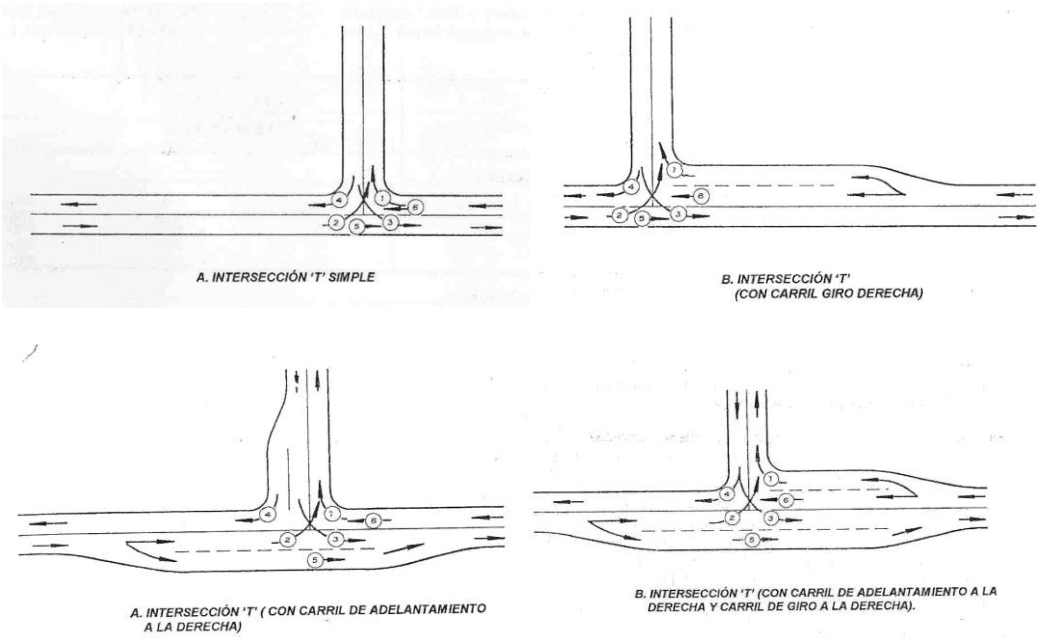


Figura 4.14 Intersecciones en "Te".
Fuente: Libro de capacidad.

4.4.4.8.2 Canalización.

Es la separación de los flujos de tránsito vehicular que se encuentran en conflicto por medio de isletas o marcas viales con el fin de mejorar los movimientos y la seguridad de los vehículos y los peatones.

Una adecuada canalización incrementa la capacidad, mejora la seguridad e inspira confianza en el conductor, por el contrario una inadecuada canalización o una sobre canalización produce efectos opuestos y puede ser más perjudicial que la no existencia de la misma.

Generalmente la canalización en intersecciones a nivel se justifica por uno o más de los siguientes factores:

1. Las trayectorias de los vehículos están confinadas por la canalización de modo que en cualquier punto no se cruzan más de dos trayectorias
2. El ángulo y ubicación a los cuales los vehículos convergen, divergen, o se cruzan están controlados.
3. La cantidad de superficie pavimentada es reducida y por ello disminuyen los movimientos erráticos de los vehículos, y se estrecha el área de conflicto entre los vehículos.
4. Se prevén indicaciones más claras para la trayectoria en la cual moverse.
5. Se les da prioridad a los movimientos predominantes
6. Se proveen áreas para refugio de los peatones.
7. Los carriles de espera separados permiten a los vehículos que giran aguardar el despeje de los carriles de tránsito directo.
8. Se provee espacio para los dispositivos de control de tránsito de modo que puedan ser más fácilmente percibidos.
9. Los giros prohibidos están controlados
10. La velocidad de los vehículos está restringida en cierto grado

Criterios básicos

1. El ángulo de entrada preferiblemente debe ser 90º, pero puede tener una variación de ± 30º (60º a 120º)
2. Los radios mínimos R1, R2, R3 y R4 deben ser concordantes con el radio mínimo de giro del vehículo de diseño adoptado.
3. Se debe garantizar la distancia de visibilidad de cruce.
4. La pendiente longitudinal de las calzadas preferiblemente debe ser igual o menor al 4% con el fin de facilitar la maniobra de los vehículos que cruzan la calzada principal.

5. Si por pendiente es necesario aplanar la vía secundaria, se deberá diseñar en esta una curva vertical cuyo PT coincida con el borde la calzada principal y cuya longitud sea mayor a 30 metros.

Trébol



Fuente: GoogleEarth y Ortofotografía BDG de la SDP

Figura 4.15 Ejemplo Trébol.
Fuente: GoogleEarth y ortofotografia BDG de la SDP

- Resuelve los giros a la izquierda con lazos
- Resuelve los giros a la derecha con ramales directos
- 1 obra de paso
- Ocupa bastante superficie.

4.4.4.9 Glorietas

Intersección a nivel en la cual confluyen tres cuatro o más vías en un mismo punto para lo cual se diseña un anillo de circulación con una isla central.

Su utilización es anterior a la aparición del automóvil con fines ornamentales o de logística militar (Plan urbanístico de Londres elaborado por J Evelyn en 1874, plan urbanista de Washington elaborado por Charles P. L`Efant en 1791)

La operación se basa en el derecho de vía que tienen los vehículos que circulan alrededor de la isla, de manera tal que los que llegan deben esperar para ingresar en ella.

Es importante lograr un espaciamiento uniforme entre los accesos a la glorieta, como esta situación es común que no se dé, se recomienda modificar los alineamientos de las vías que accedan a la glorieta

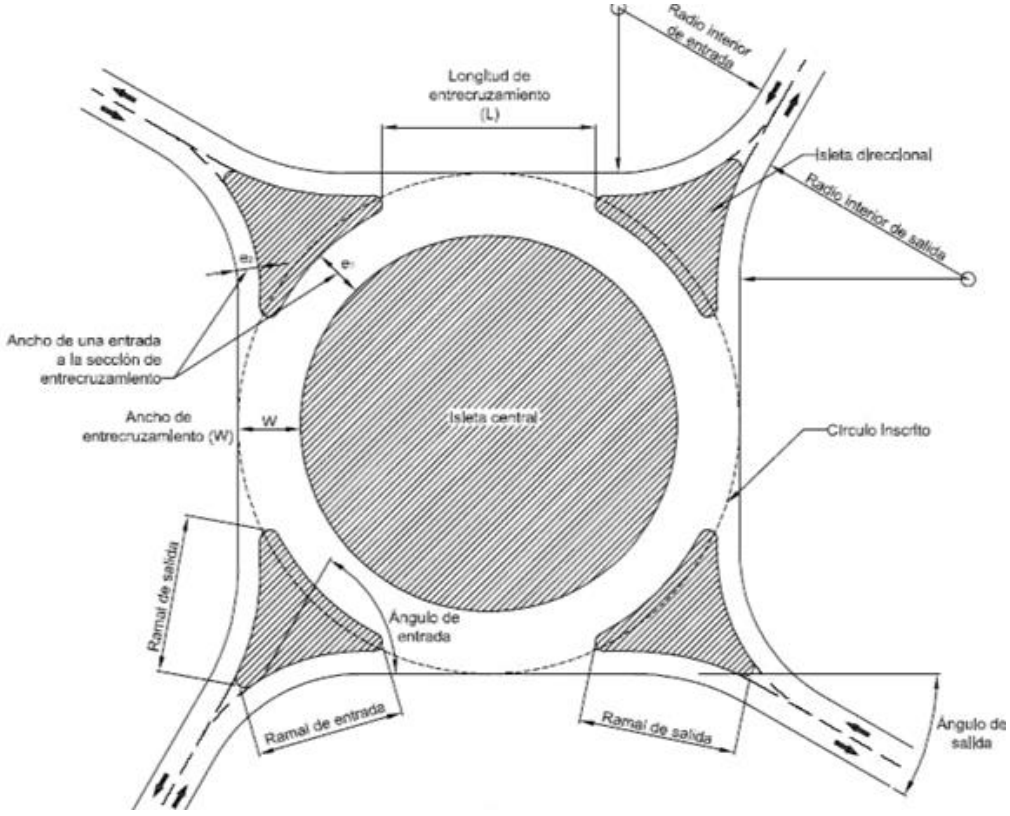


Figura 4.16 Glorieta Típica.
Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

4.4.4.9.1 Criterios de diseño.

- **Velocidad de Diseño:**

Las glorietas pequeñas pueden diseñarse para velocidades entre los 25 a 40 Km/h. En vías con velocidad de diseño entre los 50 a 70 Km/h. se recomienda el diseño de glorietas con velocidad entre los 45 y 63 km/h, respectivamente (90% de la Vd de la vía principal).

- Elementos Geométricos de Diseño

- L Longitud de entrecruzamiento
- W Ancho de entrecruzamiento
- e1 Ancho de la rama de entrada a la sección de entrecruzamiento
- e2 Ancho de entrada de la glorieta a la sección de entrecruzamiento
- e Ancho promedio de las entradas a la sección de entrecruzamiento
- e = (e1+e2)/2

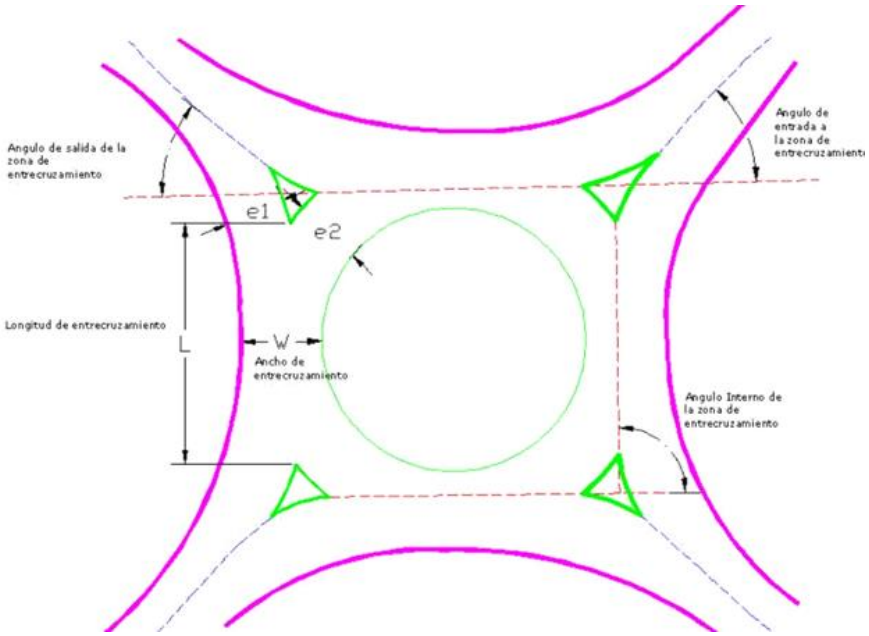


Figura 4.17 Elementos glorieta.
Fuente: Cálculo y Diseño de Glorietas Germán Arboleda V.

- **Longitud de Entrecruzamiento**

En general la longitud de entrecruzamiento está comprendida entre 25 a 50 metros, toda vez que con longitudes iguales o menores a 20 m, los entrecruzamientos se resuelven de manera similar que en cualquier otro tipo de intersección a nivel, y 50 metros constituye prácticamente el límite de la distancia si se quiere mantener la glorieta dentro de las dimensiones normales de diseño. Las longitudes mínimas de entrecruzamientos se pueden observar en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Longitudes mínimas de entrecruzamiento.
Fuente: INVIAS 2008.

VOLUMEN DE ENTRECRUZAMIENTO (adelantamientos/h)	LONGITUD MÍNIMA DE LA SECCION DE ADELANTAMIENTO (m)
1000	75
1500	120
2000	200
2500	290
3000	410
3500	565

- **Ancho de Entrecruzamiento**

De acuerdo con la ecuación de Wardrop la capacidad de la glorieta se define:

$$Qp = \frac{160W(1 + \frac{e}{W})}{1 + \frac{W}{L}}$$

Ecuación 4-1 Capacidad de la Glorieta.
Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

Qp=Capacidad de la sección de entrecruzamiento en Veh/h.

Isla central

Para determinar el diámetro mínimo de la glorieta se procede de la siguiente manera:

$$AE = \phi + 2*W$$

$$AE = AB + BC + CD + DE$$

$$\emptyset = 1.155a_1 + 2a_2 + 28.04 - 2W$$

Ecuación 4-2 Determinar Diámetro Glorieta.
Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras

AE: El diámetro de la isla central más dos veces el ancho de entrecruzamiento

a1: Ancho de la calzada de entrada.

a2: Ancho de la calzada de salida.

Capacidades recomendadas según Wardrop para glorietas deseables. Según el tipo de vías que se cruzan.

- **Calzada**

En general el ancho mínimo deberá ser igual o mayor a la mitad del ancho de calzada de la vía conectante más ancha, más un carril adicional, sin ser inferior a 7.2 m (dos carriles de 3.6 m).

Radio mínimo absoluto, solo vehículos livianos 6 m

Radio mínimo absoluto con vehículos pesados 16 m

Radio mínimo recomendable 20 m

Radio deseable 30 m

Radio máximo 100 m

4.4.4.10 Tipos de glorietas

Glorieta Convencional.

El diámetro de la isla central debe ser igual o mayor a 25 m. Tienen una calzada de una vía constituida por los carriles necesarios para la circulación y el entrelazamiento, puede ser circular o elíptica, simétrica o asimétrica.

Glorieta Pequeña.

Cuando la calzada circulatoria de una vía se desarrolla alrededor de una isla central de 4 o más metros de diámetro pero inferior a 25 m.



Figura 4.18. Glorietas en Bogotá.
Fuente: Ortofotografía BDG de la SDP

4.4.4.11 Intersecciones a desnivel.

Las intersecciones a desnivel pueden ser separaciones a nivel, que no permiten conectividad entre las vías que se cruzan, o distribuidores o intercambiadores viales que permiten el acceso de una vía a la otra.

Un distribuidor es un sistema de interconexión de plataformas junto con una o más separaciones a nivel.

Las Intersecciones entre vías de la malla vial arterial, identificadas en el presente Plan como de tipo: V-0, V1, V-2 y V-3 se resolverán con base en los siguientes análisis:

- Evaluación e impactos urbanísticos.
- Movilidad: Tráfico vehicular de bicicletas y peatonal y su conectividad Evaluación financiera
- Evaluación de impactos ambientales por ruido, vibraciones y contaminación del aire.(Art 170)

Justificación para una separación de nivel.

a) Designación del diseño

b) Reducción de cuellos de botella o puntos de congestión

c) Mejoramiento de la seguridad

d) Topografía del lugar

e) Beneficios del usuario

f) Justificación del volumen

Separaciones de nivel sin ramas

Los tipos básicos de distribuidores son los siguientes:

- **Distribuidores de 3 ramales**

Intersecciones en Y

Intersecciones en T o trompeta

Trompeta

- Resuelve los giros a la izquierda con un lazo y un ramal semidirecto
- 1 obra de paso
- Se usa en bifurcación de autopista o en la unión de una autopista y una carretera convencional
- Semidireccional

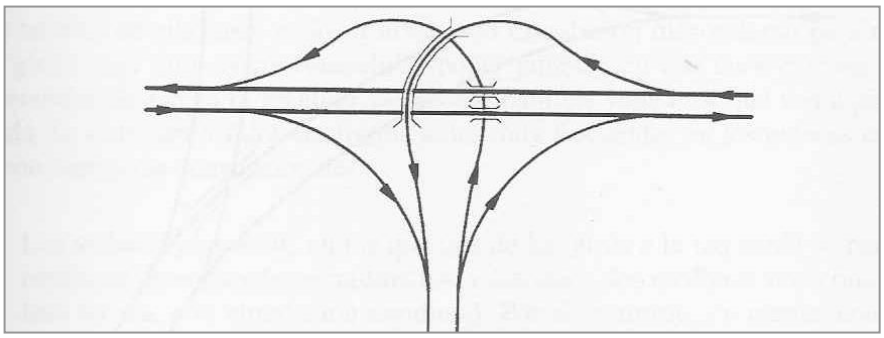


Figura 4.19 Enlace semidireccional.
Fuente: Libró Capacidad.

- Direccional

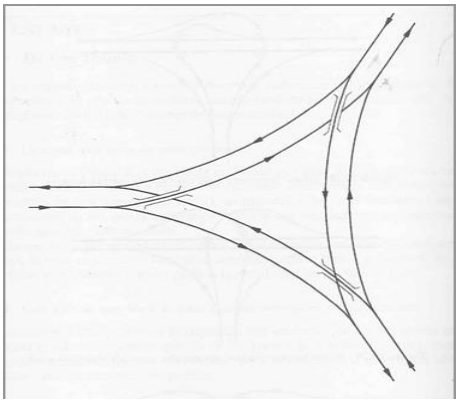


Figura 4.20 Enlace direccional.
Fuente: Libro de capacidad.

Diamante

- Los giros a la izq. se resuelven con ramales semidirectos
- Ocupación reducida
- 1 obra de paso
- Diamante normal

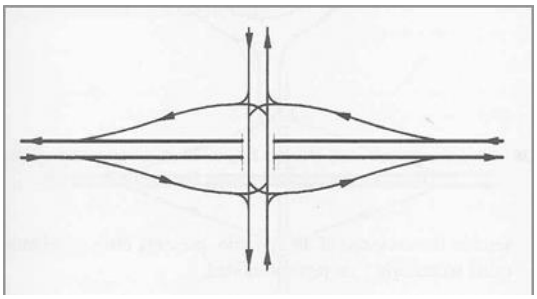


Figura 4.21 Enlace en diamante normal.
Fuente: Libro de capacidad.

- Diamante partido

4 ramales diseño

Divididos generalmente como:

Ramas en uno, dos o tres cuadrantes – tréboles parciales Diamante

Tréboles completos

Distribuidores con conexiones directas y semidirectas

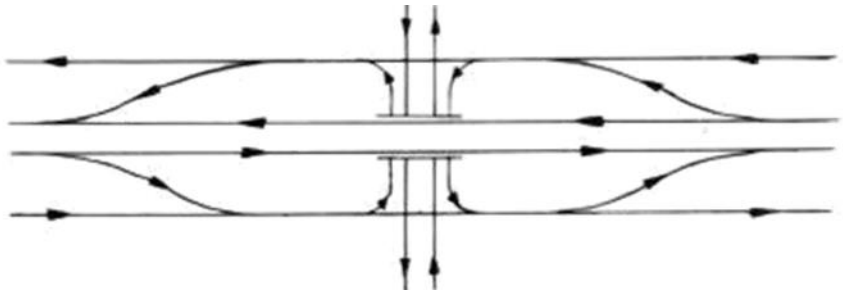


Figura 4.22 Enlace en diamante.
Fuente: Libro de capacidad.

4.4.4.11.1 Desarrollo por etapas.

En intersecciones que prevean más de una estructura para la intersección puede planificarse la ejecución de la misma por etapas distribuidas en el tiempo, sin embargo si el desarrollo definitivo consiste en una sola estructura, la ejecución por etapas puede resultar antieconómica, salvo que esto se haya previsto en el diseño original. Las ramas se adaptan perfectamente al desarrollo por etapas.

4.4.4.11.2 Factores económicos.

El costo inicial de una intersección a nivel especialmente si es un distribuidor, es alto, los costos combinados de estructura, ramas, plataformas directas, adquisición de predios, movimiento de tierra, paisajismo y ajustes de las vías existentes resultan más onerosos que los de una intersección a nivel.

Los costos de mantenimiento tanto de la estructura, como del pavimento, rampas, iluminación, etc. resultan ser mayores a los de una intersección a desnivel.

Los costos de operación vehicular no son fáciles de comparar, en general el tránsito directo se ve menos afectado por reducciones de velocidad, situación similar se presenta con el tránsito que gira a derecha o izquierda por carriles exclusivos, lo que no sucede en una intersección a nivel, en contradicción debería considerarse el costo por el incremento de pendientes tanto en el tránsito directo como en los que convergen o divergen por las

ramas, sin embargo las pendiente empinadas esta limitadas únicamente a cruce de caminos menores que se interceptan.

4.4.4.11.3 Sobre vs bajo.

En cada propuesta de diseño debe tomarse una decisión si la vía principal debe pasar por encima o por debajo de la estructura.

Generalmente esta decisión es definida por la topografía o por la clasificación de las vías, en general las condiciones que gobiernan la decisión recae en una de las tres siguientes alternativas.

1. La topografía predomina y el diseño se ajusta a ella.
2. La topografía no favorece ninguna decisión, y
3. Los controles de alineamiento y rasante de una vía son suficientemente importantes para subordinar los de otra.

Cuando la topografía no gobierna, como sucede en el terreno plano, se deben estudiar factores secundarios, tales como:

- La optimización del presupuesto o costos de la intersección.

  Existe cierta ventaja de advertencia de la intersección al tránsito que circula por debajo de la intersección, lo que le permite al conductor tener una alerta anticipada sobre la presencia de rampas de conexión.
- Desde el punto de vista estético y panorámico para el conductor es preferible el tránsito sobre la estructura que bajo ella.
- Cuando el tránsito que gira es significativo, los perfiles de las rampas se ajustan mejor si la vía principal está en el nivel inferior, ya que parte de la desaceleración de los que divergen será absorbida por la pendiente de la rampa, situación similar se presenta con los que convergen.

- En topografía ondulada pueden obtenerse cruces sobre la vía principal solo mediante la implementación de alineamientos forzados y rasante ondulada, por tanto de no existir una ventaja manifiesta para la selección del cruce, deberá darse prelación a la condición que garantice mejor visibilidad sobre el camino principal.
- El paso superior presenta mejores posibilidades para la ejecución por etapas.
- Los problemas de drenaje se pueden reducir elevando el camino principal, sin alterar la pendiente del transversal.
- En algunos casos por control ambiental del ruido, puede ser ventajoso deprimir la vía principal.
- Ancho de estructura.
- Por seguridad el ancho libre en el puente debe ser igual al de la plataforma de aproximación.
- Separaciones laterales.
- Las distancias laterales mínimas se presentan, la mínima separación será el ancho de la berma.
- Gálibo mínimo será de 4.5 m, y en autopistas de 5.0 m.
- Distancia horizontal para efectuar separaciones de niveles

  La separación por norma de niveles “H” es de 7.5 m o menos, para esta condición no pueden usarse pendientes superiores a 3% para Vd de 110 km/h, 4% para Vd de 100 km/h, 5% para Vd de 80 km/h y 6% para Vd de 60 km/h. Para valores de H ≥ 7.5 m deberán usarse pendientes más suaves que las indicadas.

- Para un H y Vd establecidos, la distancia D se acorta una cantidad depreciable por un incremento de pendiente por encima del 4% para Vd de 80 km/h y del 5% para Vd de 50 o 60 km/h.
- Generalmente una diferencia de cota de 6.0 a 6.6 m es suficiente separación vertical para albergar el gálibo y la estructura.

Ramas

- Incluye todos los tipos (orejas, accesos, lasos, rulos etc.), disposiciones y tamaños de las plataformas de giro que conectas dos o más ramales de un distribuidor. Están conformadas por dos terminales en los extremos y un camino de conexión.
- Las ramas se deben diseñar con una velocidad cercana a la velocidad de marcha de la vía principal en condiciones de tránsito, pero ocasionalmente esto no se logra.

4.5 Diseño Geométrico

4.5.1 Diseño horizontal

El eje de una carretera está compuesto por una serie de líneas conectadas por curvas, respecto a la parte horizontal del diseño la representación en planta es un alineamiento recto que se conecta por medio de curvas circulares buscando que sean fáciles de localizar y económicas de construir. Las curvas circulares pueden ser simples o compuestas.

4.5.1.1 Curvas circulares simples.

"Es un arco de circunferencia tangente a dos alineamientos rectos de la vía y se define por su radio (R), que es asignado por el diseñador" (Choconta Rojas, 2004)

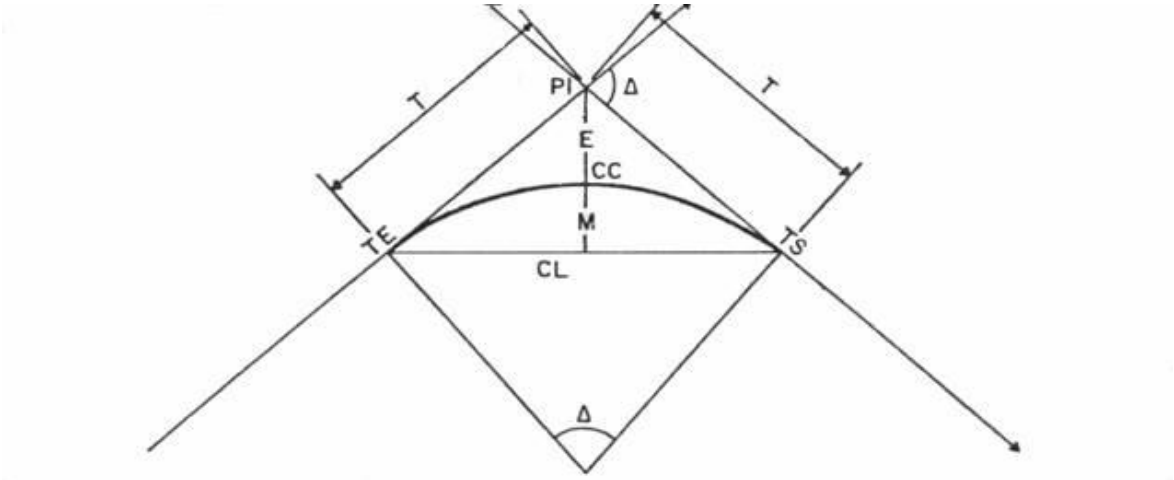


Figura 4.23. Curva Circular Simple.
Fuente: Oocities.org.

Los elementos geométricos que caracterizan una curva circular simple según el autor James Cárdenas en su libro diseño geométrico de una carretera (Cárdenas Grisales, 2002) son:

PI: Punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva.

PC: Punto donde inicia la curva, donde termina la tangente de entrada y empieza en un punto la curvatura.

PT: Punto donde inicia la tangente, donde termina la curva y empieza la tangente de salida.

O: Centro de la curva circular.

Δ: Ángulo de deflexión de las tangentes, es igual al ángulo central subtendido por el arco PC-PT.

***R*:** Radio de la curva circular simple.

***T*:** Subtangente o Tangente es la distancia desde el "PI" al "PC" o desde el "PI" al "PT".

L: Longitud de la curva circular; es la distancia desde el "PC" al "PT" vía curva.

CL: Cuerda Larga; es la distancia en línea recta desde el "PC" al "PT".

E: Externa; es la distancia desde el PI al punto medio de la cuerva "A".

M: Ordenada media; es la distancia desde el punto medio de la curva "A" al punto medio de la cuerda larga "B".

Para obtener estos elementos existen las siguientes ecuaciones tomadas de las notas de clase de Vargas Vargas & Rincón Villalba, 2010:

$$T = R\ tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Ecuación 4-3.Tangente.
Tomada de las notas de clase de Vargas Vargas & Rincón Villalba, 2010.

$$R = \frac{T}{\tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)}$$

Ecuación 4-4.Radio.
Tomada de las notas de clase de Vargas Vargas & Rincón Villalba, 2010

$$C = 2 * R * sen\frac{\Delta}{2}$$

Ecuación 4-5. Cuerda larga.
Tomada de las notas de clase de Vargas Vargas & Rincón Villalba, 2010

$$L = \Delta(rad) * R$$

Ecuación 4-6. Longitud de la circunferencia.
Tomada de las notas de clase de Vargas Vargas & Rincón Villalba, 2010

$$E = R * \left(\frac{1}{COS\frac{\Delta}{2}} - 1\right)$$

Ecuación 4-7. Externa
Tomada de las notas de clase de Vargas Vargas & Rincón Villalba, 2010

$$M = R * \left(1 - \frac{\cos\Delta}{2}\right)$$

Ecuación 4-8. Media.
Tomada de las notas de clase de Vargas Vargas & Rincón Villalba, 2010

Ángulos de deflexión

En orden de localizar las cuervas circulares en el terreno después de su diseño se realiza por medio de los ángulos de deflexión y las cuerdas, estos ángulos son los que se forman de la tangente con cada una de las cuerdas que sale del PC; el valor de estas es la mitad del ángulo central que intercepta el mismo arco.

Por el teorema de la geometría se sabe que el ángulo de deflexión (δ) es igual a la mitad del ángulo central (ϕ), lo cual es en general:

$$\delta=\frac{\phi}{2}$$

Ecuación 4-9. Angulo de deflexión.
Tomada de las notas de clase de Vargas Vargas & Rincón Villalba, 2010

Para curvas circulares con ángulos de deflexiones pequeños se recomiendan utilizar los valores de radios que se muestran en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Radios para pequeñas deflexiones entre alineamientos rectos.
Fuente: INVIAS 2008.

ANGULO ENTRE ALINEAMIENTOS	6°	5°	4°	3°	2°
RADIO MÍNIMO (m)	2000	2500	3500	5500	9000

4.5.1.2 Curvas espirales.

Son aquellas curvas que proporcionan un cambio gradual en la curvatura de la vía, iniciando por un tramo recto hasta terminar en una curvatura de grado determinado o viceversa. Son usadas principalmente en el diseño de vías férreas y de carreteras de alta velocidad porque estos diseños hacen que sea más sencillo realizar los giros cuando estos se presenten y se ve representado en comodidad tanto para el conductor como para los pasajeros, otras ventajas son que permite desarrollar gradualmente el peralte de la curva para acomodarlo de acuerdo a la variación de la fuerza centrífuga y reducen la probabilidad de que los vehículos se desvíen del carril. Esto mejora la seguridad del tránsito.

Los elementos geométricos que definen una curva espiral de transición según el autor James Cárdenas en su libro diseño geométrico de una carretera (Cárdenas Grisales, 2002) son:

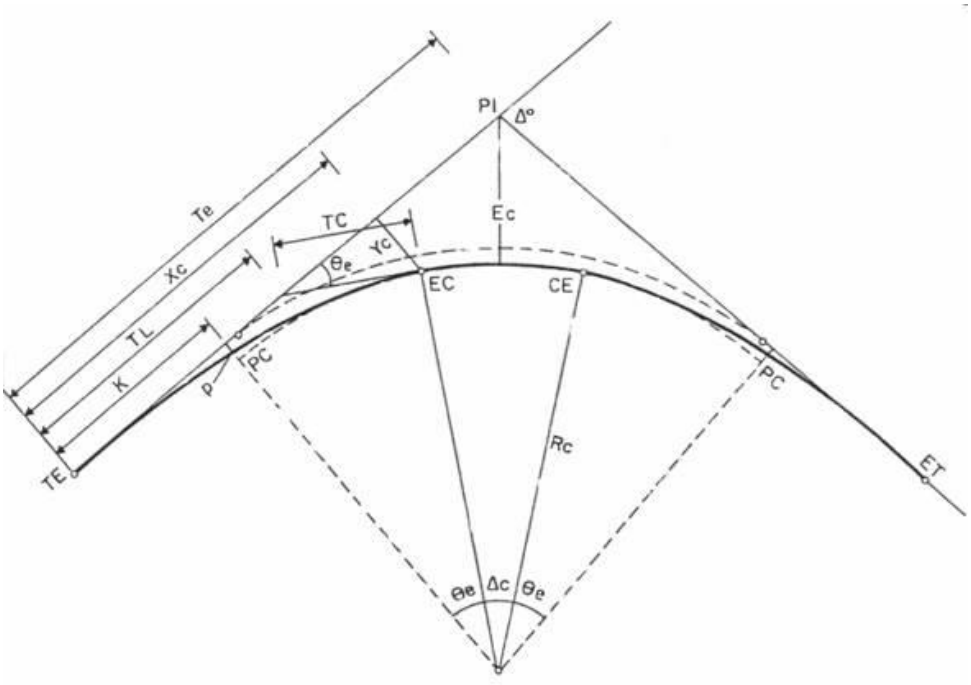


Figura 4.24. Curva Espiral.
Fuente: Oocities.org.

X, Y: Coordenadas cartesianas de un punto cualquiera P de la espiral, referidas al sistema de ejes X e Y.

θ = Ángulo correspondiente a P.

θe = Ángulo de la espiral.

Θp = Ángulo paramétrico.

Rc = Radio de la Curva circular simple.

dL = Elemento diferencial de arco.

dθ= Elemento diferencial de ángulo.

Algunas ecuaciones utilizadas para el cálculo de los elementos son:

$dL = Rd\theta$

$d\theta = \frac{1}{R} dL$

$\theta = \frac{L}{2R}$

4.5.1.3 Longitud de la espiral

Con respecto a la longitud mínima de transición de una curva espiral (Le) no debe ser inferior a un cierto valor mínimo que debe cumplir ciertas condiciones de tipo dinámico, geométrico y estético, existen varios criterios de los cuales se debe tomar el resultado del de mayor valor como longitud mínima.

De acuerdo con la variación de la aceleración centrifuga: En esta condición es evidente que para que el vehículo siga la trayectoria necesaria para circular sobre la curva se debe tener una longitud mínima de la siguiente ecuación:

$$Le \geq \frac{Ve}{(46..656\ (J))\left(\frac{Ve^2}{Rc} - (ec)\right)}$$

Ecuación 4-10. Longitud Mínima de la espiral de acuerdo a la variación de la aceleración centrífuga. .Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras.

En donde:

Ve: Velocidad Uniforme expresado en kilómetros por hora.

J: Variación de la aceleración centrífuga este valor se toma de la tabla 1 dependiendo de la velocidad.

Rc: Radio de la curva expresado en metros.

Ec: Peralte de la cuerva.

De acuerdo a la transición del peralte: para transitar de forma cómoda y segura desde el bombeo en forma recta al peralte donde empieza la curva circular se debe variar gradualmente el peralte de la calzada.

$$Le \geq \frac{e * a}{\Delta S}$$

Ecuación 4-11. Longitud mínima de la espiral de acuerdo a la transición del peralte.
Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras.

En donde:

e : Peralte de la curva.

a : Ancho del carril.

ΔS : Pendiente relativa en rampa.

Tabla 4.3. Variación de la Aceleración Centrífuga.
Fuente: manual de diseño geométrico de carreteras.

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
J (m/seg³)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4

Longitud mínima de la espiral por razones de percepción y estética: la longitud de una curva espiral debe ser suficiente para que se perciba el cambio de curvatura, para que el conductor este orientado.

$$Le \geq \sqrt{6 * Rc}$$

Ecuación 4-12. Longitud mínima de la espiral por razones de percepción y estética.
Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras.

Existen dos ecuaciones más que se tuvieron en cuenta para realizar el cálculo de las longitudes mínimas y máximas tomadas de las notas en clase (Vergara, 2013) las cuales son:

$$Le \geq 0.10472 * Rc$$

Ecuación 4-13. Ángulo de giro mínimo.

$$Le \leq 1.1 * Rc$$

Ecuación 4-14. Longitud máxima de la espiral.

4.5.1.4 Asignación de radios.

En cuanto a la asignación de radios en el proyecto, se tuvo en cuenta el grado de deflexión para las curvas por medio de la Tabla 4.4, tomada del manual de Invias y se tuvo en cuenta como radio mínimo con un peralte máximo de 4% para la velocidad asignada:

Tabla 4.4. Radio mínimo para peralte máximo de 4%.
Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras.

VELOCIDAD ASIGNADA (Km/h)	Peralte Máximo e%	Coeficiente de fricción Transversal (f)	TOTAL e/100 + f	Radio Redondeado
15	4.0	0.40	0.44	4
20	4.0	0.35	0.39	8
30	4.0	0.28	0.32	22
40	4.0	0.23	0.27	47
50	4.0	0.19	0.23	86
60	4.0	0.17	0.21	135
70	4.0	0.15	0.19	203
80	4.0	0.14	0.18	280
90	4.0	0.13	0.17	375
100	4.0	0.12	0.16	492

4.5.1.5 Entretangencia.

Es el tramo recto que se presenta entre dos curvas horizontales consecutivas, para las curvas de diferente sentido no se necesitan tramos rectos ni se emplean curvas de transición, si las curvas son circulares la entretangencia entre estas debe ser la mayor de estas dos condiciones:

- La distancia suficiente para desarrollar la transición del peralte o

- La distancia recorrida en metros a la velocidad menor de las curvas horizontales adyacentes en un tiempo de 5 segundos.

Para las curvas del mismo sentido la entretangencia no puede ser menos a la distancia recorrida en 5 segundos a la velocidad de la entretangencia horizontal si se emplean curvas de transición, si son únicamente curvas circulares no puede ser menor a la distancia recorrida en 15 segundos de la entretangencia horizontal.

4.5.1.6 Asignación de velocidades.

"La velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin que se origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la carretera, de tal manera que siempre se garantice la seguridad" (González, Rincón, & Vargas, 2012)

La velocidad es la relación entre el espacio recorrido por un vehículo y el tiempo que se demora ese recorrido este dato generalmente se da en kilómetros por hora (Km/h) y se suele expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{d}{t}$$

Ecuación 4-15. Velocidad.

Dónde:

V= Velocidad constante

d= Distancia

t= Tiempo

4.5.1.7 Velocidad de diseño (vtr).

Es la velocidad que se usa para definir las características geométricas mínimas de la vía y se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en una zona específica de una vía, al proyectar una carretera es recomendable hacerlo con una

velocidad estable y constante, esta sección depende de la constancia y categoría de la futura vía, de los volúmenes de transito que se van a desplazar sobre esta, de la topografía del terreno, de las consideraciones ambientales, de la facilidad de los accesos, de los recursos económicos, entre otros; Los valores recomendados están entre 80 y 110 kilómetros por hora, para este proyecto se utilizó 100 Km/h.

4.5.1.8 Velocidad específica (ve).

Es la velocidad máxima que se puede tener en ciertos tramos de la vía la cual puede variar a la velocidad de diseño, depende de los siguientes parámetros:

- La velocidad de diseño dentro de la que se encuentra el elemento, lo ideal es que sea la misma velocidad de diseño.
- De la geometría del segmento anterior que se está estudiando.
- La velocidad específica de un tramo homogéneo debe estar entre el siguiente rango:

$$Vtr \leq Ve \leq \left(Vtr + \frac{20Km}{h}\right)$$

Ecuación 4-16. Velocidad Específica.
Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras.

Existen otras velocidades que se deben tener en cuenta como:

- La velocidad especifica de la entretangencia horizontal
- La velocidad especifica de la curva vertical
- La velocidad especifica de la tangente vertical
- Velocidad especifica de la tangente vertical

4.5.2 Diseño vertical.

Es la proyección del eje real de la vía sobre una superficie vertical paralela a la misma, también llamado alineamiento en alzada; gracias a esto se puede ver la longitud real del eje

al cual se le llama rasante, al igual que el diseño horizontal está enlazado entre sí por curvas y rectas y tiene relación directa con la topografía. Debe haber correspondencia entre el diseño vertical y horizontal con el fin que estos sean consistentes y balanceados, garantizando la comodidad y seguridad de los usuarios.

Tabla 4.5. Pendiente media máxima del corredor de ruta (%) en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo.
Fuente: Manual de diseño Geométrico de carretera, 2008.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (Km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	

Tabla 4.6. Relación entre la pendiente máxima (%) y la velocidad específica de la tangente vertical.
Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras, 2008.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECIFICA DE LA TANGENTE VERTICAL (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	-	-	-	-	-	-	-

Para iniciar con el diseño vertical de una vía se deben tener en cuenta elementos como:

- Pendiente mínima: Es la que garantiza el adecuado funcionamiento de los drenajes de manera que no se generen charcos o pozos de agua lluvia, en terreno plano debe ser de (0,3%), siempre y cuando este respaldado con estudios del especialista en hidráulica.
- Pendiente Máxima: Este es un valor que está directamente relacionado con la velocidad de diseño del tramo homogéneo o con la velocidad específica de la tangente vertical, para la selección de este valor se presenta la Tabla 4.5 y la Tabla 4.6.

Los valores de la Tabla 4.5 para una tangente vertical pueden aumentar en 2% cuando se diseñan dos curvas verticales consecutivas, una convexa y la siguiente cóncava o al contrario.

- Tangentes: En el alineamiento vertical una tangente inicia donde termina un arco parabólico “PTV” y termina donde comienza el siguiente arco “PVC”, lo anterior determina la longitud de la tangente.
- Longitud Mínima: La longitud mínima de las tangentes verticales es la distancia entre dos vértices (PIV) contiguos. Tienen como condición que no debe ser menor a 7 segundos a la velocidad especifica de diseño. Para velocidades superiores a 40 Km/h no debe ser inferior a la distancia recorrida en 10 segundos de dicha velocidad, en la Tabla 4.7 se muestran valores para diferentes velocidades:

Tabla 4.7. Longitud mínima de la tangente vertical.
Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras, INVIAS 2008.

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL (Km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

- Longitud Máxima: Es la longitud más alta por la que puede ascender un vehículo pesado, como un camión, sin que tenga que reducir su velocidad por debajo de un valor determinado, se deben considerar aspectos como la relación entre la potencia y el peso de un vehículo, pendiente óptima para la operación de vehículos pesados, la velocidad media de los carros que transiten por esta vía, el tipo de vehículos que van a transitar por la misma y la perdida de la velocidad. El vehículo comienza a perder velocidad hasta un valor estable denominado velocidad sostenida en rampa.

- Criterio de longitud critica de pendiente: se aplica únicamente a pendientes superiores a 3% con las cuales los vehículos pesados verán afectada su velocidad de operación, los vehículos livianos o automóviles operan sin dificultad hasta con pendientes del 7%.

4.5.3 Diseño de la rasante.

Tabla 4.8. Pendientes máximas recomendadas.
Fuente: Manual de Diseño Geométrico para carreteras, 1998.

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera Principal de dos calzadas	**Plano**	-	-	-	-	-	-	4	3	3	3
	Ondulado	-	-	-	-	-	5	5	4	4	4
	Montañoso	-	-	-	-	-	6	6	5	5	5
	Escarpado	-	-	-	-	-	7	6	6	6	-
Carretera Principal de una calzada	**Plano**	-	-	-	-	5	4	4	3	-	-
	Ondulado	-	-	-	6	6	5	5	4	-	-
	Montañoso	-	-	-	8	7	7	6	-	-	-
	Escarpado	-	-	-	8	8	7	-	-	-	-
Carretera Secundaria	**Plano**	-	-	7	7	7	6	-	-	-	-
	Ondulado	-	11	10	10	9	8	-	-	-	-
	Montañoso	-	12	11	11	10	-	-	-	-	-
	Escarpado	15	14	13	12	-	-	-	-	-	-
Carretera Terciaria	**Plano**	-	7	7	7	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	11	11	10	10	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	14	13	13	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	16	15	14	-	-	-	-	-	-	-

Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y pendiente y se encuentran entre dos curvas, para saber la pendiente de la tangente se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$m = \left(\frac{\mathbf{\Delta} Y}{Tv}\right) 100$$

Ecuación 4-17, Cálculo de la pendiente.
Fuente: Manual de diseño geométrico de vías

En la cual:

m : Pendiente

$\mathbf{\Delta} Y$: Desnivel

Tv: Distancia horizontal entre dos puntos de la tangente.

La pendiente máxima se determina por elementos como volumen de tránsito, la configuración o el tipo de terreno y por la velocidad de diseño. En la Tabla 4.8 se muestran las pendientes máximas que se recomienda utilizar:

4.5.4 Curvas verticales.

Es un elemento del diseño de perfil que enlaza dos tangentes verticales consecutivas, así a lo largo de la longitud existen curvas cambiando suavemente la pendiente de la tangente de salida, estas deben asegurar una operación vehicular cómoda, segura y confortable, debe ser de apariencia agradable y con características adecuadas de drenaje. El punto en común de una tangente y una curva vertical se representa como PCV y el punto común de la tangente y la curva final de esta como PTV; al punto de intersección de dos tangentes se denomina PIV y a la diferencia algebraica de pendientes en este punto se denomina A. Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas; para estas últimas deben obtenerse distancias de visibilidad mínimo iguales a las de parada.

Existen diferentes tipos de curvas, entre estas están las curvas verticales simétricas.

4.5.4.1 Curvas verticales simétricas.

Esta es una parábola que cuenta con cualidades como:

La pendiente de la parábola es el promedio entre las líneas tangentes a ella en los extremos de la misma.

$lv = \frac{lv}{2} + \frac{lv}{2}$, siendo lv longitud de la curva vertical, distancia horizontal.

Existe una relación directa entre la cota y la distancia horizontal.

La variación de la pendiente a lo largo de la longitud es una constante.

Para el cálculo de las curvas verticales convexas y cóncavas se utiliza la siguiente ecuación:

$$y = A * \frac{X^2}{200 * LV}$$

Ecuación 4-18. Cálculo de curvas verticales.
Fuente: Manual de Diseño Geométrico para carreteras, 1998.

Dónde:

Y: corrección por pendiente.

A: diferencia algebraica entre pendiente de entrada y salida.

X: distancia horizontal desde PCV o PTV.

Lv: longitud de la curva vertical.

4.5.5 Criterios de diseño

Para el diseño de curvas verticales se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

4.5.5.1 Criterio de operación.

Si en el recorrido del tramo de la carretera son de una longitud corta se genera una impresión en el conductor de un cambio súbito en el alineamiento vertical, este cambio se traduce como perdida en el trazado y en cóncavas el quiebre vertical de dos pendientes; afectando con ello el nivel de servicio de la vía, esta se define con la se define como el sesenta por ciento de la velocidad especifica de la curva vertical como se muestra en la Ecuación 4-19.

$$LVmin = 0.6 * Vcv$$

Ecuación 4-19. Criterio de operación.
Fuente: INVIAS 2008.

Dónde:

LV min= longitud mínima de la curva vertical.

Vcv= velocidad especifica de la curva vertical.

4.5.5.2 Criterio de seguridad.

La curva vertical debe tener una longitud tal que garantice una distancia igual o superior a la visibilidad de parada Dp y una distancia que permita el adelantamiento de vehículos Da, para para definir este criterio se tienen las siguientes ecuaciones:

Para curvas verticales convexas:

Caso I: (DV≥LV)

$$LV = 2Dp - \frac{447}{A}$$

Ecuación 4-20. Criterios de seguridad para curvas convexas cuando DV≥LV, caso I para Dp
Fuente: INVIAS 2008.

$$LV = 2Da - \frac{977}{A}$$

Ecuación 4-21. Criterios de seguridad para curvas convexas cuando DV≥LV, caso I para Da.
Fuente: INVIAS 2008.

Dónde:

Lv: longitud de curva vertical.

Dv: distancia de visibilidad.

Dp: distancia de parada.

Da: distancia adelantamiento.

A: diferencia algebraica entre pendiente de entrada y salida.

Caso II: (DV≤LV)

$$LV = A * \frac{Dp^2}{447}$$

Ecuación 4-22. Criterios de seguridad para curvas convexas cuando DV≤LV, caso II para Dp.
Fuente: INVIAS 2008.

$$LV = A * \frac{Da^2}{977}$$

Ecuación 4-23. Criterios de seguridad para curvas convexas cuando DV≤LV, caso II para Da. Fuente: INVIAS 2008.

Dónde:

Lv: longitud de curva vertical.

Dv: distancia de visibilidad.

Dp: distancia de parada.

Da: distancia adelantamiento.

A: diferencia algebraica entre pendiente de entrada y salida.

Para curvas verticales cóncava:

Caso I: (DV≥LV)

$$LV = 2Dp - \frac{3.5Dp + 120}{A}$$

Ecuación 4-24. Criterios de seguridad para curvas cóncavas cuando DV≥LV, caso I. Fuente: INVIAS 2008.

Dónde:

Lv: longitud de curva vertical.

Dv: distancia de visibilidad.

Dp: distancia de parada.

Da: distancia adelantamiento.

A: diferencia algebraica entre pendiente de entrada y salida.

Caso II: (DV≤LV)

$$LV = A * \frac{Dp^2}{3.5Dp + 120}$$

Ecuación 4-25. Criterios de seguridad para curvas cóncavas cuando DV≤LV, caso II. Fuente: INVIAS 2008.

Dónde:

Lv: longitud de curva vertical.

Dv: distancia de visibilidad.

Dp: distancia de parada.

Da: distancia adelantamiento.

A: diferencia algebraica entre pendiente de entrada y salida.

4.5.5.3 Criterio de comodidad.

Al recorrer una curva vertical se genera una fuerza similar a la fuerza centrífuga presentada en las curvas horizontales, según la primera Ley de Newton, el cuerpo tiende a seguir la dirección en la cual transitaba; por lo tanto en curvas convexas cortas el conductor experimenta una sensación de salir despedido hacia arriba, en curvas cóncavas cortas sucederá lo mismo pero en sentido contrario, por ende se trata de definir diseños simples y uniformes al disminuir cambios de velocidad, aceleraciones y desaceleraciones., cuando no sea posible establecer este tipo de uniformidad, se debe optar por dotar la vía de una curvatura con transiciones adecuadas de modo que permita a los conductores adaptarse de mejor manera a las velocidades de operación.

4.5.5.4 Criterios de drenaje.

Se tiene en cuenta en el diseño de curvas verticales tanto convexas como cóncavas, cuyas pendientes de entrada y salida son de signo contrario, generando que en algún momento tengan pendiente nula. Para altas velocidades (100 km/h) las longitudes mínimas superan el K máximo de drenaje siendo este 50.

$$Lmax = 50 * A$$

Ecuación 4-26. Criterios de drenaje.
Fuente: INVIAS 2008.

En el momento de tomar la decisión de que longitud vertical seleccionar, debe ser un valor que oscile entre el valor resultado del cálculo de la longitud máxima y el mayor resultado de las Lv mínimas, el cual debe ser múltiplo de 20.

4.5.5.5 Distancia de visibilidad de parada (dp).

"Es la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo que circula aproximadamente a la velocidad de diseño pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo fijo que aparezca en su trayectoria."(Cárdenas Grisales, 2002).

La longitud requerida para detener el vehículo es la suma de la distancia recorrida durante el tiempo de percepción - reacción PIEV, adoptado para Colombia como 2.5 segundos y la distancia recorrida durante el frenado df; esta distancia es desde el momento que se aplica los frenos hasta que el vehículo se detiene totalmente, circulando con movimiento uniformemente desacelerado.

$$Dp = 0.695 * Ve + \frac{Ve^2}{87.18}$$

Ecuación 4-27. Distancia de visibilidad de parada.
Fuente: INVIAS 2008

Dónde:

Dp: distancia de parada.

Ve: velocidad especifica del elemento sobre el cual se ejerce la maniobra de frenado (VCH, VETH, VCV o VTV) en Km/h.

Tabla 4.9. Distancia de visibilidad de parada para tramos a nivel.
Fuente: Diseño geométrico de vías

Velocidad especifica	Distancia de Percepción Reacción	Distancia durante el frenado de Nivel	Distancia de visibilidad de parada	
			Calculada	Redondeada
(Km/h)	(m)	(m)	(m)	(m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	83.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

Para pendientes superiores a 3% tanto en ascenso (+p), como en descenso (-p) la ecuación es la siguiente:

$$Dp = 0.695 * Ve + \frac{Ve^2}{254 * \left(0.347 \pm \frac{p}{100}\right)}$$

Ecuación 4-28. Distancia de visibilidad de parada para pendientes superiores al 3%.
Fuente: INVIAS 2008

Dónde:

Dp: distancia de parada.

Ve: velocidad especifica del elemento sobre el cual se ejerce la maniobra de frenado (VCH, VETH, VCV o VTV) en Km/h.

P: pendiente.

Tabla 4.10. Distancia de visibilidad de parada para tramos con pendiente.
Fuente: Diseño geométrico de vías

Velocidad especifica	**Distancia de visibilidad de parada (m) Dp.**					
	Descenso			**Ascenso**		
Ve(Km/h)	-3%	-6%	-9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	32	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	263	281	304	234	223	214
130	302	323	350	267	254	243

4.5.5.6 Distancia de visibilidad de adelantamiento (da).

Esta se da cuando la distancia de visibilidad en un tramo es suficiente para que en condiciones seguras, el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que va por el mismo carril con menor velocidad teniendo en cuenta que no se haga daño a un tercer vehículo, solo se deberá considerar únicamente para carreteras de dos carriles con tránsito en dos direcciones. Esta se halla con la suma de cuatro distancias:

Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros.

Distancia recorrida por el vehículo que adelanta durante el tiempo desde que invade el carril del sentido contrario hasta que regrese a su carril, en metros.

Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en la dirección opuesta, en metros.

Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario (estimada como 2/3 de D2) en metros.

$$D1 = 0.278 * t1 * (V - m + a * \frac{t1}{2})$$

$$D2 = 0.278 * V * t2$$

$$D3 = Distancia\ variable\ (30 - 90)m\ \ segun\ vel.$$

$$D4 = \frac{2 * D2}{3}$$

Ecuación 4-29. Distancia de visibilidad de adelantamiento.
Fuente: INVIAS 2008

Dónde:

t1: tiempo de maniobra inicial, en segundos.

V: velocidad del vehículo que adelanta.

a: promedio de aceleración que el vehículo necesita para iniciar el adelantamiento, Km/h/s.

m: Diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado, igual a 15 km/h en todos los casos.

t2: tiempo empleado por el vehículo al realizar la maniobra para volver a su carril. En metros.

4.5.6 Peraltes

Es la inclinación que se le realiza a la calzada para que el deslizamiento lateral del vehículo no sea tan fuerte y permita que el vehículo siga la trayectoria deseada, se hace para compensar la inercia o fuerza centrífuga que existe como ley natural. El la Tabla 4.11 se muestra la forma en la que se sacaron los valores del peralte de acuerdo con la velocidad y el peralte máximo:

Tabla 4.11. Peraltes específicos con base en el radio de la curva.
Fuente: INVIAS MDGC.

E	Vd=20 km/h	Vd=30 km/h	Vd=40 km/h	Vd=50 km/h	Vd=60 km/h	Vd=70 km/h	Vd=80 km/h	Vd=90 km/h	Vd=100 km/h
%	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)	R(m)
1.5	163	371	679	951	1310	1740	2170	2640	3250
2	102	237	441	632	877	1180	1490	1830	2260
2.2	75	187	363	534	749	1020	1290	1590	1980
2.4	51	132	273	435	626	865	1110	1390	1730
2.6	38	99	209	345	508	720	944	1200	1510
2.8	30	79	167	283	422	605	802	1030	1320
3	24	64	137	236	356	516	690	893	1150
3.2	20	54	114	199	303	443	597	779	1010
3.4	17	45	96	170	260	382	518	680	879
3.6	14	38	81	144	222	329	448	591	767
3.8	12	31	67	121	187	278	381	505	658
4	8	22	47	86	135	203	280	375	492

Para los casos en que el radio no se encuentra en la tabla se realiza una interpolación con los dos datos que están antes y después de valor del cual se quiere saber el peralte.

4.5.7 Diseño transversal

"Consiste en la definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que forman la carretera, y su relación con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal." (Cárdenas Grisales, 2002)

Como el presente proyecto consiste en una vía a segundo nivel no se va a presentar intervención ni en la rasante del terreno ni bajo ésta, por lo que no va a existir movimiento de tierras ni volúmenes de la misma.

4.5.7.1 Elementos de la sección transversal.

- Ancho de zona o derecho de vía: Es la faja de terreno destinada para la construcción, mantenimiento, ampliaciones y servicios de seguridad, los anchos de vía se presentan en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12. Anchos de zonas, Diseño geométrico de vías.

Categoría de la carretera	Ancho de zona (m)
primaria de dos calzadas	≥30
primaria de una calzada	24-30
segundaria	20-24
Terciaria	12

- Explanación: Es la zona que delimita el movimiento de tierras para cada sección transversal, es decir la zona entre chaflán derecho y chaflán izquierdo.
- Corona: Está comprendido por los carriles y las bermas, en vías de dos sentidos incluyen el separador central.
- Calzada: Es la zona donde circulan los vehículos, por lo tanto está constituida por los carriles de tránsito, los cuales deben tener su respectiva demarcación; los anchos de calzada dependen del tipo de terreno y de las velocidades de la vía. Ver Tabla 4.14.
- Berma: Es la zona que se encuentra entre el borde de la calzada y la cuneta, cumple funciones como permitir realizar detenciones ocasionales, aumenta la seguridad de la vía ya que ofrece espacio adicional para poder realizar maniobras de emergencia, sirve de confinamiento para el pavimento de la calzada brindando protección ante una posible inestabilidad y permite tener una mayor luz generando comodidad para los conductores.
- Sobreancho de compactación: Es una franja de material granular construido al lado de las bermas en terraplén para confinar la estructura de la berma, el ancho promedio es de 0.50 metros. Este espacio puede ser aprovechado para la instalación

de señalización y defensas metálicas. En este caso no se manejarán sobreanchos en el desarrollo de este proyecto ya que el vehículo de diseño es un automóvil.

- Bombeo: La pendiente transversal cumple la función de drenar el agua hacia las cunetas y su valor depende del tipo de revestimiento. Para el número de carriles por sentido se hizo un análisis de capacidad y niveles de servicio explicado en la sección de tránsito. La Tabla 4.13 muestra el bombeo usado de acuerdo al tipo de superficie de rodadura.

Tabla 4.13. Bombeo de la calzada.
Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras, Invías.

TIPO DE SUPERFICIE DE RORADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 - 3
Superficie de tierra o grava	2 - 4

Tabla 4.14. Ancho de calzada en metros.
Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras, Invías.

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Carretera Principal de dos calzadas	**Plano**	-	-	-	-	-	-	7.3	7.3	7.3	7.3
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.3	7.3	7.3	7.3
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.3	7.3	7.3	7.3	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.3	7.3	7.3	-	-
Carretera Principal de una calzada	**Plano**	-	-	-	-	-	-	7.3	7.3	7.3	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.3	7.3	7.3	7.3	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.3	7.3	7.3	7.3	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7	7	7	-	-	-
Carretera Secundaria	**Plano**	-	-	-	-	7.3	7.3	7.3	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7	7.3	7.3	7.3	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.6	7	7	7	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6	6.6	7	-	-	-	-	-
Carretera Terciaria	**Plano**	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6	6	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-

4.5.7.2 Secciones transversales.

La sección transversal describe los elementos de la carretera; tiene un eje de simetría el cual se llama eje longitudinal de trazado, éste es la línea formada por la proyección horizontal de la sucesión de todos los ejes de simetría de la sección transversal, por lo que el perfil longitudinal es la representación gráfica de la intersección del terreno con un plano vertical que contiene el eje longitudinal, con esto obtenemos la forma de la altimetría el terreno a lo largo de la línea de nivelación.

El perfil transversal es la representación del terreno con un plano vertical, perpendicular al eje longitudinal, realizada en cada uno de los puntos que definen el eje longitudinal, para poder calcular el volumen de excavación o terraplén.

Las características principales de la sección transversal están dadas por el tipo de carretera, el volumen de tránsito, la velocidad, el tipo de terreno, el peralte, el sobreancho y la estructura de pavimento.

4.6 Señalización vial

Para la intervención en cuanto a mejoramiento y rehabilitación vial y reconstrucción de andenes se debe realizar un plan de señalización que garantice seguridad, fluidez, orden y comodidad tanto al conductor como al peatón. A continuación se mencionan los tipos de señalización que se utilizarán en el presente proyecto.

4.6.1 Señalización Vertical

Las señales verticales cumplen la función de reglamentar las prohibiciones, restricciones o limitaciones. Es importante no exceder en número la instalación de señales, ya que esto puede ocasionar contaminación visual y perdida de efectividad en su función. Estas señales se clasifican en:

4.6.1.1 Señales Reglamentarias

Las señales reglamentarias tienen por objeto indicar a los usuarios las limitaciones, prohibiciones o restricciones. Estas señales se identifican por el código general SR y se presentan en la Figura 4.25.



Figura 4.25. Señales reglamentarias.
Fuente: Manual de señalización 2015

4.6.1.2 Señales informativas

Las señales informativas tienen por objeto guiar al usuario, suministrándole la información necesaria en todo lo referente a la identificación de localidades, destinos, direcciones, intersecciones y cruzamientos, prestación de servicios, etc. Estas señales se identifican con el código general SI y se pueden observar en la Figura 4.26



Figura 4.26. Señales informativas.
Fuente: Manual de señalización 2015

4.6.1.3 Señales Preventivas

Las señales preventivas tienen por objeto advertir sobre la proximidad de una condición de riesgo. Estas señales se identifican por el código general SP y se pueden observar en la



Figura 4.27. Señales preventivas.
Fuente: Manual de señalización 2015

4.6.2 Señalización horizontal

De acuerdo al manual de señalización vial, la señalización horizontal corresponde a la aplicación de marcas viales conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se adhieren sobre el pavimentos, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como a los dispositivos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

Estas son llamadas también demarcaciones y deben ser elaboradas en material retrereflectante.

5. METODOLOGÍA

5.1 Información base

En ésta fase se reunió la información necesaria para el desarrollo del proyecto. Con el fin de conseguir la cartografía de toda la zona de la avenida NQS de Bogotá, se vio la necesidad de dirigirse a los posibles entes u organismos que poseen información cartográfica de la ciudad, como el Agustín Codazzi, la unidad administrativa de catastro, el IDU y el IDECA. Estos documentos se pueden encontrar en el Anexo 1.1 Planos IDU.

También fue necesario obtener los aforos en la secretaria de movilidad de Bogotá, de las estaciones permanentes ubicadas en las cercanías del lugar objeto de estudio, para este caso se solicitó el aforo de la estación maestra ubicada en la carrera 30 con calle 53; con base en esta información se procesaron los datos para obtener elementos que permitieran suponer el tránsito en años futuros. Estos registros se encuentran en el Anexo 1.3, Registros secre. Mov y Fenalco.

5.2 Estudio de volúmenes vehiculares

En la siguiente sección se describe de manera breve la metodología empleada para llevar a cabo el estudio de volúmenes vehiculares elaborado para el desarrollo del proyecto.

Antes de ir a campo se debe realizar una reunión con los integrantes del grupo del proyecto, en la cual se define un único tipo de formato a tener en cuenta, una clasificación específica para los vehículos y los elementos que se necesitan para la llevar a cabo esta tarea, los cuales fueron: una cinta métrica para tomar las medidas del ancho de la calle, un cronometro para tomar los aforos durante el tiempo necesario y las planillas.

5.2.1 Determinación de hora de toma de información con base en datos de la estación maestra.

Para la determinación de la hora de máxima demanda de la intersección, de la avenida NQS con calle 53 B BIS, se utilizó información adquirida en la secretaria de movilidad referente al estudio de tránsito y volúmenes registrados por la estación maestra ubicada en la NQS con avenida calle 53 del año inmediatamente anterior al año del proyecto, para este caso el del año 2015.

En el presente informe se evidencia el volumen diario máximo anual, es decir se presenta el día en el cual la estación registró más vehículos durante todo el año. A su vez este está dividido en volúmenes horarios y en rangos de 15 minutos. La hora de máxima demanda indica el lapso de tiempo de una hora en la cual circularon más vehículos durante todo el día presentado, en el informe se presentan 3 horas pico en los que los volúmenes de transito aumentan significativamente durante el día. Estos corresponden a la mañana, al medio día y a la noche. A partir de estos 3 se entra a analizar en cual circulan más vehículos, encontrándose así que el volumen horario máximo o la hora de máxima demanda se presenta en el pico presentado en las horas de la mañana y corresponde al lapso comprendido entre las 7 am y 8 am.

Esta hora corresponde a la de máxima demanda que se tendrá en cuenta para realizar las proyecciones del tránsito en el presente trabajo.

Dicho informe se adjuntó en el Anexo 1.2. Registro Histórico Volúmenes de Tránsito, en la hoja 3 del archivo se puede observar los valores totales de vehículos mixtos organizados cada 15 minutos con sus totales por hora y en la hoja 4 existe una gráfica que representa el comportamiento de los volúmenes vehiculares por hora en la cual es posible identificar la hora de máxima demanda.

5.2.2 Procedimiento de campo

5.2.2.1 Visita a la intersección objeto de estudio.

La intersección objeto de estudio se encuentra ubicada en Colombia, la cuidad de Bogotá y corresponde a la Carrera 30 con Calle 53B bis, barrio galerías. Ver Figura 5.1 y Figura 5.2.

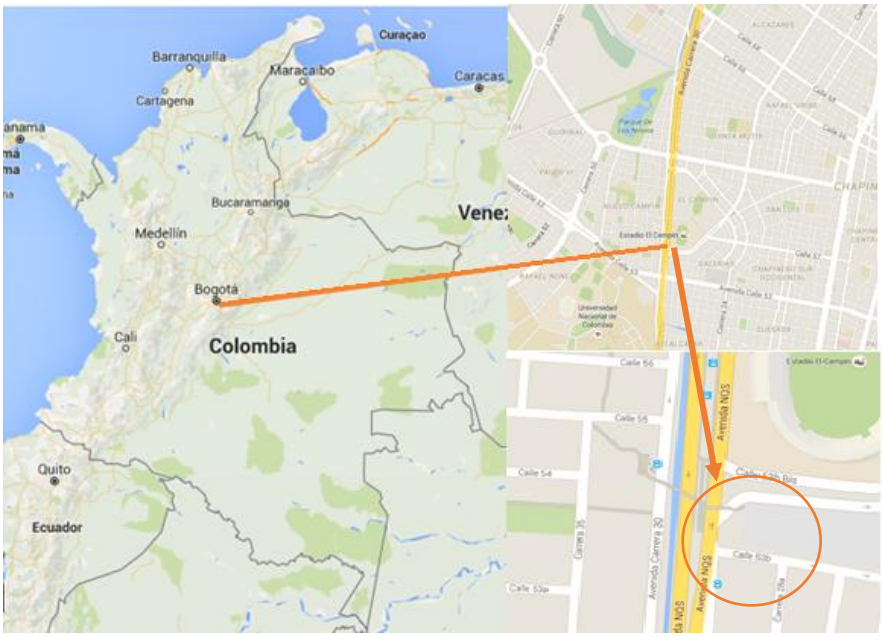


Figura 5.1. Ubicación general de la intersección.
Fuente: Google Maps.



Figura 5.2. Ubicación de la intersección.
Fuente: Google Earth.

5.2.2.2 Personal en campo para la toma de volúmenes vehiculares.

Con esta visita se pudo determinar el número de personas necesarias para realizar el aforo. Ya que el volumen vehicular es demasiado alto se determinó que se debía contar con 9 aforadores, 2 para tomar el movimiento 1, 2 para el movimiento 2, 4 para la intersección de la Cra 28 con Cll 53B Bis que por el sentido de las vías captarían los dos movimientos faltantes de la Cra 30 correspondientes al 9(2) y 9(4); y por último un para la Y que viene de la 30 hacia el sur y sale a la diagonal 61C.

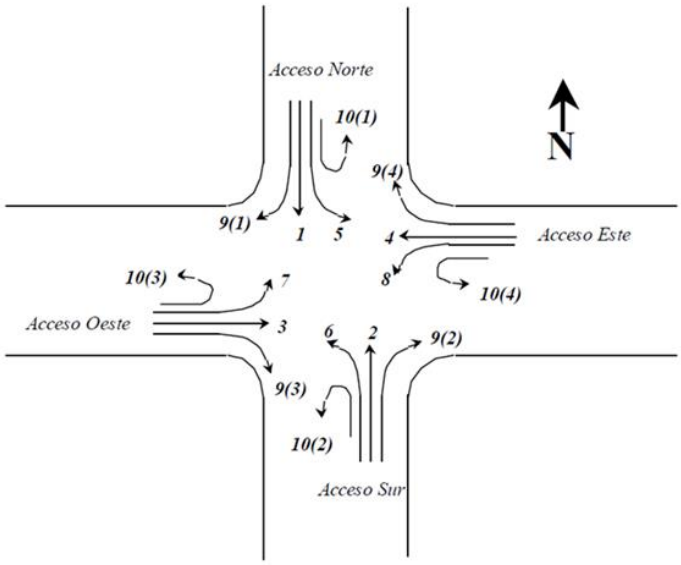


Figura 5.3. Movimientos permitidos.
Fuente: Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte en Santa Fe de Bogotá.

El personal que realizo el aforo vehicular fue previamente capacitado para dicha tarea; se expusieron los diferentes tipos de vehículos, los periodos de tiempo que se determinaron para el estudio y la importancia de la veracidad en la toma de los datos.

5.2.2.3 Codificación de los movimientos vehiculares de la intersección.

La codificación empleada para el estudio es la implementada por el manual de planeación del tránsito, donde se determinó que los movimientos permitidos en la intersección son: 1, 2, 9(2), 9(4) como se muestra en la Figura 5.4.

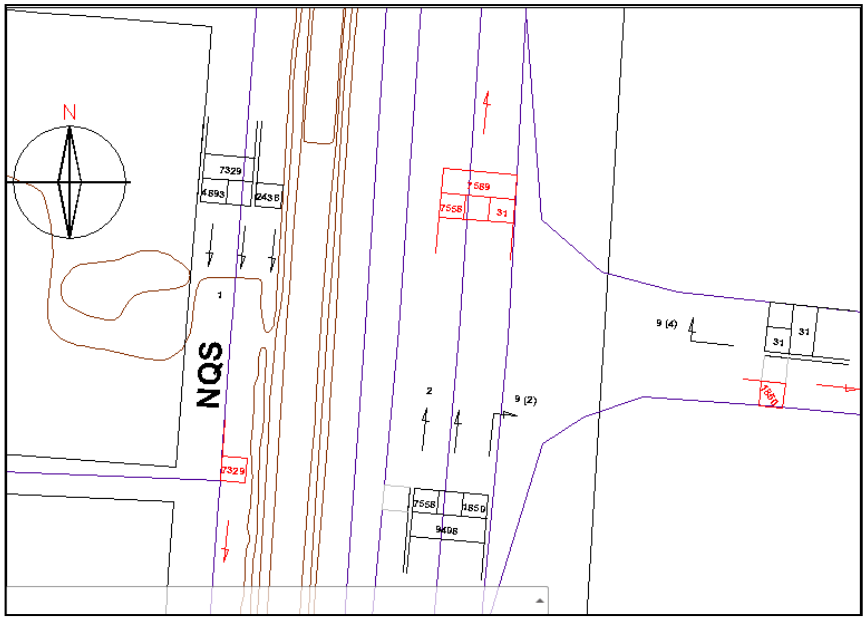


Figura 5.4. Movimientos sobre la Cra 30 con Cll 53B bis.
Fuente: Elaboración Propia.

Para la intersección aledaña a la carrera 30 ubicada en la carrera 28 con calle 53B bis se encuentran los movimientos 2, 9(2), 4 y 6 como se muestra en la Figura 5.5.

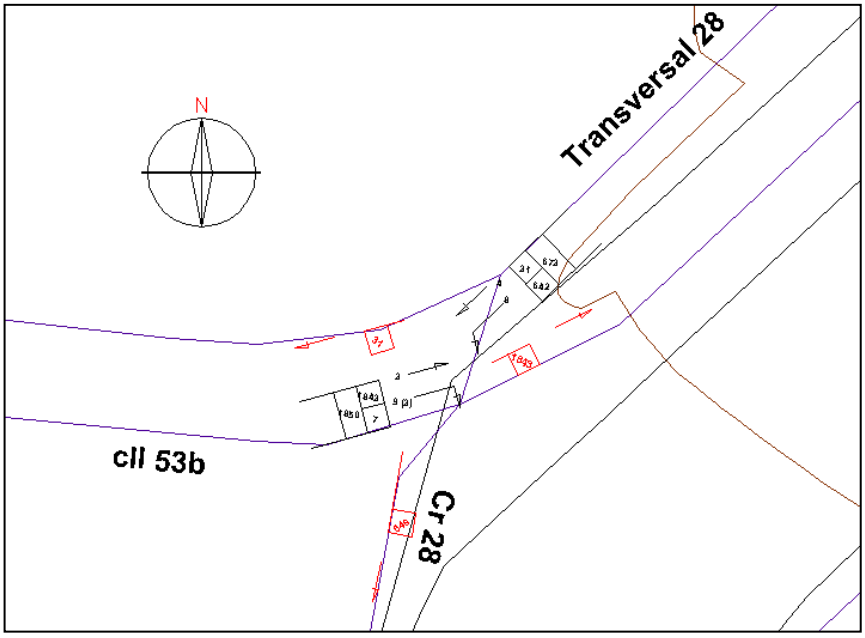


Figura 5.5. Movimientos intersección Cra 28 con Cll 53B bis.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.6 se muestran los volúmenes vehiculares de la “Y” que son necesarios en el cálculo de volúmenes futuros de una de las intersecciones que se quieren crear.

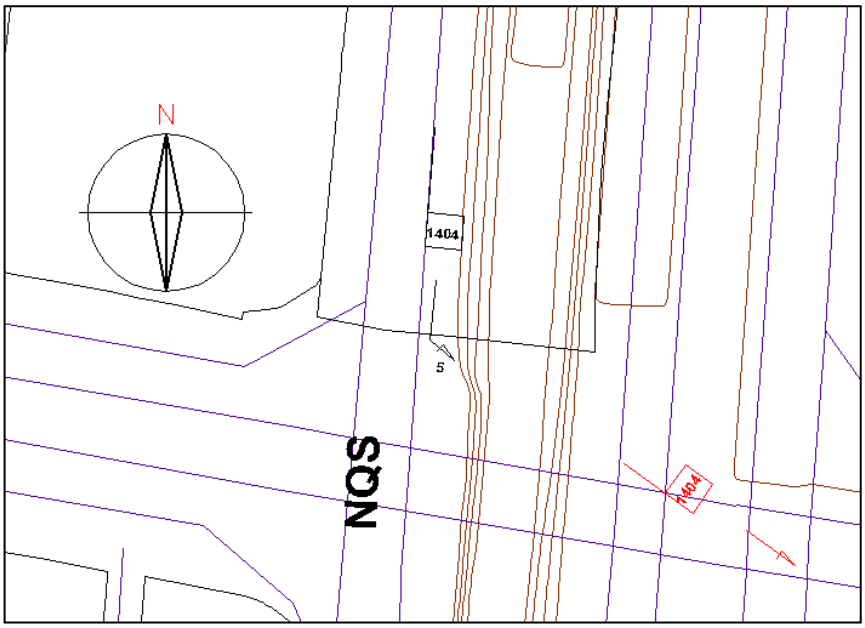
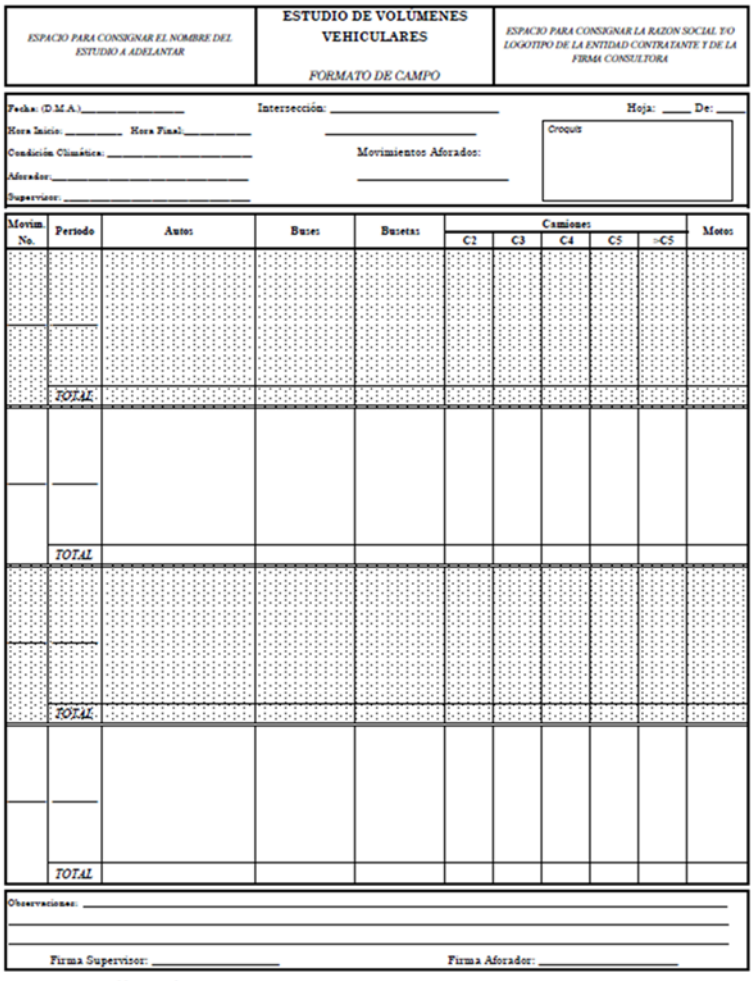


Figura 5.6. Intersección en Y Cra 30 a Diag. 61 C.
Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.4 Toma de la información volúmenes vehiculares.

La información de campo se registró durante un lapso de 1 hora, de 7:00am a 8:00 am., esta hora se definió de acuerdo a la estación maestra de la Carrera 30 con calle 53 del año 2015. La información se diligencio en formatos de campo tomados del manual para estudios de tránsito y transporte del manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte (Ver Figura 5.7). Esta se realizó por medio de conteos manuales en periodos de 15 minutos clasificando los vehículos en: autos, buses, busetas, camiones tipo C2, C3, C4, C5 y motos, como se muestra en la Figura 5.8. Los formatos diligenciados en campo de los aforos realizados se encuentran en el Anexo 2.1, Aforos.



ESPACIO PARA CONSIGNAR EL NOMBRE DEL ESTUDIO A ADELANTAR

ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES

FORMATO DE CAMPO

ESPACIO PARA CONSIGNAR LA RAZON SOCIAL Y/O LOGOTIPO DE LA ENTIDAD CONTRATANTE Y DE LA FIRMA CONSULTORA

Fecha: (D.M.A.)_____ Intersección: _____ Hoja: ____ De: ____

Hora Inicio: _____ Hora Final:_____ _____

Condición Climática: _____ Movimientos Aforados:

Aforador:_____ _____

Supervisor: _____ Croquis

Movim. No.	Periodo	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
					C2	C3	C4	C5	>C5	
	TOTAL									
	TOTAL									
	TOTAL									
	TOTAL									

Observaciones: _____

Firma Supervisor: _____ Firma Aforador: _____

Figura 5.7. Formato de campo para registro de volúmenes vehiculares.
Fuente: Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte en Santa Fe de Bogotá, Cuadro 5.3.

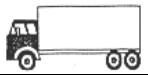
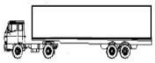
Categoría de vehículo	Tipo de vehículo	Gráfico
Automóviles	**2 ejes**	
Motocicletas	**2 ruedas**	
Buses	**Busetas 2 ejes**	
	Buses 3 ejes	
Camiones	**C2 - 2 ejes medianos**	
	C3 - 3 ejes	
	C4 - 4 ejes	
	C5 - 5 ejes	
	> C5	

Figura 5.8. Clasificación vehicular.
Fuente: Elaboración propia.

5.3 Proyecciones de volúmenes

Con el fin de realizar el modelamiento del tránsito dentro de la intersección y obtener elementos fundamentales para el diseño, es necesario realizar una proyección del tránsito actual a 20 años para saber las características del tránsito futuro.

Para esto se obtuvieron datos históricos de una estación maestra de cinco o más años correspondientes al volumen máximo diario anual. Fue necesario dirigirse a la secretaria de movilidad de Bogotá en donde se solicitó esta información para realizar la correspondiente proyección por medio de regresiones lineal, potencial, exponencial o logarítmica.

También dentro del proceso de adquisición de la información base, se buscaron algunos informes del sector de movilidad acerca de las tasas de crecimiento del parque automotor en la ciudad. Esta información se adquirió en las páginas de internet de FENALCO y

secretaria de planeación de Bogotá que se pueden evidenciar en el Anexo 1.3 Registros Secre. Mov. Y FENALCO parque automotor.

5.3.1 Regresiones

En primer lugar se organizaron los volúmenes diarios máximos anuales obtenidos por la estación maestra desde el año 2011 hasta el 2015. Con el fin de obtener el dato de 2016 se realizó un ajuste de los volúmenes horarios con los datos del año anterior debido a la falta de este dato en la información recolectada. Para ello se toma el volumen horario máximo anual del 2015 y se halla el porcentaje de cada uno de los datos con respecto al volumen total de todo el día. Luego de esto y con el volumen vehicular que se registró en la hora de máxima demanda de los aforos realizados, se procede a determinar cada uno de los volúmenes horarios partiendo de la hora en la que se conoce dicho volumen y con los porcentajes del año 2015. La sumatoria de dichos datos, es decir el volumen diario corresponde al dato VHMA del 2016.

Continuando, se organizan los datos de los cinco años de manera que se pueda realizar la regresión y determinar la ecuación según la función. Para esto se realizó por medio del software Excel donde se generaron 4 graficas de función lineal, potencial, exponencial y logarítmica en las que se halló la ecuación de cada una de las regresiones.

También fue necesario realizar este mismo proceso con la información de las tasas de crecimiento del parque automotor de Bogotá ya que los datos de volúmenes vehiculares presentaron una distribución no uniforme por lo cual no brindaba confiabilidad para realizar la proyección futura. Se tomaron dichos datos desde el año 2002 hasta el 2015 y se generan las 4 gráficas y las 4 ecuaciones para utilizar la que se comporte de manera más uniforme.

5.3.2 Proyección futura

Para tener mejor dimensionados los volúmenes vehiculares se tomaron las motocicletas registradas en los aforos con una relación de 3:1, donde 3 motos representan 1 vehículo esto con el fin de incluir la totalidad de los volúmenes en el modelamiento del tránsito.

Con las ecuaciones de las 4 regresiones, se remplaza en cada uno de los años desde el 2017 hasta el 2036 que son los 20 años del periodo de diseño.

Al conseguir los porcentajes de crecimiento del parque automotor con la función que mejor comportamiento uniforme presento, se procede a multiplicar los volúmenes vehiculares de 2016 obtenidos en cada uno de los movimientos de la intersección por el valor porcentual del crecimiento en este caso lineal de cada uno de los años que dio como resultado la proyección. Después de esto con el volumen futuro del año 2036 de cada movimiento, se calcula el transito generado del 15% y con este se halla el transito desarrollado del 5% para con estos valores determinar los de cada uno de los años.

Al final el transito total atraído en el año 2036 se divide entre la composición vehicular de cada uno de los movimiento y así obtener los volúmenes futuros por tipo de vehículo y de cada movimiento en la intersección.

5.4 Estudio de velocidades

Los estudios de velocidad y tiempos de recorrido están enfocados a determinar la velocidad que pueden alcanzar los vehículos en una vía, para esto se debe definir una distancia base; este parámetro sirve para evaluar la calidad de servicio que una vía está prestando a los usuarios.

Los estudios de velocidad y tiempos de recorridos intervienen directamente en el diseño geométrico de una vía y en los dispositivos de control que deben ser implementados en

esta. Esto se debe a que de acuerdo a la velocidad que pueda tener una intersección se determinaran los elementos geométricos para una futura renovación o ampliación.

El personal que realizo el estudio de velocidad puntual fue previamente capacitado para dicha tarea, teniendo en cuenta la necesidad y la importancia de la veracidad en la toma de los datos.

5.4.1 Localización aforadores

La localización de los aforados se definió teniendo en cuenta que estos tuvieran visual directa entre ellos, y que no estuvieran en riesgo en ningún momento, es decir, que estos no estuvieran sobre la calzada vehicular. La localización de estos se puede evidenciar en la Figura 5.9.



Figura 5.9. Ubicación de aforadores.
Fuente: Google Earth.

5.4.2 Toma de la información

Previo al aforo, se definió el tamaño mínimo de la muestra, para lo cual se utiliza la Ecuación 5-1.

$$N° \, mínimo \, de \, observaciones = \left(\frac{Constante \, Z * desviación \, estandar}{Error \, máximo \, tolerable}\right)^2$$

Ecuación 5-1. Calculo del número mínimo de observadores.
Fuente: Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte en Santa Fe de Bogotá

Los valores definidos para la ecuación son:

Z: de 1.96, originada de la estadística del nivel de confianza para 95%.

Desviación estándar: 8, la cual se toma como la promediada recomendada.

Error máximo tolerable: 1.8 Km/h..

$$N° \, mínimo \, de \, observaciones = \left(\frac{1.96 * 8}{1.8}\right)^2 = 76$$

La información de campo se registró aproximando el tamaño mínimo de la muestra a 120 vehículos, pero al evidenciar que las velocidades en la Cll 53B Bis presentaban una variación considerable, se decidió tomar 150 datos sobre esta. La toma de información se realizó en horas de la noche, aproximadamente de 9 pm a 10:00 pm con unas condiciones atmosféricas ideales, ya que el cielo se encontraba despejado, haciendo que la visibilidad de los conductores fuera optima y estas no afectaran en ningún sentido la velocidad de los vehículos.

Este aforo se realizó por medio de conteos manuales hasta tener completa la muestra necesaria.

5.5 Modelación

5.5.1 Modelación en el software vissim 5.3

A continuación se describe de manera breve la metodología empleada para llevar a cabo la simulación en el software mencionado del tránsito actual.

5.5.1.1 Parámetros iniciales.

- Ciclo semafórico intersección Cra 28 con Cll 53B Bis: 120 segundos.
- Cll 53B Bis Directo y giro a la izquierda: Verde=50
- TVs 28 Directo : Verde=56
- Tiempo todo rojo: 1 segundos.
- Tiempo de amarillo: 3 segundos.

- Anchos de calzadas: Variables.
- Número de carriles: Variables.
- Relación Motos/Automóviles: 3/1

5.5.2 Zona de estudio.

En la Figura 5.10 se muestra una planta general de las intersecciones de la zona de estudio, para la realización de estas fue necesario subir al programa Vissim 5.3 un archivo dwg para dibujar las características geométricas de las vías lo más real posible.

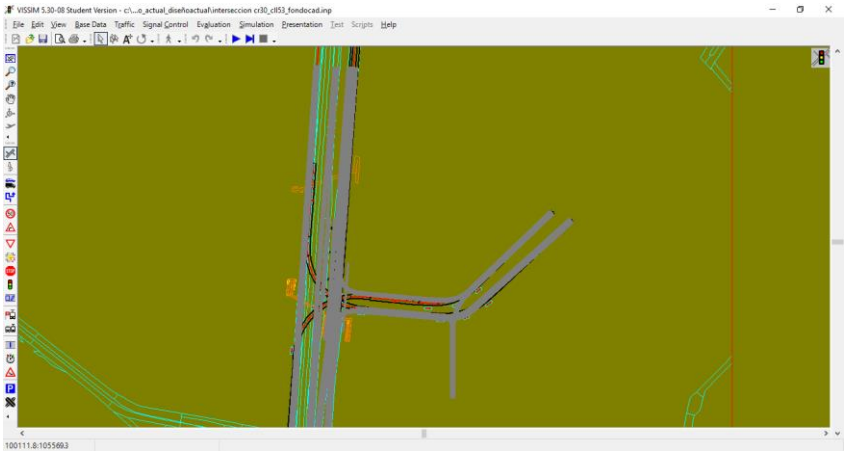


Figura 5.10. Esquema general de la intersección en VISSIM 5.3.
Fuente: Elaboración propia.

Después de haber dibujado las vías se procede a introducir sus geometrías como se muestra en la Figura 5.11.

[1] Ya que el software Vissim 5.3. no maneja motos en el presente trabajo 3 motos equivaldrán a 1 automóvil.

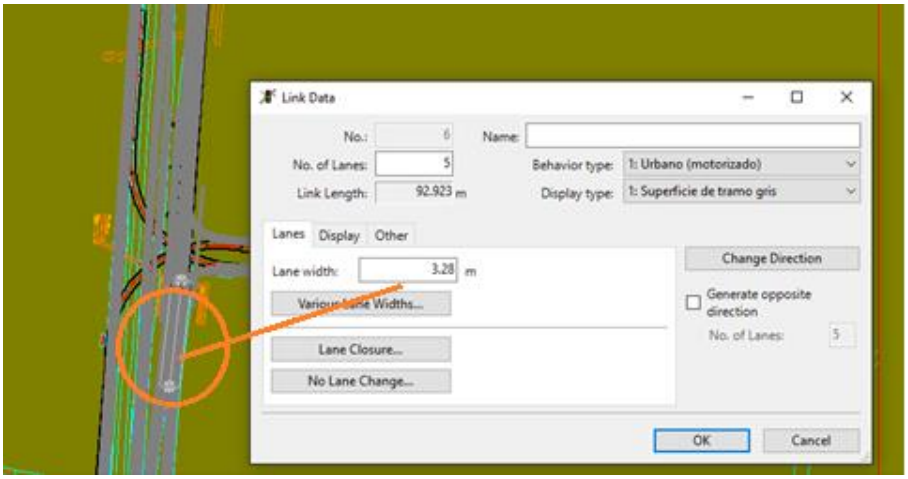


Figura 5.11. Parámetros iniciales para modelamiento.
Fuente: Elaboración propia.

Para hacer los empalmes de las intersecciones es necesario crear un conector donde se configuran los carriles que se desea empalmar, como se muestra en la Figura 5.12

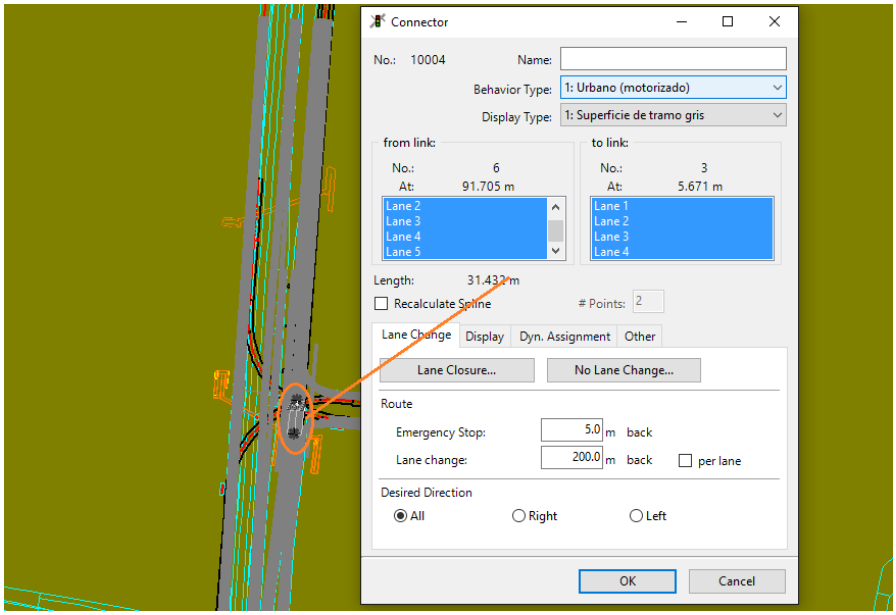


Figura 5.12. Creación y configuración de empalmes.
Fuente: Elaboración propia.

Para agregar los volúmenes vehiculares es necesario seleccionar la vía a la cual se le quieren asignar y previamente se deberá haber configurado la composición vehicular como se muestra en la Figura 5.13 y en la Figura 5.14.

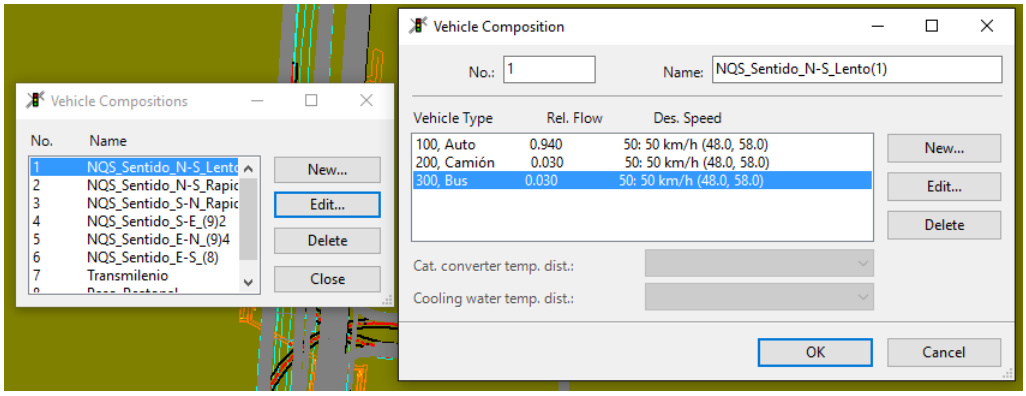


Figura 5.13. Información de volúmenes vehiculares.
Fuente: Elaboración propia.

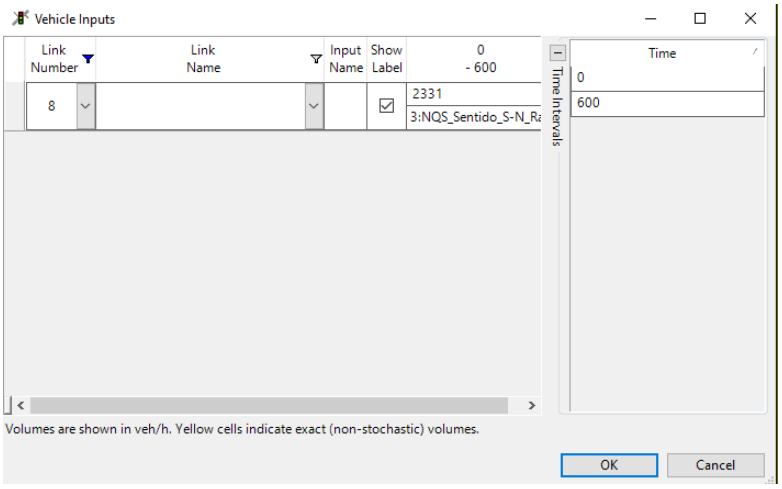


Figura 5.14. Configuración de la composición vehicular.
Fuente: Elaboración propia.

Aledaño al punto de estudio, Cll 53B Bis y Cra 28 se encuentra una intersección semaforizada, es por esto que es necesario agregarle este dispositivo de control en el modelamiento, para esto se tomaron los tiempos semafóricos de dicha intersección y se modeló en el software Vissim 5.3 teniendo en cuenta dichos tiempos. Esto se puede evidenciar en la Figura 5.15.

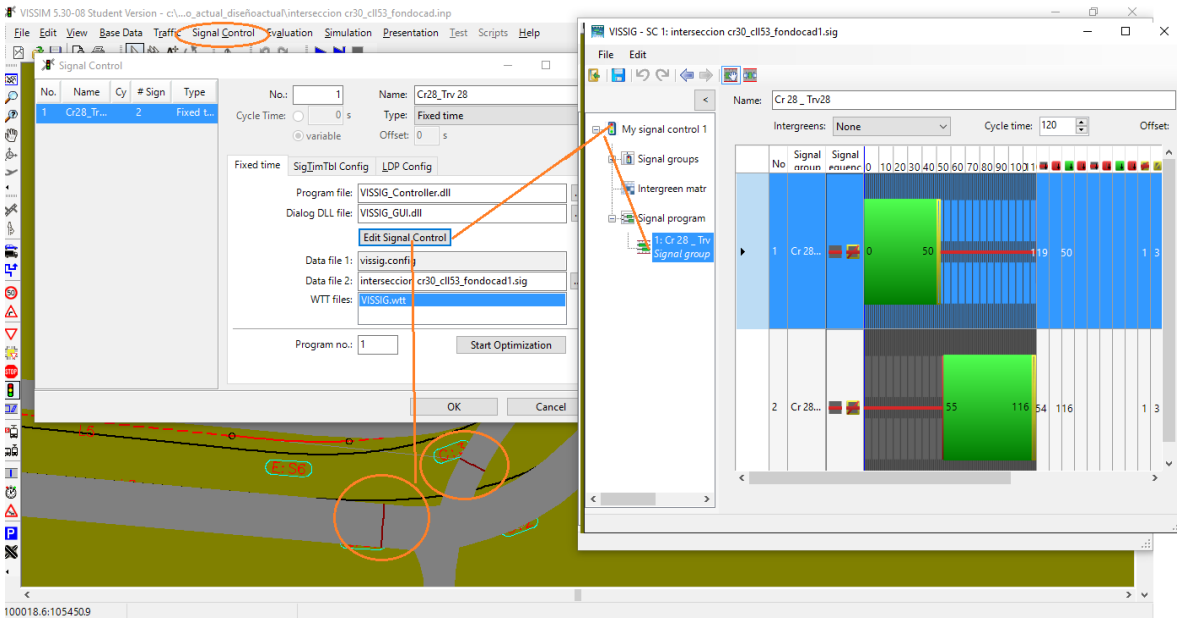


Figura 5.15. Modelamiento con dispositivo de control y configuración de los tiempos de semáforo.
Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar la configuración se procede a establecer los datos que se desea mostrar en los reportes; para esto, se debe ir a la pestaña Evaluation, files y configuration. Ver. (Se debe tener en cuenta la compatibilidad con la versión de Microsoft office para que la generación de reportes sea creada de manera satisfactoria).

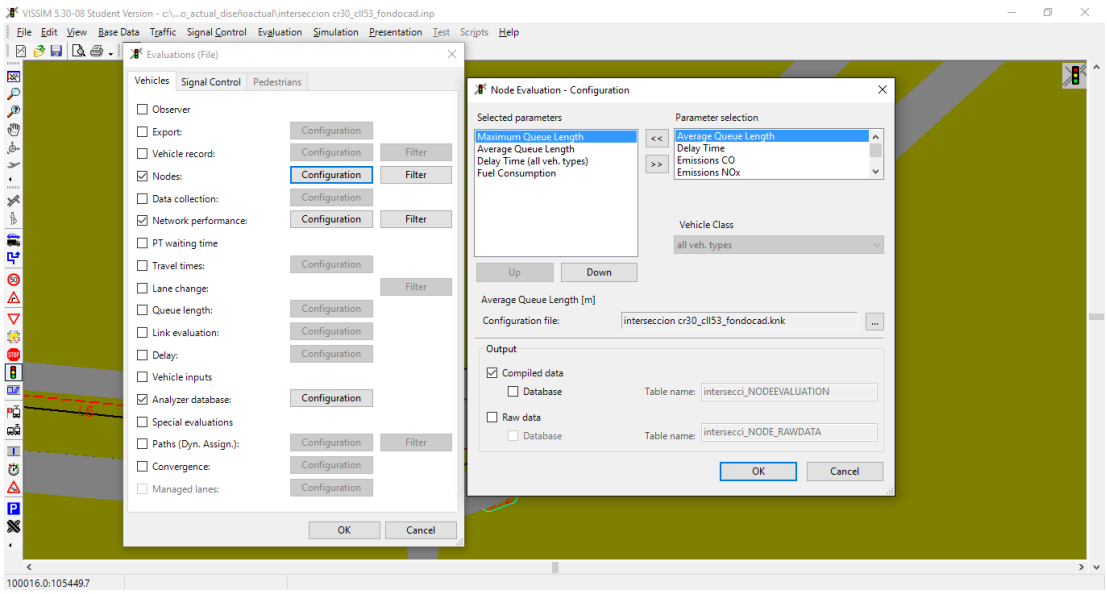


Figura 5.16. Configuración de datos a mostrar en los reportes.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se procede a ejecutar el modelamiento de la malla vial, el software internamente guarda los datos y evidencia en los respectivos reportes, esto se puede observar en la Figura 5.17 y Figura 5.18.

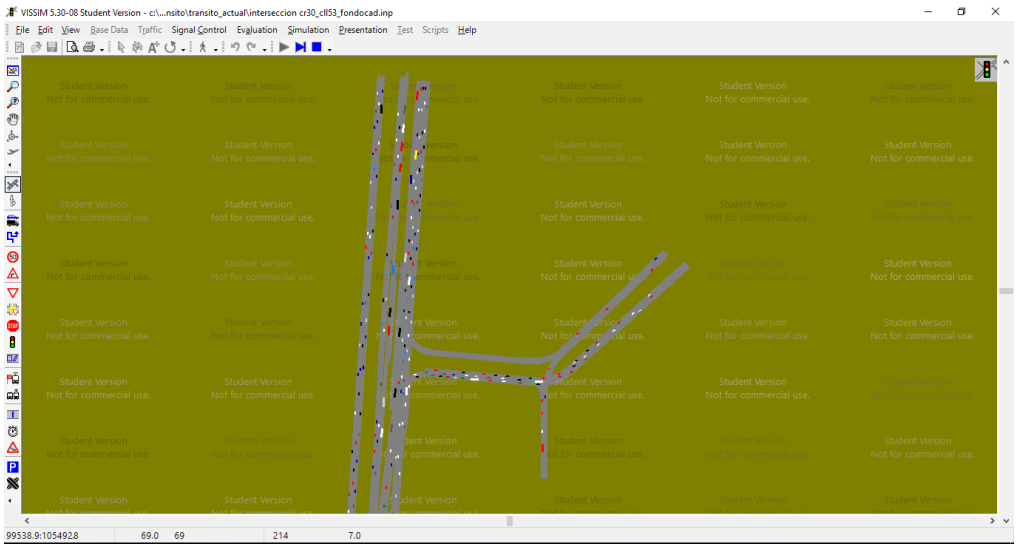


Figura 5.17. Modelamiento en VISSIM 5.3.
Fuente: Elaboración propia.

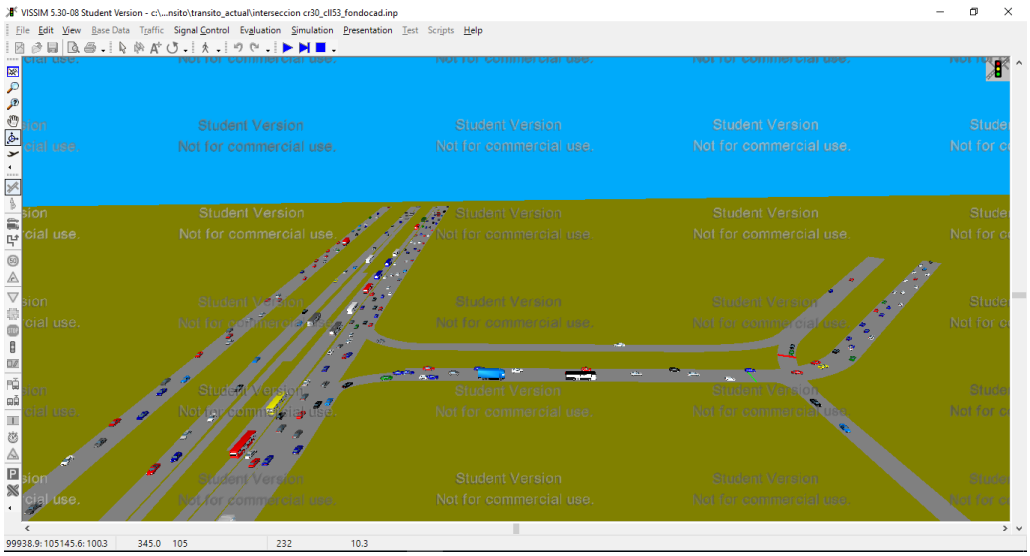


Figura 5.18.Modelamiento en VISSIM 5.3.
Fuente: Elaboración propia.

Ahora se procede a exportar los respectivos reportes en formatos .XLS como se muestra en la Figura 5.19.

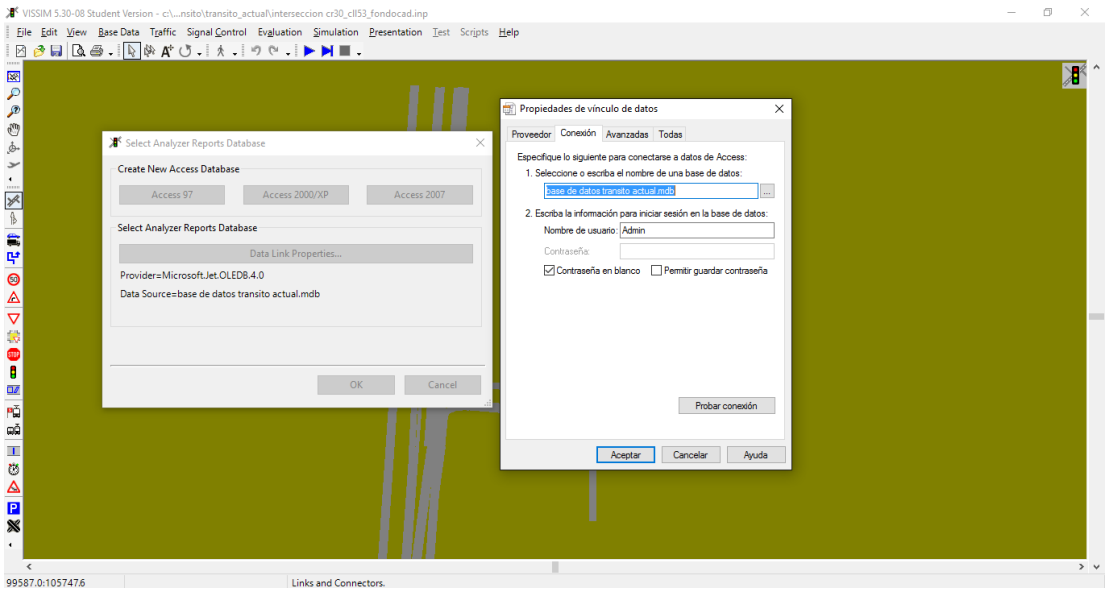
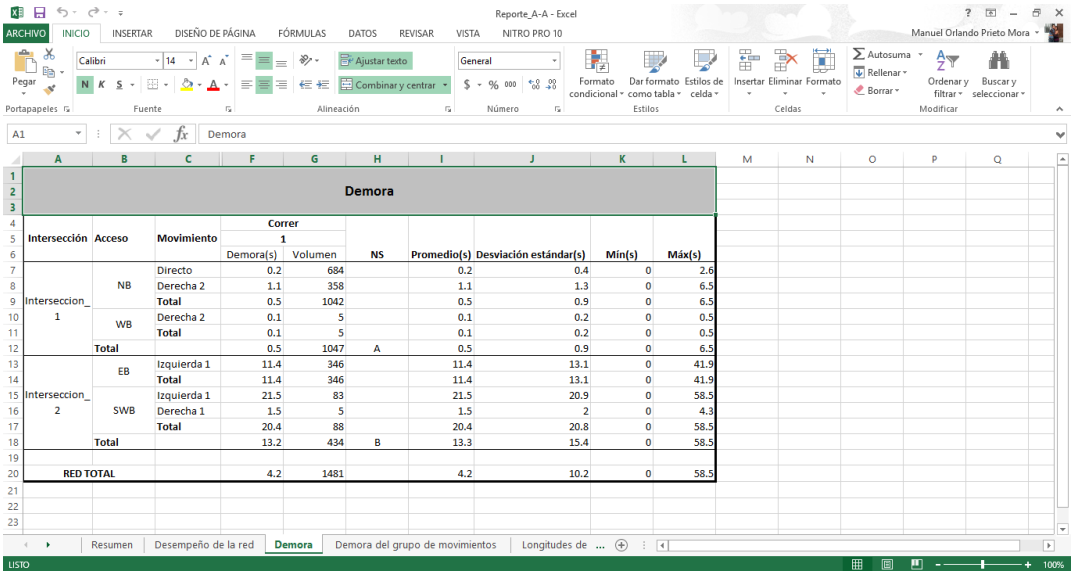


Figura 5.19. Generación de reportes en formato XLS.
Fuente: Elaboración propia.

Después de exportados el software generara un archivo .XLS en la carpeta que uno preestableció y se visualizara como se muestra en la Figura 5.20.



Intersección	Acceso	Movimiento	Correr 1 Demora(s)	Volumen	NS	Promedio(s)	Desviación estándar(s)	Mín(s)	Máx(s)
Interseccion_1	NB	Directo	0.2	684		0.2	0.4	0	2.6
		Derecha 2	1.1	358		1.1	1.3	0	6.5
		Total	0.5	1042		0.5	0.9	0	6.5
	WB	Derecha 2	0.1	5		0.1	0.2	0	0.5
		Total	0.1	5		0.1	0.2	0	0.5
	Total		0.5	1047	A	0.5	0.9	0	6.5
Interseccion_2	EB	Izquierda 1	11.4	346		11.4	13.1	0	41.9
		Total	11.4	346		11.4	13.1	0	41.9
	SWB	Izquierda 1	21.5	83		21.5	20.9	0	58.5
		Derecha 1	1.5	5		1.5	2	0	4.3
		Total	20.4	88		20.4	20.8	0	58.5
	Total		13.2	434	B	13.3	15.4	0	58.5
RED TOTAL			4.2	1481		4.2	10.2	0	58.5

Figura 5.20. Generación de reportes en formato XLS.
Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el transito futuro con los nuevos movimientos se debe manejar la misma metodología presentada anteriormente, con la diferencia que, para mejorar el nivel de servicio y evitar que el tránsito vehicular se detenga, se eliminó el semáforo ubicado en la

intersección de la Cll 53B con la carrera 28; esto se evidencia en la Figura 5.21 y en la Figura 5.22.

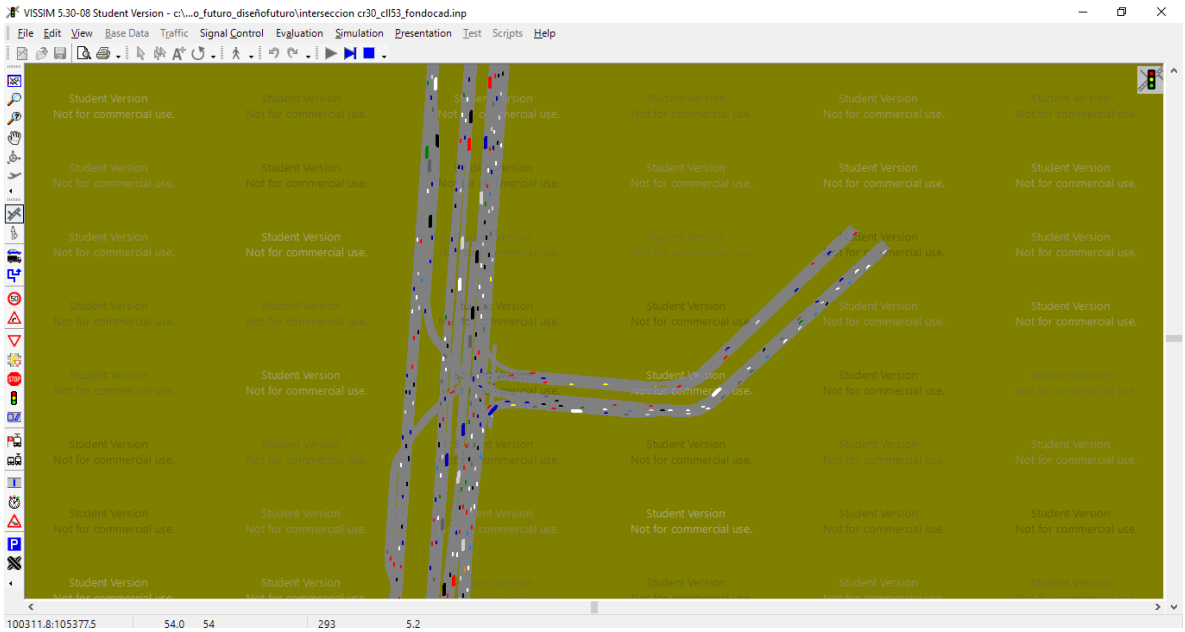


Figura 5.21. Modelamiento intersección con nuevos movimientos y Transito futuro.
Fuente: Elaboración propia.

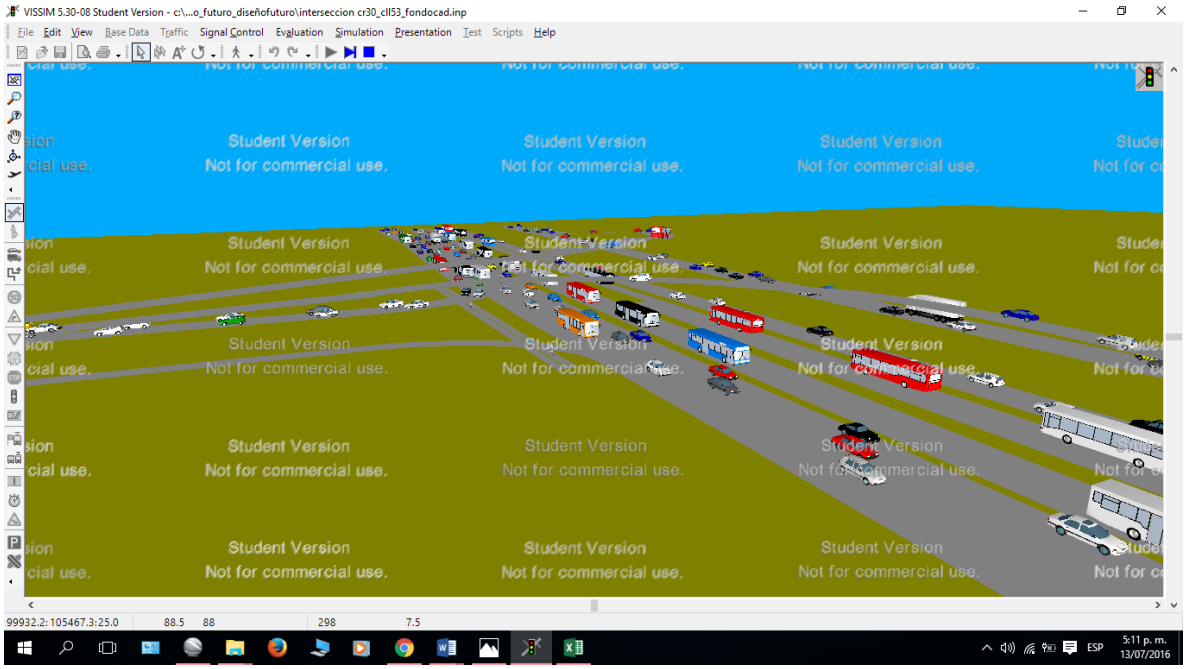


Figura 5.22. Modelamiento intersección con nuevos movimientos y Transito futuro Vista 3D.
Fuente: Elaboración propia.

5.6 Diseño geométrico.

Teniendo el modelo digital de elevación y los parámetros principales de diseño definidos, es posible iniciar el diseño de los pasos a desnivel de la intersección en planta, perfil y sección transversal.

5.6.1 Alineamiento horizontal.

De acuerdo al estudio de velocidad y debido a la falta de espacio en la intersección se definió que la velocidad a utilizar en el diseño, sería la velocidad de operación, correspondiente a 50 Km/h. Para el diseño horizontal se tomaron como parámetros los valores de radios y peraltes para vías urbanas como se muestran en la Tabla 4.4 y Tabla 4.11.

Posteriormente se procedió a diseñar cada una de las curvas horizontales, y dependiendo del delta se utilizaran curvas espiral-espiral, espiral-circulo-espiral o curvas circulares simples.

Para añadir las curvas al alineamiento horizontal en el software AutoCAD Civil 3D es necesario seleccionar el alineamiento y darle “click” en el geometry editor en donde despliega un cuadro de herramientas en el que se encuentran los comandos para agregar todos los tipos de curvas soportadas por el software. Al seleccionar los diferentes modos de curvas el software pedirá diferentes parámetros dependiendo del tipo de curva, ya sea radio o longitud de la espiral, esto se puede evidenciar en la Figura 5.23 y Figura 5.24. Las geometrías de todas las curvas horizontales utilizadas en el presente proyecto se pueden evidencias en la Tabla 6.67, Tabla 6.68 y Tabla 6.69, realizando la comparación con todos los parámetros mínimos exigidos por el INVIAS.

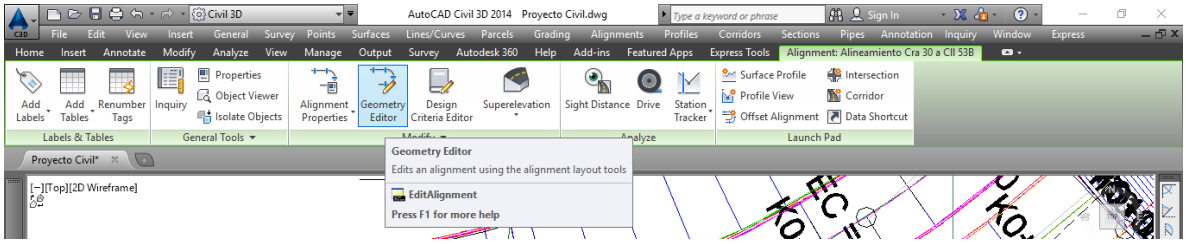


Figura 5.23. Geometry Editor.
Fuente: Elaboración propia.

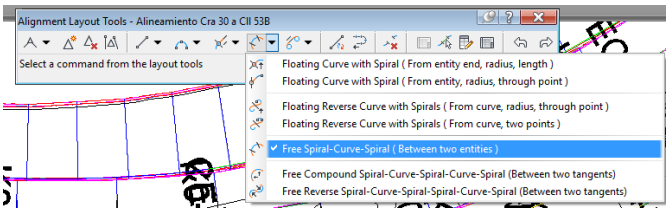


Figura 5.24. Creación de curva espiral.
Fuente: Elaboración propia

Después de haber realizado los procedimientos anteriormente descritos, se puede evidenciar un diseño en planta como se observa en la Figura 5.25 y mostrado al detalle en el ítem de resultados.

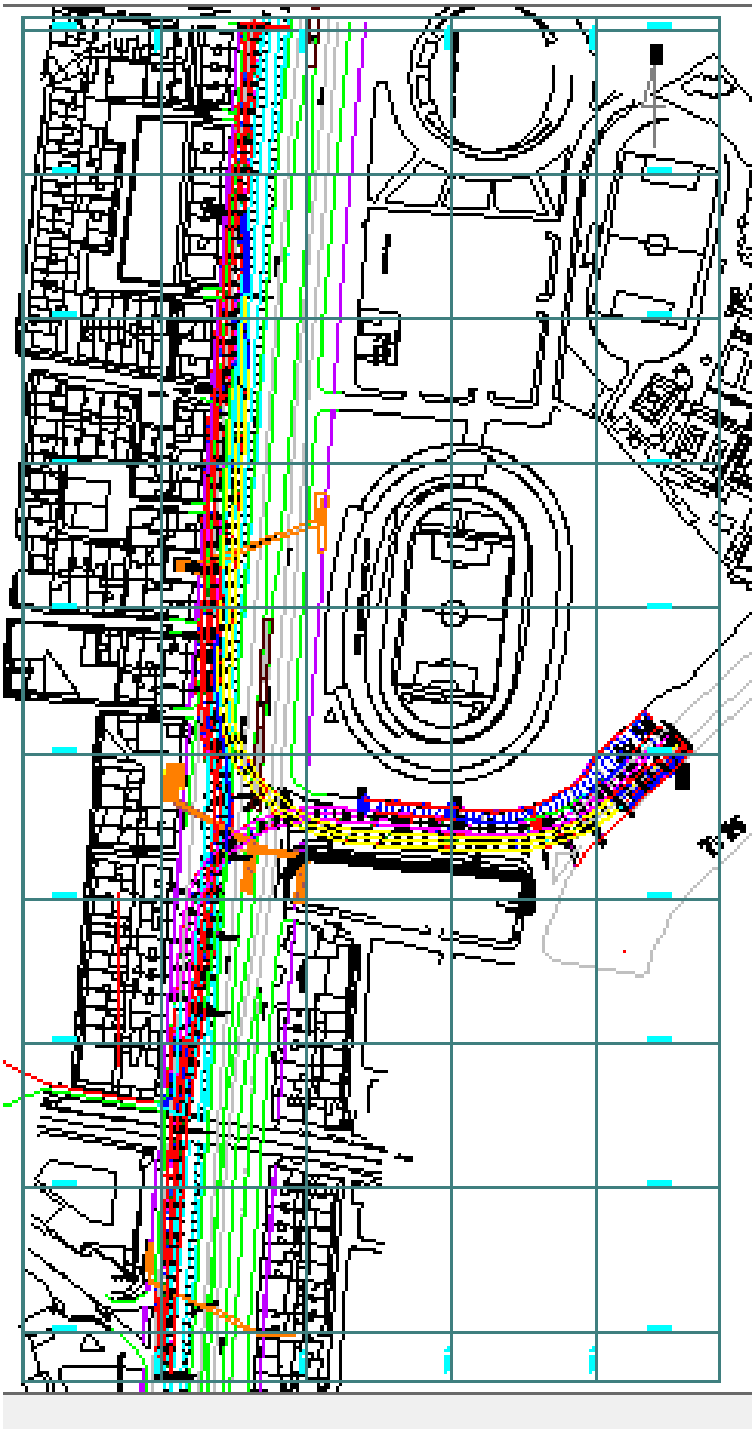


Figura 5.25. Planta Intersección.
Fuente: Elaboración propia.

5.6.2 Diseño vertical.

Teniendo definidos los puntos de inicio y finalización de los diferentes ejes, se deja como pendiente vertical la existente tanto en las entradas como en las salidas de los

alineamientos, la pendiente vertical para el desarrollo del puente se establece según la necesidad y dando cumplimientos a los criterios y gálibos mínimos exigidos por el INVIAS 2008 como se muestran en la Tabla 6.70, Tabla 6.71 y Tabla 6.72. Se determinó un ancho de estructura del puente de 1.50m, un galibo mínimo de 6.50m y una pendiente máxima del 8%.

El primer paso para la creación del alineamiento vertical, fue elaborar un perfil longitudinal del terreno natural por medio de la superficie y el alineamiento horizontal, para ello se acudió a la pestaña “Home” y se despliega la opción “Profile” y se da click en “CreateSurfaceProfile”. Se despliega la ventana en la que se adiciona el nombre del perfil, se selecciona el alineamiento y se adiciona la superficie como se evidencia en la Figura 5.26 y en la Figura 5.27

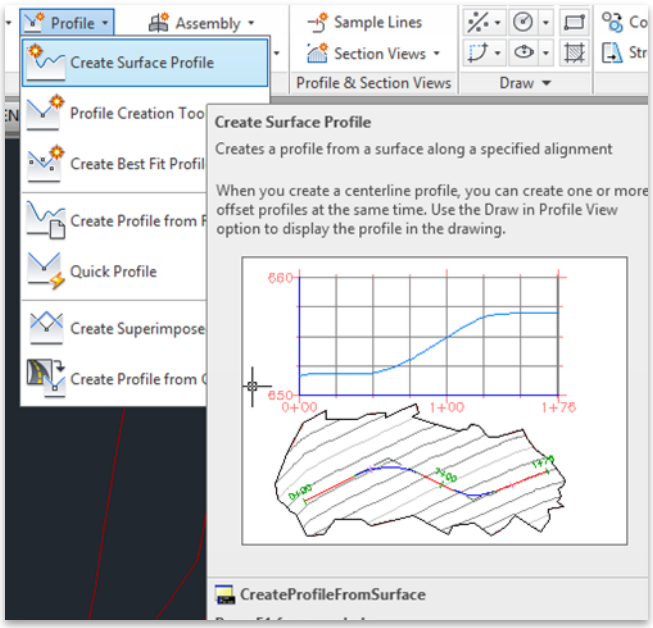


Figura 5.26. Creación Perfil longitudinal.
Fuente: Elaboración propia.

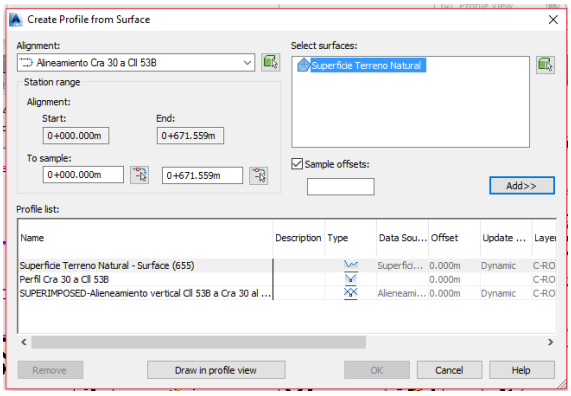


Figura 5.27. Creación perfil longitudinal seleccionando las superficies.
Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar este proceso se obtiene un perfil longitudinal del terreno natural con base en la cartografía obtenida por el IDECA. Esto se puede evidenciar en la Figura 5.28.

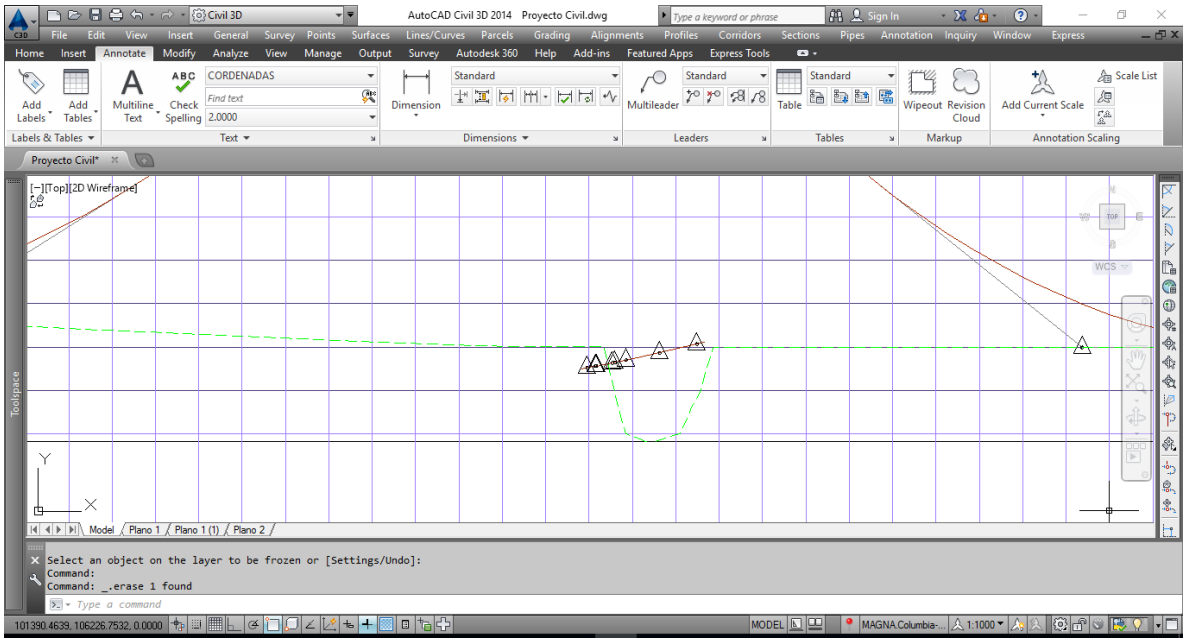


Figura 5.28.Perfil Terreno natural.
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se procede a crear las curvas verticales, esto se logra por medio de la herramienta “profile creation tools”, donde se traza el alineamiento vertical y luego se agregan las curvas correspondientes, esto se muestra en la Figura 5.29 y en la Figura 5.30.

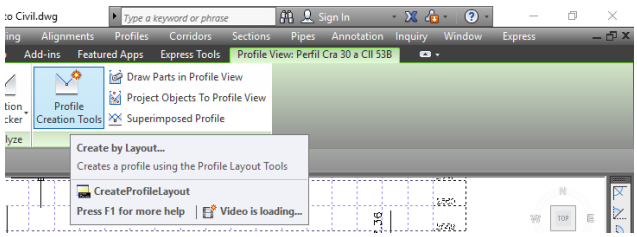


Figura 5.29. Creación alineamiento vertical.
Fuente: Elaboración propia.

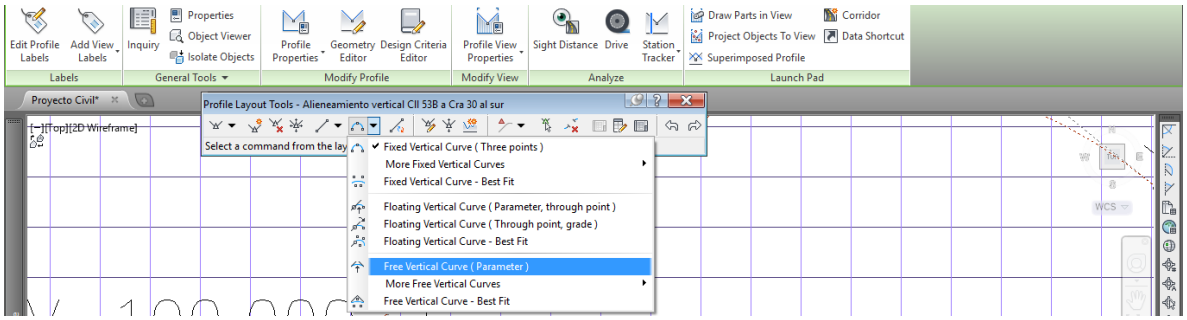


Figura 5.30. Creación de curvas verticales.
Fuente: Elaboración propia.

5.6.3 Peralte.

El software AutoCAD Civil 3D permite calcular automáticamente la elevación del peralte según los criterios de la AASHTO, para el presente proyecto se manejara un peralte máximo del 4%, esto debido a que es una vía urbana y éste es el peralte máximo recomendado para este tipo de vías.

El proceso que se llevó a cabo fue: seleccionar el alineamiento y escoger la opción calcular Superelevation en donde se introduce la velocidad de diseño, el peralte máximo y el valor del bombeo como se observa en la Figura 5.31 y en la Figura 5.32.

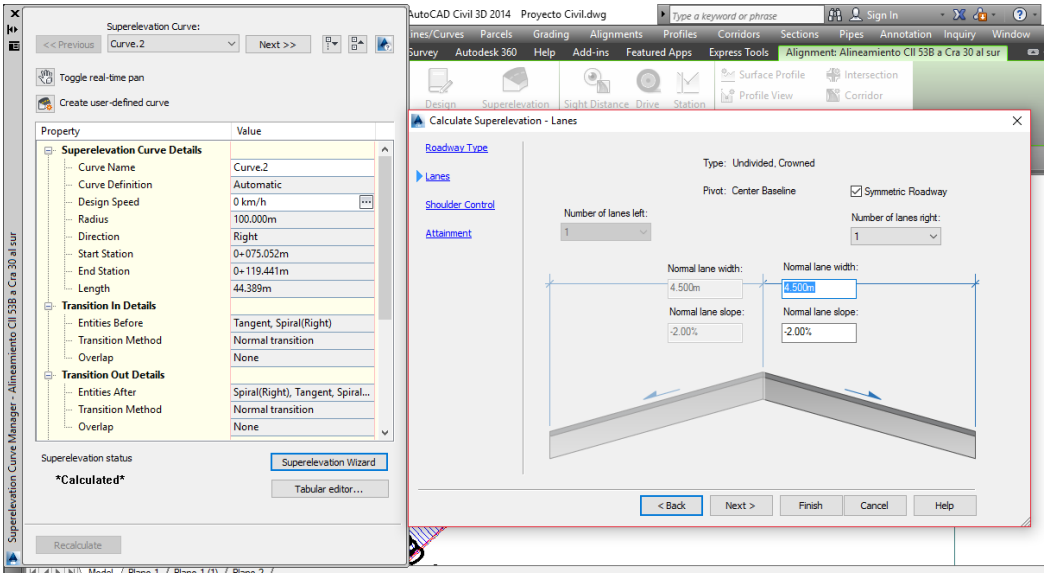


Figura 5.31. Calculo del peralte.
Fuente: Elaboración propia.

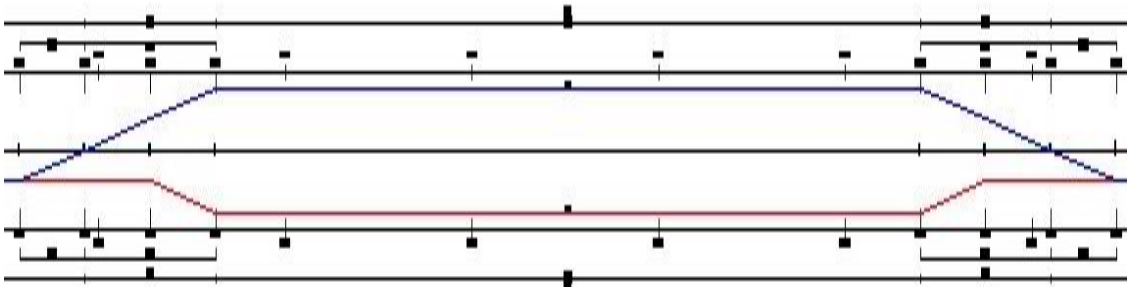


Figura 5.32. Diagrama de peraltes.
Fuente: Elaboración propia.

5.6.4 Sección transversal.

Las secciones transversales son definidas por el estudio de tránsito y son generadas automáticamente por el software de acuerdo al diseño horizontal y vertical ya establecido. Éstas son elaboradas cada 5 metros y muestran el ancho, el detalle de la sección y la distancia a la superficie del terreno natural, pero para el presente trabajo en las secciones del puente no se mostrara la distancia al terreno natural para manejar una adecuada presentación de planos.

5.6.4.1 Diseño de la sección transversal.

Los parámetros que se deben tener en cuenta para el diseño de la sección son:

- Ancho mínimo de carril puente: 3.5m (INVIAS 2008)
- Ancho mínimo de berma: 1m (INVIAS 2008)
- Ancho mínimo de anden: N/A
- Ancho mínimo de ciclo ruta: N/A
- Longitud Carril de aceleración: 45m
- Tipo de contención: New Jersey

Con estos valores definidos, se procede a elaborar el assembly por medio de la herramienta “CreateAssembly” que se encuentra en la pestaña Home o de corredores. Allí se define un nombre y una capa en donde se guardaran, luego de esto se selecciona donde se quiere crear el eje de este. Lo siguiente es seleccionarlo y desplegar la ventana del ToolPalette en donde se encuentra el catálogo de assemblies que posee AutoCAD Civil 3D y de este se elige desde la ventana de puentes nuestra sección, en este caso se usó el “Bridge Box Girder 2” ya que es el que mejor se adapta a nuestro proyecto, en la Figura 5.33 se muestra el assembly y las características geométricas que este posee.

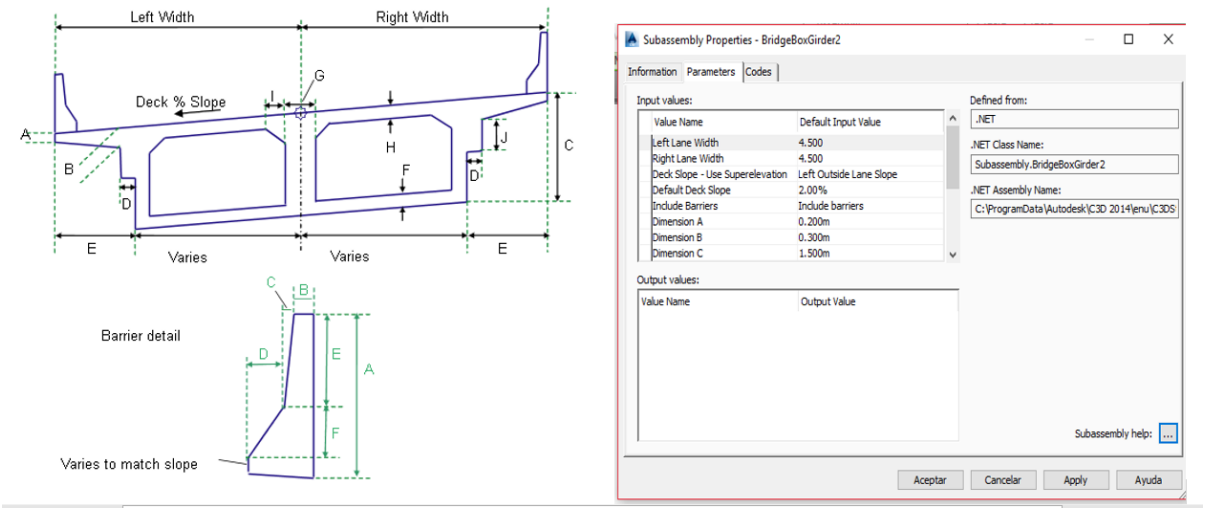


Figura 5.33. Sección típica del puente.
Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados que se obtuvieron de la modelación en el software Vissim 5.3 los anchos de calzada son variables, en la Figura 5.34 se muestra una sección transversal utilizada en las partes donde las vías son a nivel.

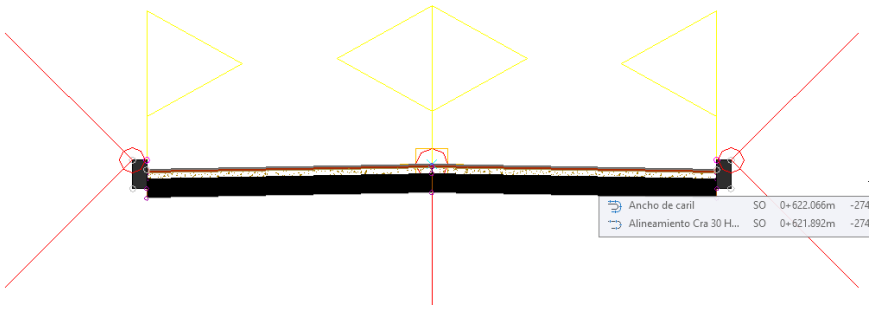


Figura 5.34. Sección vía a nivel. Pendiente.
Fuente: Elaboración propia.

Para la creación de los Sub Assemblies correspondientes al separador y las barreras, se debe seguir un procedimiento similar al que se llevó para crear el Assembly. Se eligió desde el catalogo el tipo New Jersey y se editaron algunas dimensiones para que su ancho resultara de 0.6 metros.

5.6.4.2 Corredor.

Para crear el corredor del diseño se debe ir a la herramienta corridor que está en la ventana Home o en el Toolspace y se crea uno nuevo en donde se define el nombre, se selecciona el alineamiento, el perfil de la rasante y el assembly a utilizar como se muestra en la Figura 5.35. Con esto se genera el corredor del alineamiento especificado, en el corredor habrá que determinarle las regiones y el assembly a utilizar según la necesidad de cada una de estas.

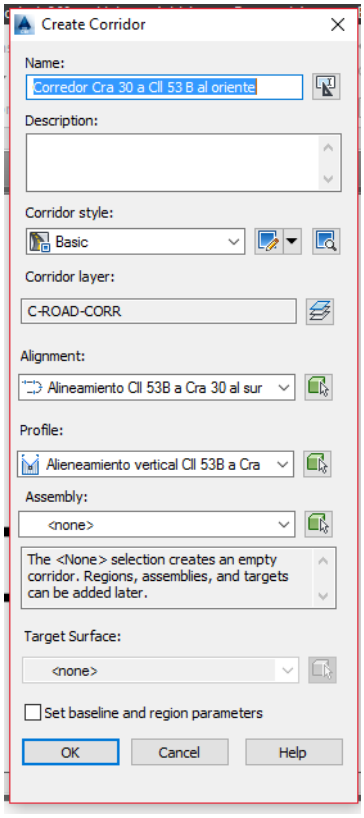


Figura 5.35. Creación de un corredor.
Fuente: Elaboración propia.

Seleccionado el nuevo corredor se le da click en "Assembly properties" para configurar las regiones y los assemblys a utilizar como se muestran en la Figura 5.36.

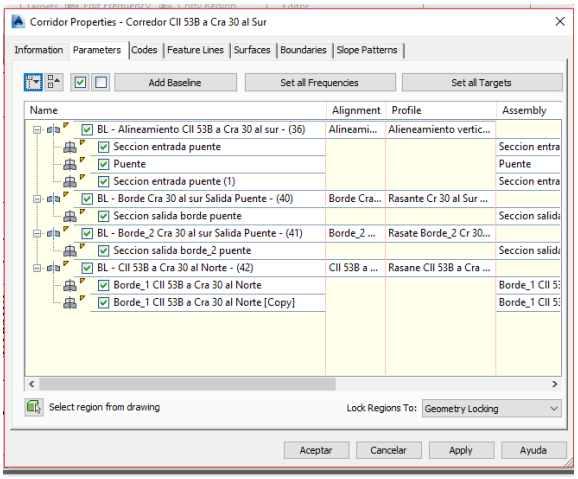


Figura 5.36. Configuración de corredor.
Fuente: Elaboración propia.

5.6.4.3 Secciones transversales.

Para poder crear las secciones, primero se deben generar los samplelines. Para el proyecto se manejaran cada 5m ya que cuenta con varias intersecciones y se requiere un buen nivel de detalle. Con el comando “SampleLines” requiere que se seleccione el alineamiento, con esto despliega un cuadro de diálogo de herramientas y en el método de creación se elige la opción: “por rango de estaciones” y en este cuadro de dialogo se configura la frecuencia con la que uno quiere que se generen las secciones transversales y desde que abscisa se quiere empezar y terminar, además de esto habrá que configurarle que superficies se querrán representar en estas. Este procedimiento se puede apreciar en la Figura 5.37, Figura 5.38 y en la Figura 5.39.

El siguiente paso es crear la visualización de las secciones transversales anteriormente configuradas por medio de las simple lines, para esto se debe ir a la pestaña Sections y elegimos crear multiple section view como se muestra en la Figura 5.40, ahora se abrirá un cuadro de dialogo como se muestra en la Figura 5.41 donde una elegirá la configuración de las vistas de estas secciones, posteriormente se selecciona un punto de origen para todo el grupo de secciones, estas fueron creadas a escala 1:100 y se presentaran en el ANEXO 5. Planos.

El siguiente paso es crear la visualización de las secciones transversales anteriormente configuradas por medio de las simple lines, para esto se debe ir a la pestaña Sections y elegimos crear multiple section view como se muestra en la Figura 5.40, ahora se abrirá un cuadro de dialogo como se muestra en la Figura 5.41 donde una elegirá la configuración de las vistas de estas secciones, posteriormente se selecciona un punto de origen para todo el grupo de secciones, estas fueron creadas a escala 1:100 y se presentaran en el ANEXO 5. Planos.

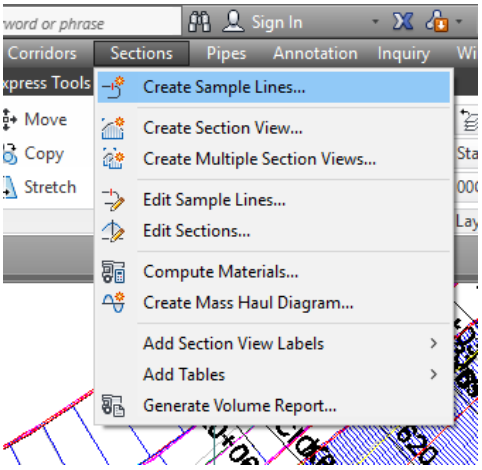


Figura 5.37. Creación Sample lines.
Fuente: Elaboración propia.

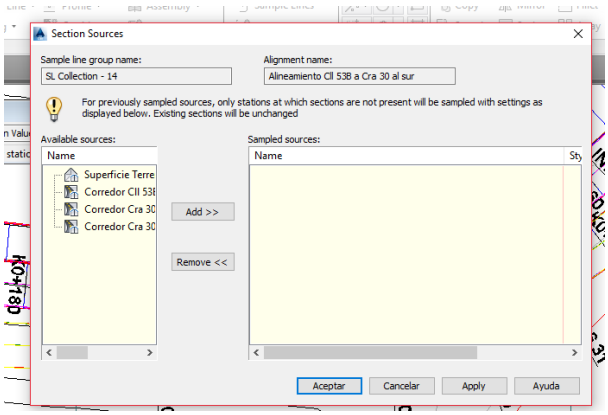


Figura 5.38. Configuración de superficies Sample lines.
Fuente: Elaboración propia.

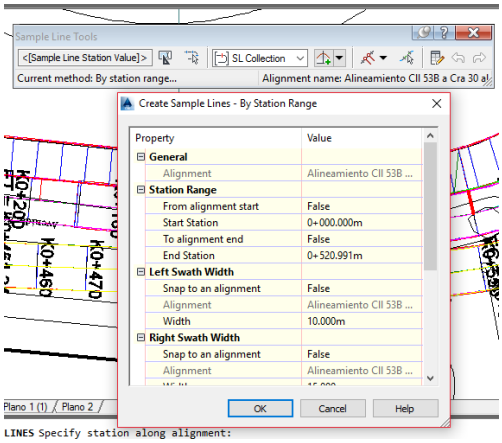


Figura 5.39. Configuración por incrementos de estaciones.
Fuente: Elaboración propia.

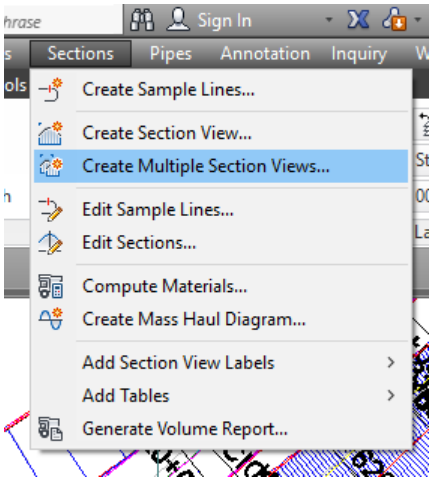


Figura 5.40. Creación vista secciones transversales.
Fuente: Elaboración propia.

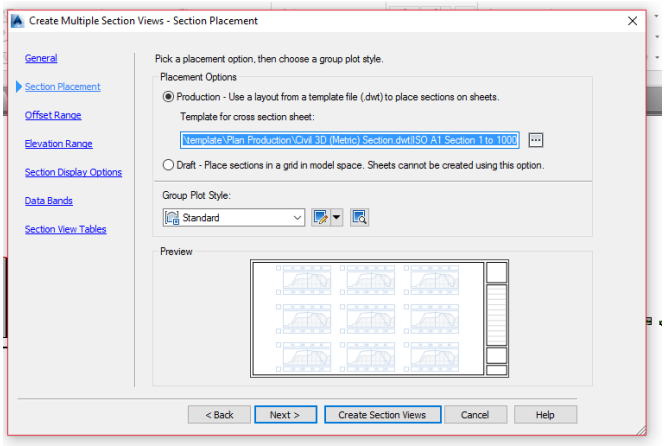


Figura 5.41. Configuración vistas secciones transversales.
Fuente: Elaboración propia.

6. RESULTADOS

6.1 Descripción de la Intersección

6.1.1 Infraestructura.

La intersección principal cuenta con tres accesos, el primero es el acceso oriental, donde se encuentra la calle 53B bis, que como se observa en la Fotografía 6.1 es un acceso de dos carriles de 3.65m sentido occidente -oriente y 3.63m en sentido oriente - occidente. Con separador y zonas peatonales amplias.



Fotografía 6.1 Estado de la intersección calle 53B bis. Sentido E-W a la izquierda y W-E a la derecha. Fuente: Google Street View.

La carrera 30 cuenta con una infraestructura aceptable. El acceso norte posee dos calzadas separadas por un canal donde circula el Río Arzobispo, la calzada oriental en sentido norte sur posee dos carriles de 3.35m y la calzada occidental cuenta con tres carriles de 3.22m cada uno.

En sentido sur – norte, la calzada cuenta con 6 carriles, de los cuales 2 son destinados para la circulación del transporte masivo y los otros 3 son para el uso de los vehículos en general, estos tienen un ancho de carril de 3.28m.



Fotografía 6.2. Estado de la intersección carrera 30. Sentido N-S.
Fuente: Google Street View

Las calzadas norte sur y sur norte se encuentran separadas por la infraestructura de Transmilenio. El estado de la infraestructura de las vías mencionadas se muestra en la Fotografía 6.2 y Fotografía 6.3.



Fotografía 6.3. Estado de la intersección carrera 30. Sentido S-N.
Fuente: Google Street View

6.1.2 Estado del pavimento.

Para esta intersección, la calle 53B bis, cuenta con pavimento flexible, este se encuentra en condiciones aceptables para el tránsito de los vehículos de forma cómoda y segura.

Para la carrera 30 se cuenta con un pavimento rígido que también se encuentra en condiciones aceptables para el tránsito de vehículos de forma cómoda y segura.

6.1.3 Señalización y demarcación.

La señalización y demarcación de la intersección en general, se encuentra en buenas condiciones tanto para la carrera 30 como para la calle 53B bis.

La calle 53B bis hacia el occidente cuenta con un pompeyano que funciona como regulador del ingreso de los vehículos a la carrera 30. Al tener espacios peatonales grandes, la carrera 30 cuenta con cicloruta y paso peatonal en su costado oriental. Sobre la Cr 30 se encuentra señales horizontales, las señales que se lograron observar fueron las líneas blancas significando sentido, marcación de carriles, líneas segmentadas permitiendo adelantamientos o simplemente para controlar la invasión de carril.

La demarcación de flechas: indican los sentidos de flujo permitido que puede realizar el parque automotor, Las señales para cuidar la integridad del peatón se observaron en cebras para cruce peatonal.

Se evidencia sobre la intersección una señal de cruce con intersección de bloqueo, notificando la prohibición de obstaculizar la intersección del parque automotor durante el cambio semafórico, ya que en horas de alta demanda es posible visualizar comportamientos no permitidos que comprometan el adecuado transito operacional de la intersección.

6.1.4 Planeamiento semafórico.

La intersección (Cr 30 – Cll 58B bis) no cuenta con dispositivos semafóricos en la vía principal como en la vía secundaria; cuenta con un dispositivo de control ubicado en una intersección adyacente, donde la calle 53B bis se convierte en la transversal 28 y se intercepta con la carrera 28 al sur. Este semáforo regula el tráfico de los vehículos que vienen de la transversal 28 y entran a la carrera 30 por la calle 53B bis, o que continúan por

la carrera 28 al sur. Y que salen de la carrera 30 por la calle 53B bis hacia el oriente y se interceptan con la carrera 28, cogiendo la transversal 28 al nororiente. Ver Fotografía 6.4 y Fotografía 6.5.



Fotografía 6.4. Ubicación de dispositivos de control cra 53B bis al oriente.
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 6.5. Ubicación de dispositivos de control transversal 28.
Fuente: Elaboración propia.

6.2 Estudio de volúmenes vehiculares.

Los aforos realizados se presentan en el Anexo 2.1. Aforos/ Formatos de Campo/ Estudio de volúmenes; y los aforos obtenidos de secretaria de movilidad en el Anexo 1.2. Registro Histórico Volúmenes de Tránsito, a los cuales se les realizó un procesamiento para obtener la proyección del tránsito futuro.

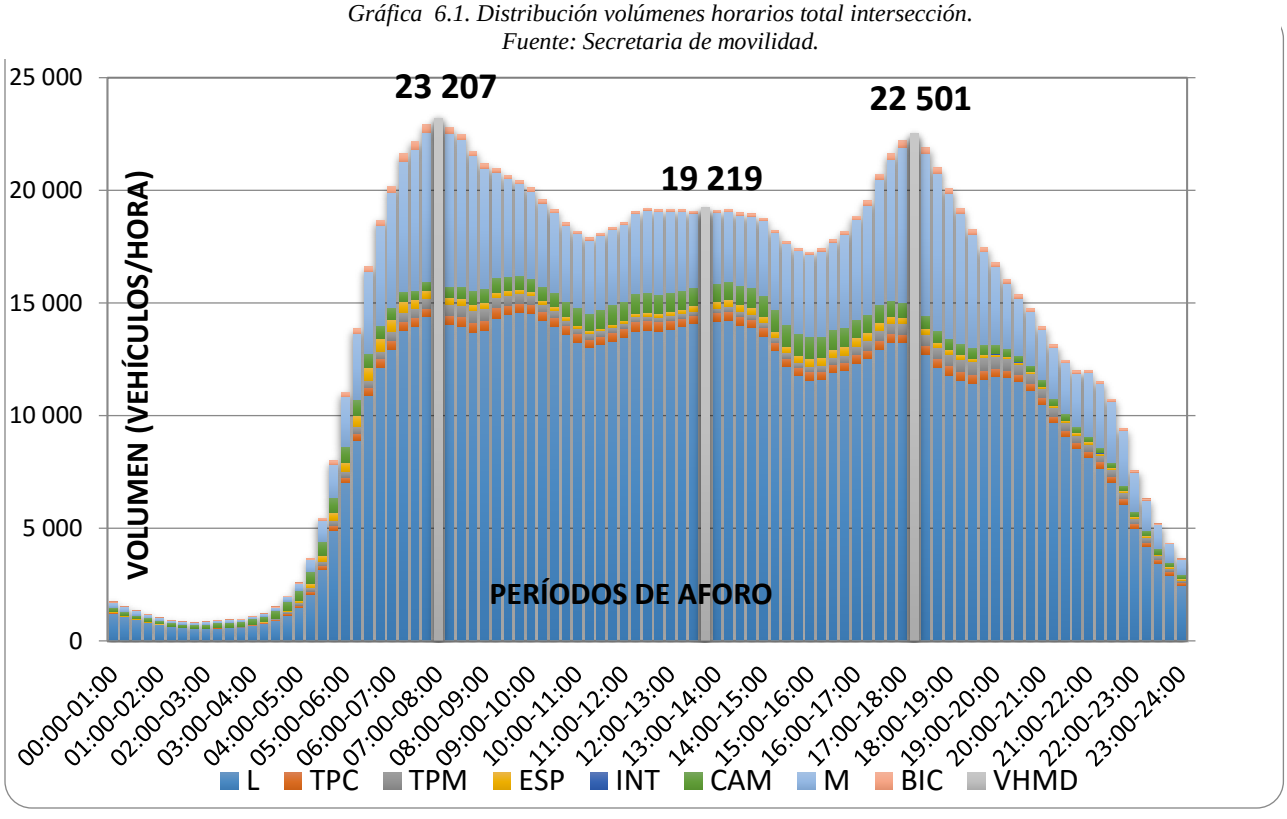
6.2.1 Procesamiento para obtención de periodo de toma de información con base en datos de estación maestra.

Con base en los datos de la estación maestra de la Cra 30 con Cll 53 del año 2015 se determinó que el periodo de la toma de información seria de 7am a 8am, ya que esta es la hora donde se presentan los mayores flujos vehiculares por esta intersección, esto se puede evidenciar en la Tabla 6.1 y en la gráfica 7.1.

Tabla 6.1. Periodos de máxima demanda.
Fuente: Secretaria de movilidad.

PERÍODOS	L	C	BT	B	AL	AT	BA	ESP	INT	C2P	C2G	C3	C4	C5	C6	>C6	M	BIC	MIXTOS
VHMD PERIODO 1	14434	82	134	187	0	403	47	329	1	114	287	24	0	0	3	0	6827	335	23207
07:00-08:00	62.2%	0.4%	0.6%	0.8%	0.0%	1.7%	0.2%	1.4%	0.0%	0.5%	1.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	29.4%	1.4%	100.0%
VHMD PERIODO 2	14225	68	128	185	0	188	15	259	6	166	548	51	5	18	26	0	3233	98	19219
12:45-13:45	74.0%	0.4%	0.7%	1.0%	0.0%	1.0%	0.1%	1.3%	0.0%	0.9%	2.9%	0.3%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	16.8%	0.5%	100.0%
VHMD PERIODO 3	13234	62	143	175	0	430	54	292	3	183	392	10	0	1	1	0	7243	278	22501
17:15-18:15	58.8%	0.3%	0.6%	0.8%	0.0%	1.9%	0.2%	1.3%	0.0%	0.8%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	32.2%	1.2%	100.0%

Gráfica 6.1. Distribución volúmenes horarios total intersección.
Fuente: Secretaria de movilidad.



6.3 Resumen de Movimientos

Las intersecciones de estudio se encuentran ubicadas en el barrio galerías, y están compuestas por los movimientos que se muestran en la Tabla 6.2 y en la Figura 6.1, para la intersección principal y la Tabla 6.3 y Figura 6.2 y Tabla 6.4 y Figura 6.3 para las intersecciones aledañas que también hacen parte de la zona de estudio.

Tabla 6.2. Resumen de movimientos intersección principal, cra 30 con cll 53B bis.
Fuente: Elaboración propia.

Acceso	Movimiento	Código
Norte	Directo	1
	Giro a la derecha	9(1)
Sur	Directo	2
	Giro a la izquierda	9(2)
Este	Giro a la derecha	9(4)

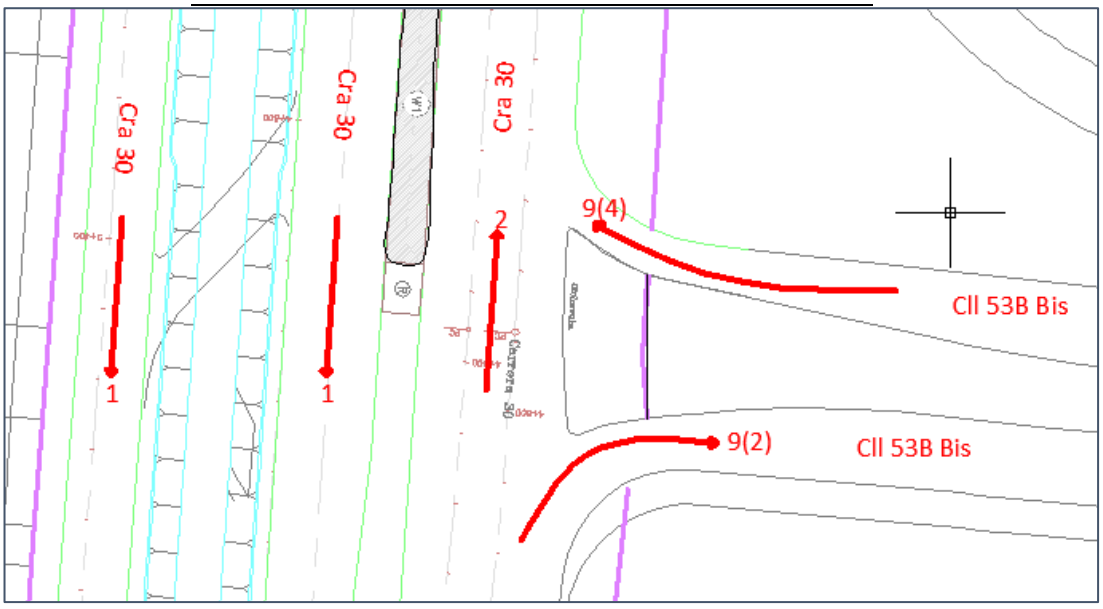


Figura 6.1. Esquema de los movimientos en la intersección principal, cra 30 con cll53B bis.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.3. Resumen de movimientos intersección aledaña, cll 53B bis con cra 28.
Fuente: Elaboración propia.

Acceso	Movimiento	Código
Oeste	Directo	3
	Giro a la derecha	9(3)
Este	Directo	4
	Giro a la izquierda	8

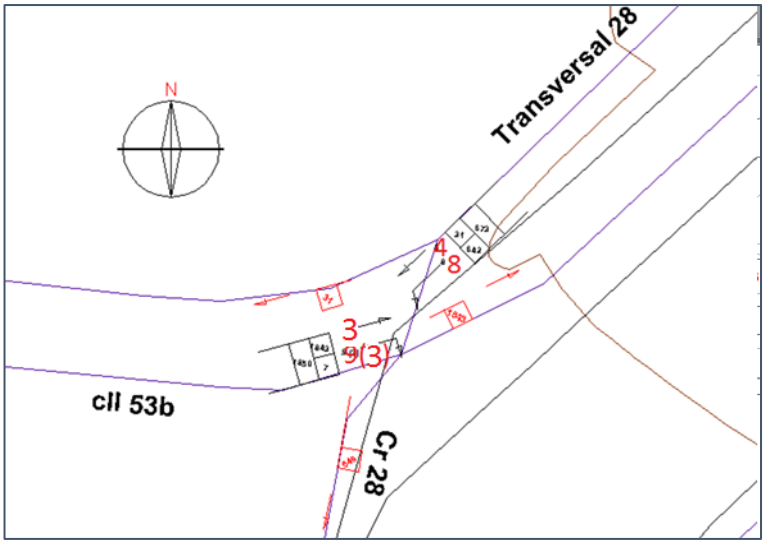


Figura 6.2. Esquema de los movimientos en la intersección aledaña, cll53B bis con cra 28.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.4. Resumen de movimientos intersección aledaña, cra 30 a diag. 61 C.
Fuente: Elaboración propia

Acceso	Movimiento	Código
Norte	Giro a la izquierda	5

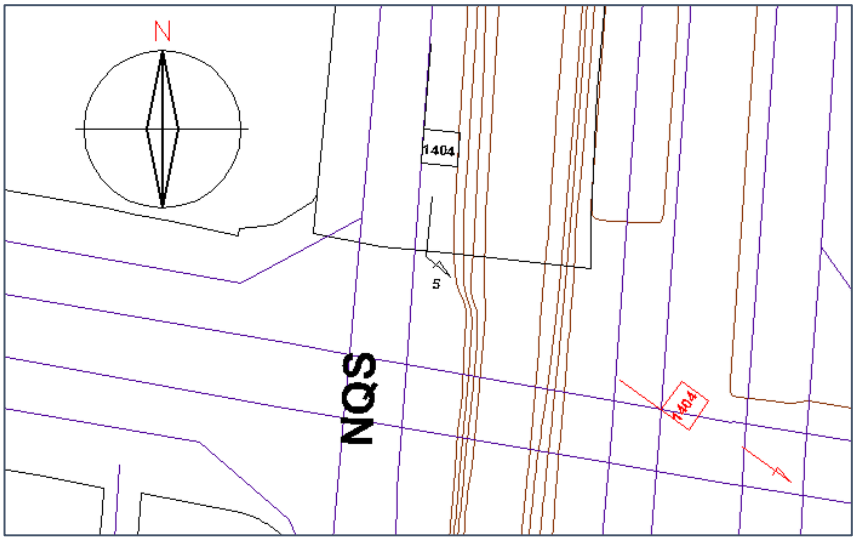


Figura 6.3. Esquema de movimientos intersección aledaña, cra 30 a diag. 61 C.
Fuente: Elaboración propia.

6.3.1 Resumen de Movimientos Intersección 1.

6.3.1.1 Movimiento 1.

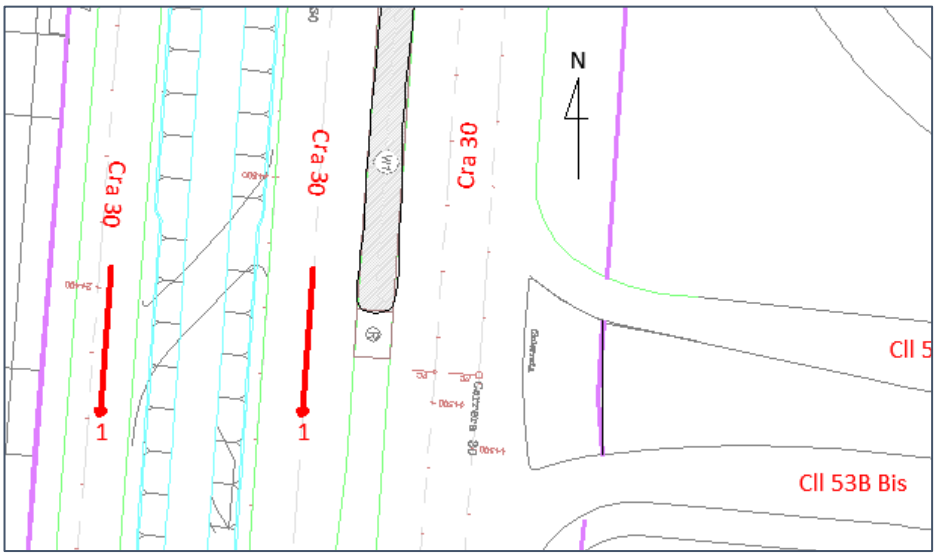


Figura 6.4. Esquema movimiento 1 en la intersección.
Fuente: Elaboración propia.

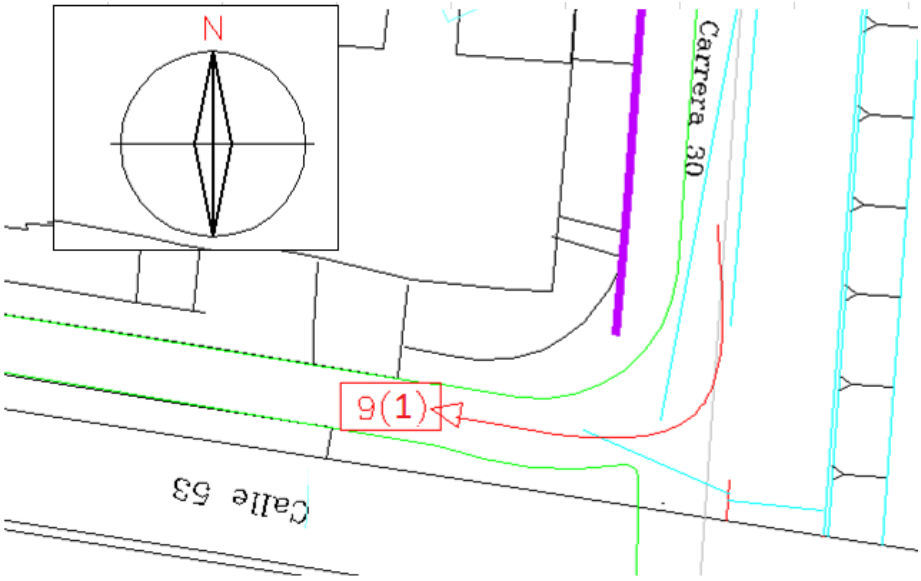


Figura 6.5. Esquema movimiento 9(1) en la intersección.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.5. Datos movimiento 1 y 9(1) en el periodo de estudio.
Fuente: Elaboración Propia

MOVIMIENTO 1 – CALZADA OCCIDENTAL

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
				C2	C3	C4	C5	>C5	
7:00 - 7:15	884	21	7	21	5	0	0	0	183
7:15 - 7:30	970	21	18	25	10	1	0	0	246
7:30 - 7:45	871	28	13	26	19	1	0	0	272
7:45 - 8:00	1011	23	1	35	4	0	1	0	176

MOVIMIENTO 1 – CALZADA ORIENTAL

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
				C2	C3	C4	C5	>C5	
7:00 - 7:15	372	0	0	0	0	0	0	0	175
7:15 - 7:30	409	4	1	7	1	0	0	0	249
7:30 - 7:45	423	0	0	5	1	0	0	0	201
7:45 - 8:00	423	0	0	11	0	0	0	0	154

MOVIMIENTO 9(1) – GIRO A LA DERECHA

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
				C2	C3	C4	C5	>C5	
7:00 - 7:15	33	0	0	0	0	0	0	0	7
7:15 - 7:30	28	0	0	3	0	0	0	0	5
7:30 - 7:45	28	0	0	0	0	0	0	0	5
7:45 - 8:00	37	0	0	0	0	0	0	0	10

6.3.1.2 Movimiento 2 y 9(2).

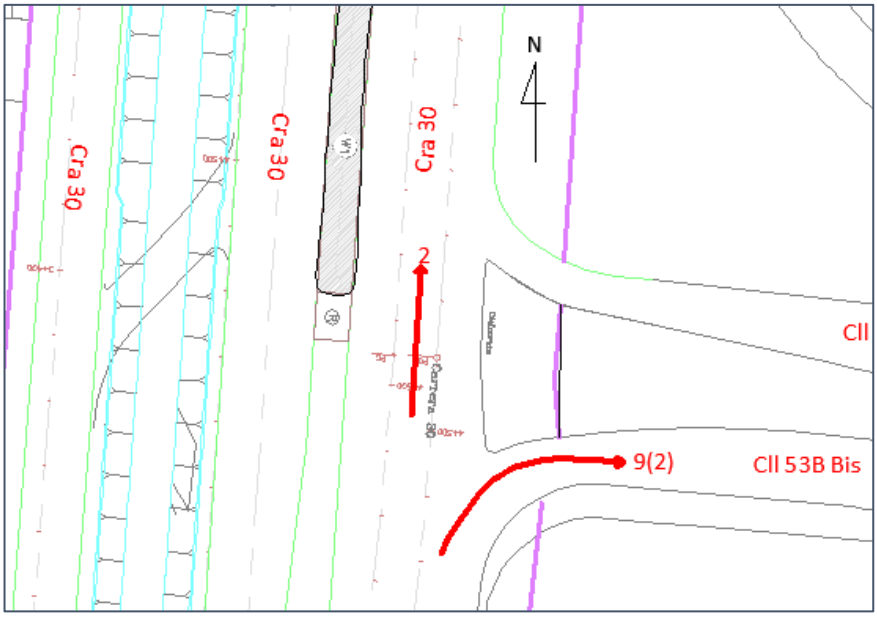


Figura 6.6. Esquema movimientos 2 y 9(2) en la intersección.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.6. Datos movimiento 2 y 9(2) en el periodo de estudio
Fuente: Elaboración propia

MOVIMIENTO 2

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
				C2	C3	C4	C5	>C5	
7:00 - 7:15	800	26	0	44	1	0	0	0	1099
7:15 - 7:30	656	27	0	61	3	0	0	0	1383
7:30 - 7:45	693	37	0	49	3	1	0	0	1189
7:45 - 8:00	510	29	0	64	7	1	2	0	873

MOVIMIENTO 9 (2)

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
				C2	C3	C4	C5	>C5	
7:00 - 7:15	286	6	0	5	0	0	0	0	226
7:15 - 7:30	259	6	0	7	0	0	0	0	199
7:30 - 7:45	253	8	0	10	0	0	0	0	238
7:45 - 8:00	171	3	0	8	0	0	0	0	165

6.3.1.3 Movimiento 9(4).

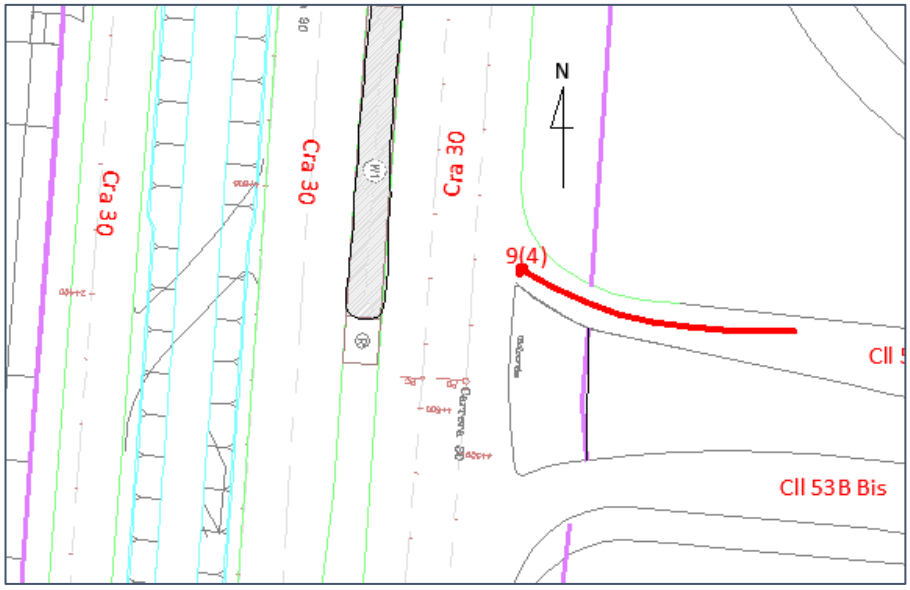


Figura 6.7. Esquema movimiento 9(4) en la intersección.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.7. Datos movimiento 9(4) en el periodo de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

MOVIMIENTO 9 (4)

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
				C2	C3	C4	C5	>C5	
7:00 - 7:15	5	0	0	0	0	0	0	0	2
7:15 - 7:30	4	0	0	0	0	0	0	0	6
7:30 - 7:45	3	0	0	0	0	0	0	0	2
7:45 - 8:00	6	0	0	0	0	0	0	0	3

6.3.2 Resumen de movimientos intersección 2.

6.3.2.1 Movimiento 4 y 8.

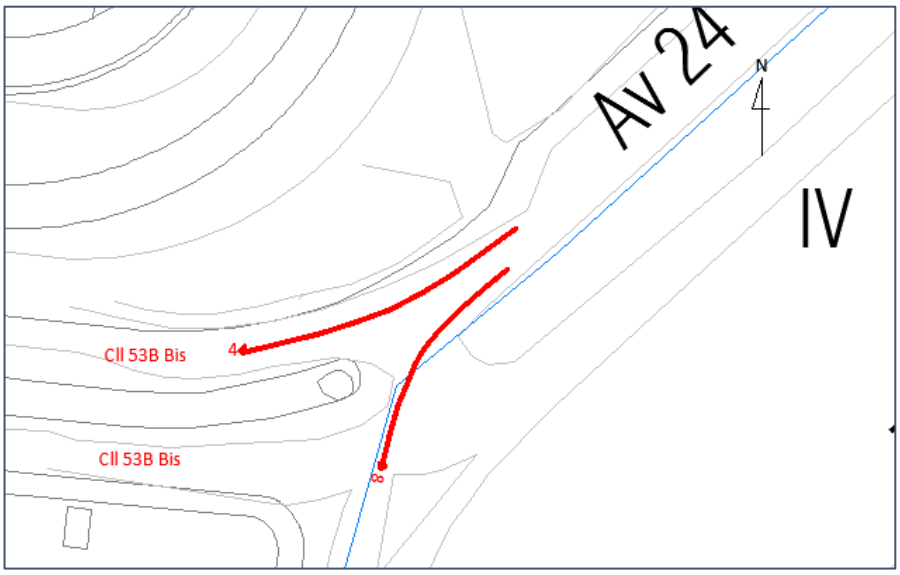


Figura 6.8. Esquema de movimientos 4 y 8 en la intersección.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.8. Datos movimiento 4 y 8 en el periodo de estudio
Fuente: Elaboración propia.

MOVIMIENTO 4

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
				C2	C3	C4	C5	>C5	
7:00 - 7:15	5	0	0	0	0	0	0	0	2
7:15 - 7:30	4	0	0	0	0	0	0	0	6
7:30 - 7:45	3	0	0	0	0	0	0	0	2
7:45 - 8:00	6	0	0	0	0	0	0	0	3

MOVIMIENTO 8

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
				C2	C3	C4	C5	>C5	
7:00 - 7:15	121	3	0	3	0	0	0	0	17
7:15 - 7:30	120	2	0	3	0	0	0	0	21
7:30 - 7:45	162	5	0	1	0	0	0	0	31
7:45 - 8:00	114	2	0	1	0	0	0	0	36

6.3.2.2 Movimiento 3 y 9(3).

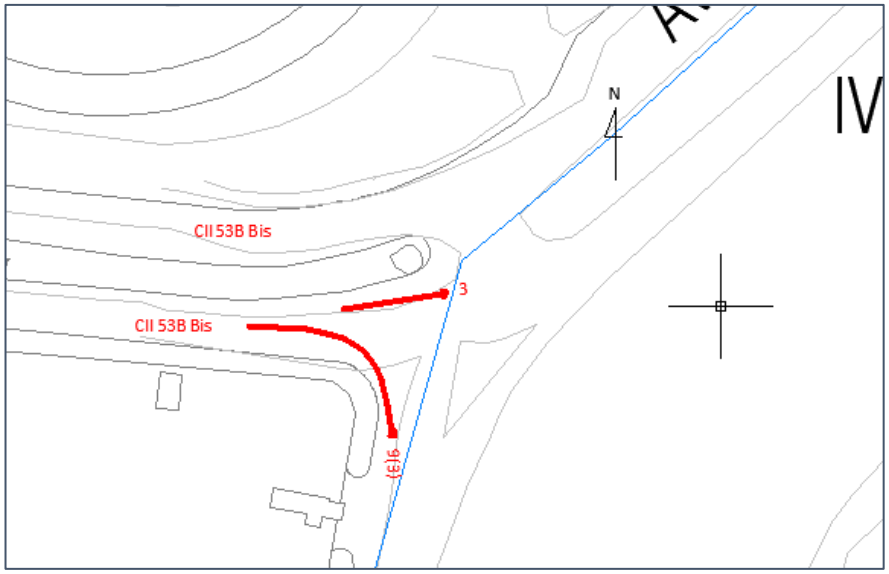


Figura 6.9. Esquema de movimientos 3 y 9(3) en la intersección.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.9. Datos movimiento 3 y 9(3) en el periodo de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

MOVIMIENTO 3

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
				C2	C3	C4	C5	>C5	
7:00 - 7:15	284	6	0	5	0	0	0	0	224
7:15 - 7:30	259	6	0	7	0	0	0	0	198
7:30 - 7:45	252	8	0	10	0	0	0	0	237
7:45 - 8:00	171	3	0	8	0	0	0	0	165

MOVIMIENTO 9 (3)

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
				C2	C3	C4	C5	>C5	
7:00 - 7:15	2	0	0	0	0	0	0	0	2
7:15 - 7:30	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7:30 - 7:45	1	0	0	0	0	0	0	0	1
7:45 - 8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6.3.3 Resumen de Movimientos Intersección 3.

6.3.3.1 Movimiento 5.

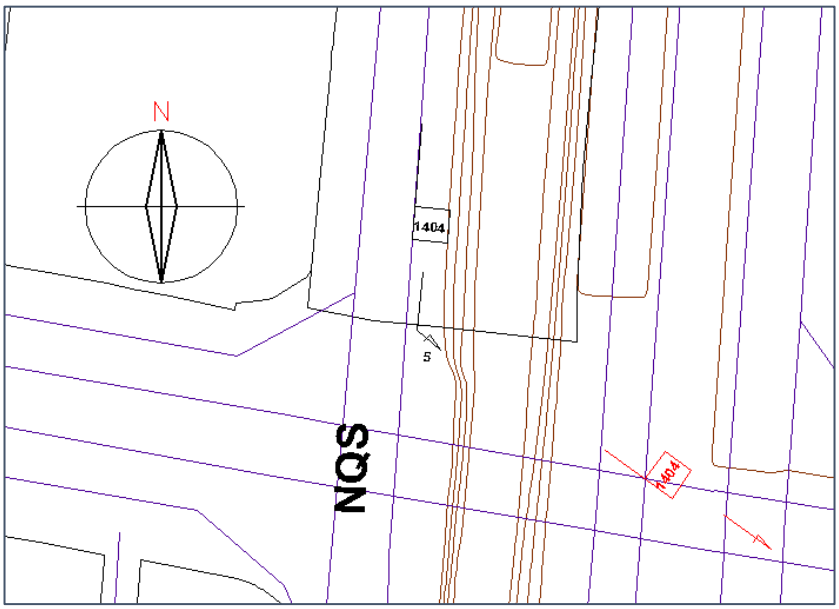


Figura 6.10. Esquema de movimiento 5 en la intersección.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.10. Datos movimiento 5 en el periodo de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

MOVIMIENTO 5

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos
				C2	C3	C4	C5	>C5	
7:00 - 7:15	261	1	0	4	0	0	0	0	46
7:15 - 7:30	281	1	0	11	0	0	0	0	71
7:30 - 7:45	276	0	0	8	0	0	0	0	78
7:45 - 8:00	301	0	0	7	0	0	0	0	58

6.4 Procesamiento por Accesos

6.4.1 Acceso Norte - Intersección 1: Carrera 30 con Calle 53B bis.

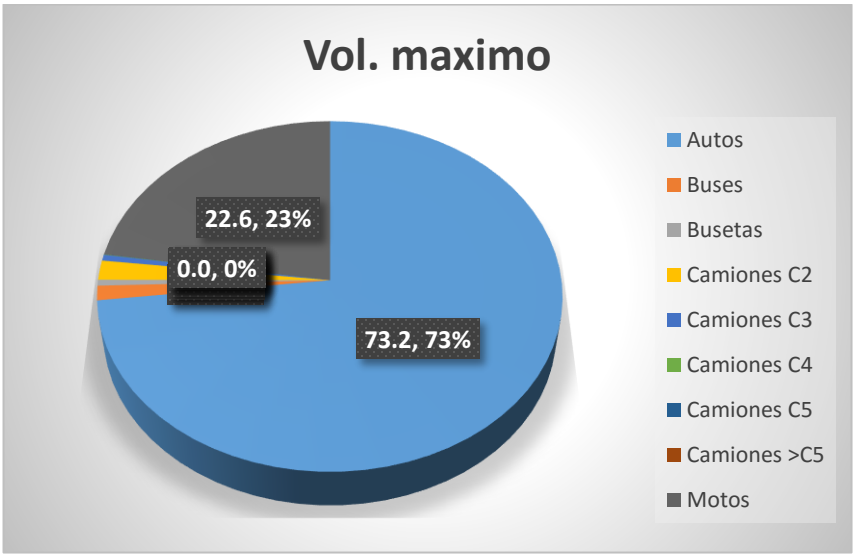
La Tabla 6.11 y la Gráfica 6.3 muestran el comportamiento del tránsito para el acceso norte en la intersección de la carrera 30 con calle 53B bis en el periodo de estudio, allí se pueden observar el volumen vehicular diferenciando la cantidad de acuerdo a su composición vehicular, también se pueden observar datos como el volumen total de la hora,

el periodo de máximo volumen y el factor de hora pico, que para este acceso fue de 0.93. La Gráfica 6.2 muestra la composición vehicular del periodo de máximo volumen de este acceso en la intersección 1.

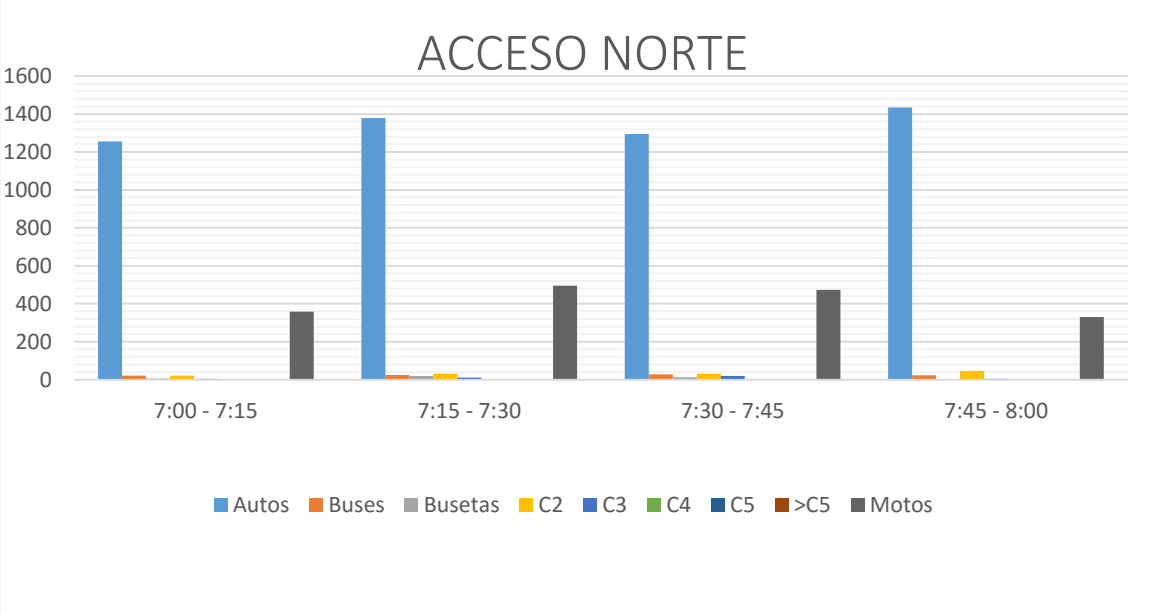
Tabla 6.11. Resumen de movimientos acceso norte, intersección 1.
Fuente: Elaboración propia.

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos	TOTAL	VOL HOR	VOL HORA AFORO	VOL HORA AFORO %
				C2	C3	C4	C5	>C5					
7:00 - 7:15	1256	21	7	21	5	0	0	0	358	1668			
7:15 - 7:30	1379	25	19	32	11	1	0	0	495	1962			
7:30 - 7:45	1294	28	13	31	20	1	0	0	473	1860			
7:45 - 8:00	1434	23	1	46	4	0	1	0	330	1839	7329	7329	100.0
TOTALES	**5363**	**97**	**40**	**130**	**40**	**2**	**1**	**0**	**1656**	**7329**		**7329**	**100**
COMPOSICION (%/Veh)	***73.2***	***1.3***	***0.5***	***1.8***	***0.5***	***0***	***0***	***0.0***	***22.6***	***100***			
VOL MAX	5363	97	40	130	40	2	1	0	1656	7329		FHP Max	0.93
VOL MAX %	73.2	1.3	0.5	1.8	0.5	0.0	0.0	0.0	22.6	100.0			

Gráfica 6.2. Composición vehicular en periodo de máximo volumen acceso norte.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 6.3. Composición vehicular en periodos de 15 minutos acceso norte, intersección.
Fuente: Elaboración propia.

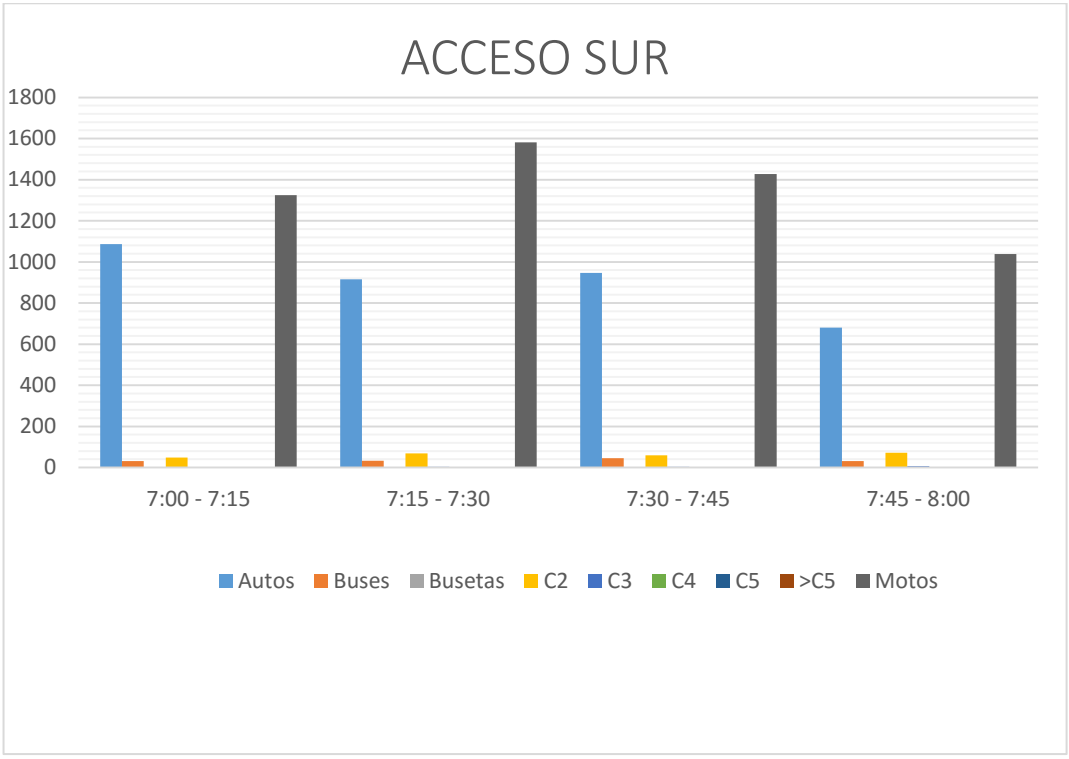


6.4.2 Acceso Sur - Intersección 1: Carrera 30 con Calle 53B bis.

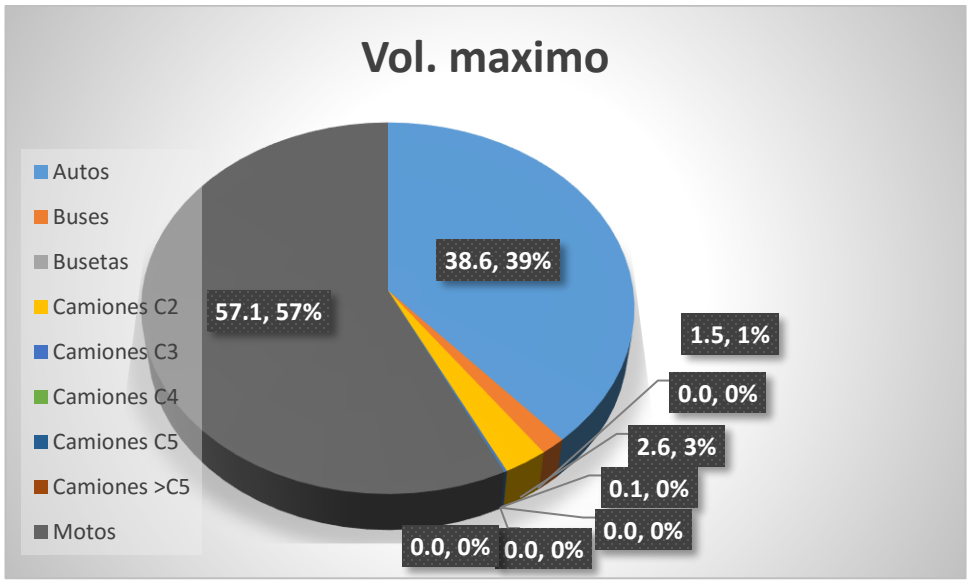
Tabla 6.12. Resumen de movimientos acceso sur, intersección 1.
Fuente: Elaboración propia

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos	TOTAL	VOL HORA	VOL HORA AFORO	VOL HORA AFORO %
				C2	C3	C4	C5	>C5					
7:00 - 7:15	1086	32	0	49	1	0	0	0	1325	2493			
7:15 - 7:30	915	33	0	68	3	0	0	0	1582	2601			
7:30 - 7:45	946	45	0	59	3	1	0	0	1427	2481			
7:45 - 8:00	681	32	0	72	7	1	2	0	1038	1833	9408	9408	100.0
TOTALES	**3628**	**142**	**0**	**248**	**14**	**2**	**2**	**0**	**5372**	**9408**		**9408**	**100**
COMPOSICIÓN (%/Veh)	***38.6***	***1.5***	***0.0***	***2.6***	***0.1***	***0.0***	***0.0***	***0.0***	***57.1***	***100***			
VOL MAX	3628	142	0	248	14	2	2	0	5372	9408		FHP Max	0.90
VOL MAX %	38.6	1.5	0.0	2.6	0.1	0.0	0.0	0.0	57.1	100.0			

Gráfica 6.4. Composición vehicular en periodos de 15 minutos acceso sur, intersección 1
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 6.5. Composición vehicular en periodo de máximo volumen acceso sur, intersección 1.
Fuente: Elaboración propia.



La Tabla 6.12 y la Gráfica 6.4 muestran el comportamiento del tránsito para el acceso sur en la intersección de la carrera 30 con calle 53B bis en el periodo de estudio, allí se

pueden observar el volumen vehicular diferenciando la cantidad de acuerdo a su composición vehicular, también se pueden observar datos como el volumen total de la hora, el periodo de máximo volumen y el factor de hora pico, que para este acceso fue de 0.90. La

Gráfica 6.5 muestra la composición vehicular del periodo de máximo volumen de este acceso en la intersección 1.

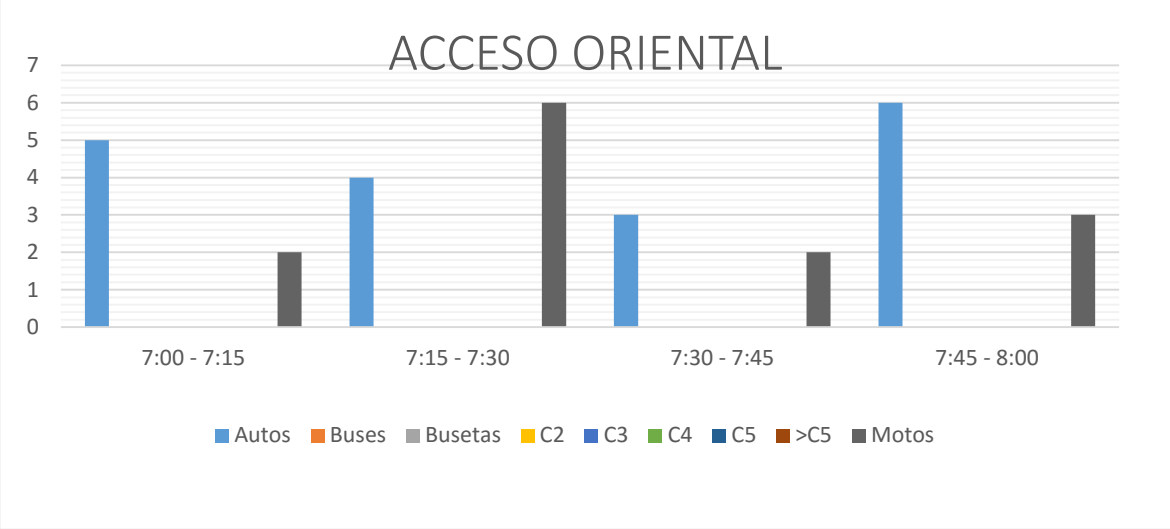
6.4.3 Acceso Oriental - Intersección 1: Carrera 30 con Calle 53B bis.

La Tabla 6.13 y la Gráfica 6.6 muestran el comportamiento del tránsito para el acceso oriental en la intersección de la carrera 30 con calle 53B bis en el periodo de estudio, allí se pueden observar el volumen vehicular diferenciando la cantidad de acuerdo a su composición vehicular, también se pueden observar datos como el volumen total de la hora, el periodo de máximo volumen y el factor de hora pico, que para este acceso fue de 0.78. La Gráfica 6.7 muestra la composición vehicular del periodo de máximo volumen de este acceso en la intersección 1.

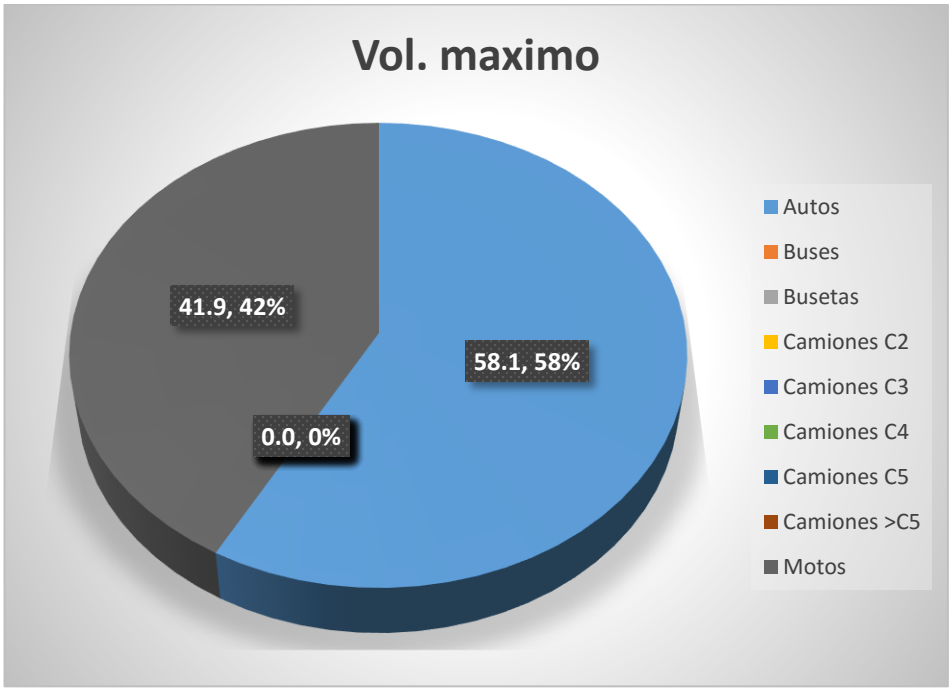
Tabla 6.13. Resumen de movimientos acceso oriental, intersección 1.
Fuente: Elaboración propia.

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos	TOTAL	VOL HORA	VOL HORA AFORO	VOL HORA AFORO %
				C2	C3	C4	C5	>C5					
7:00 - 7:15	5	0	0	0	0	0	0	0	2	7			
7:15 - 7:30	4	0	0	0	0	0	0	0	6	10			
7:30 - 7:45	3	0	0	0	0	0	0	0	2	5			
7:45 - 8:00	6	0	0	0	0	0	0	0	3	9	31	31	100.0
TOTALES	**18**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**13**	**31**		**31**	**100**
COMPOSICION (%/Veh)	***58.1***	***0.0***	***0.0***	***0.0***	***0.0***	***0.0***	***0.0***	***0.0***	***41.9***	***100***			
VOL MAX	18	0	0	0	0	0	0	0	13	31		FHP Max	0.78
VOL MAX %	58.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.9	100.0			

Gráfica 6.6. Composición vehicular en periodos de 15 minutos acceso oriental intersección 1.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 6.7. Composición vehicular en periodo de máximo volumen acceso oriental, intersección 1.
Fuente: Elaboración propia.

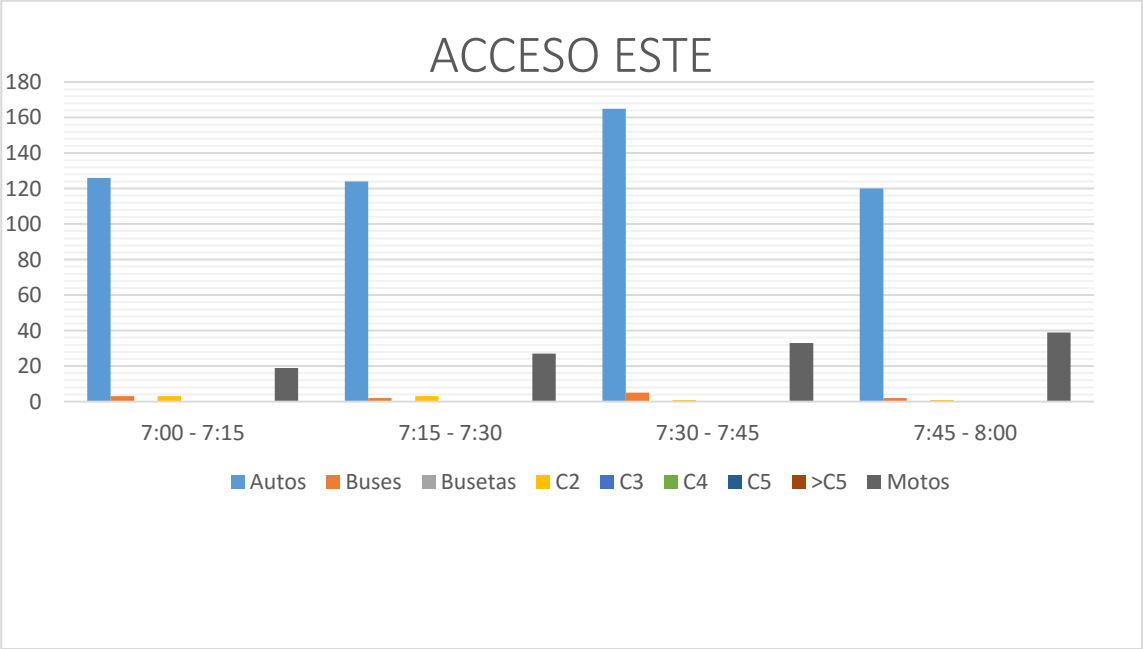


6.4.4 Acceso Oriental - Intersección 2: Carrera 28, Transversal 28.

Tabla 6.14. Resumen de movimientos acceso orienta, intersección 2.
Fuente: Elaboración propia.

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos	TOTAL	VOL HORA	VOL HORA AFORO	VOL HORA AFORO %
				C2	C3	C4	C5	>C5					
7:00 - 7:15	126	3	0	3	0	0	0	0	19	151			
7:15 - 7:30	124	2	0	3	0	0	0	0	27	156			
7:30 - 7:45	165	5	0	1	0	0	0	0	33	204			
7:45 - 8:00	120	2	0	1	0	0	0	0	39	162	673	673	100.0
TOTALES	**535**	**12**	**0**	**8**	**0**	**0**	**0**	**0**	**118**	**673**		**673**	**100**
COMPOSICION (%/Veh)	***79.5***	***1.8***	***0.0***	***1.2***	***0***	***0***	***0***	***0.0***	***17.5***	***100***			
VOL MAX	535	12	0	8	0	0	0	0	118	673		FHP Max	0.82
VOL MAX %	79.5	1.8	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	17.5	100.0			

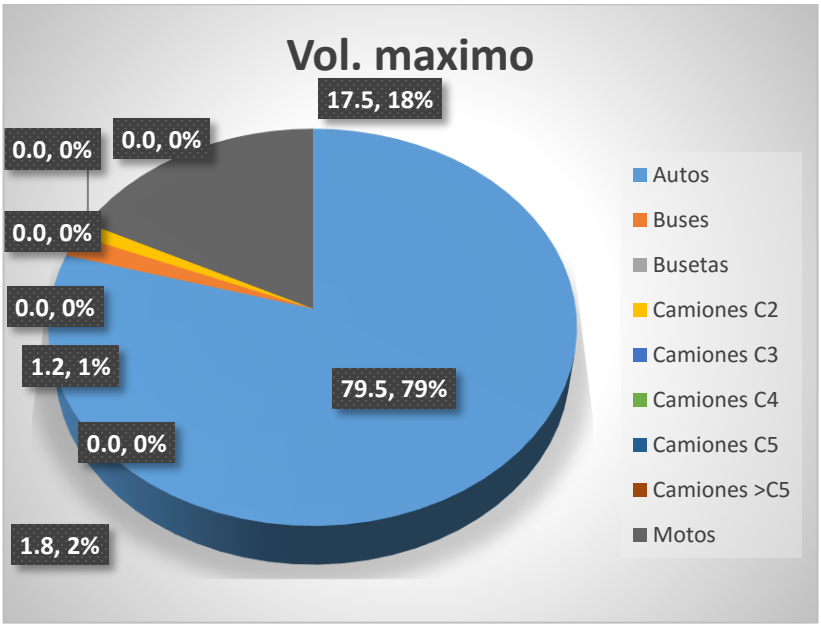
Gráfica 6.8. Composición vehicular en periodos de 15 minutos acceso oriental intersección 2.
Fuente: Elaboración propia.



La Tabla 6.14 y la Gráfica 6.8 muestran el comportamiento del tránsito para el acceso oriental en la intersección de la carrera 28 con transversal 28 en el periodo de estudio, allí

se pueden observar el volumen vehicular diferenciando la cantidad de acuerdo a su composición vehicular, también se pueden observar datos como el volumen total de la hora, el periodo de máximo volumen y el factor de hora pico, que para este acceso fue de 0.82. La Gráfica 6.9 muestra la composición vehicular del periodo de máximo volumen de este acceso en la intersección 2.

Gráfica 6.9. Composición vehicular en periodo de máximo volumen acceso oriental, intersección 2. Fuente: Elaboración propia.



6.4.5 Acceso Oriental - Intersección 2: Carrera 28, Transversal 28.

Gráfica 6.10. Composición vehicular en periodos de 15 minutos acceso occidental, intersección 2.
Fuente: Elaboración propia.

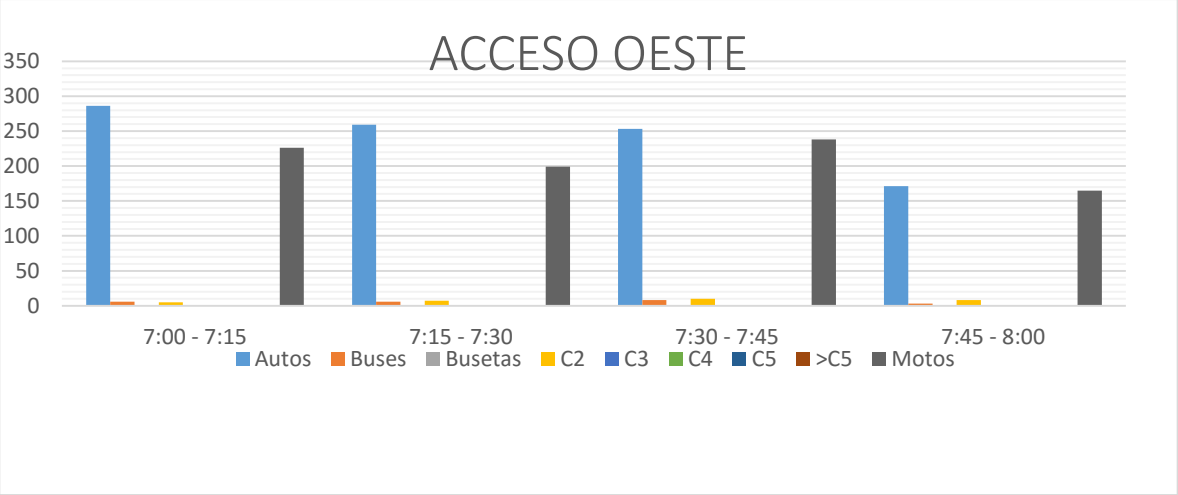
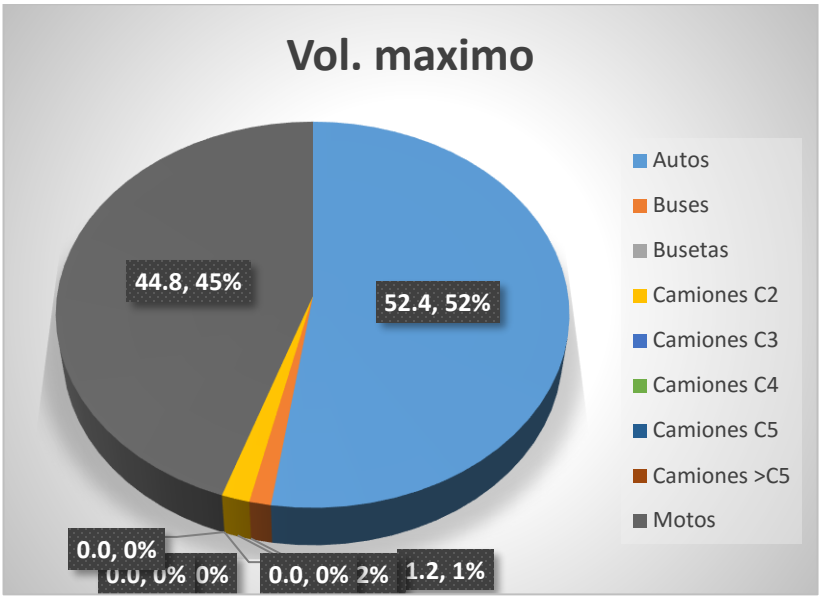


Tabla 6.15. Resumen de movimientos acceso occidental, intersección 2
Fuente: Elaboración propia.

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos	TOTAL	VOL HORA	VOL HORA AFORO	VOL HORA AFORO %
				C2	C3	C4	C5	>C5					
7:00 - 7:15	286	6	0	5	0	0	0	0	226	523			
7:15 - 7:30	259	6	0	7	0	0	0	0	199	471			
7:30 - 7:45	253	8	0	10	0	0	0	0	238	509			
7:45 - 8:00	171	3	0	8	0	0	0	0	165	347	1850	1850	100.0
TOTALES	**969**	**23**	**0**	**30**	**0**	**0**	**0**	**0**	**828**	**1850**		**1850**	**100**
COMPOSICION (%/Veh)	***52.4***	***1.2***	***0.0***	***1.6***	***0.0***	***0.0***	***0.0***	***0.0***	***44.8***	***100***			
VOL MAX	969	23	0	30	0	0	0	0	828	1850		FHP Max	0.88
VOL MAX %	52.4	1.2	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	44.8	100.0			

Gráfica 6.11. Composición vehicular en periodo de máximo volumen acceso oriental, intersección 2. Fuente: Elaboración propia.



La Tabla 6.15 y la Gráfica 6.10 muestran el comportamiento del tránsito para el acceso occidental en la intersección de la carrera 28 con transversal 28 en el periodo de estudio, allí se pueden observar el volumen vehicular diferenciando la cantidad de acuerdo a su composición vehicular, también se pueden observar datos como el volumen total de la hora, el periodo de máximo volumen y el factor de hora pico, que para este acceso fue de 0.88. La Gráfica 6.11 muestra la composición vehicular del periodo de máximo volumen de este acceso en la intersección 2.

6.4.6 Acceso Norte - Intersección 3: Carrera 30 con Calle 63.

La Tabla 6.16 y la Gráfica 6.12 muestran el comportamiento del tránsito para el acceso occidental en la intersección de la carrera 28 con transversal 28 en el periodo de estudio, allí se pueden observar el volumen vehicular diferenciando la cantidad de acuerdo a su composición vehicular, también se pueden observar datos como el volumen total de la hora, el periodo de máximo volumen y el factor de hora pico, que para este acceso fue de 0.96.

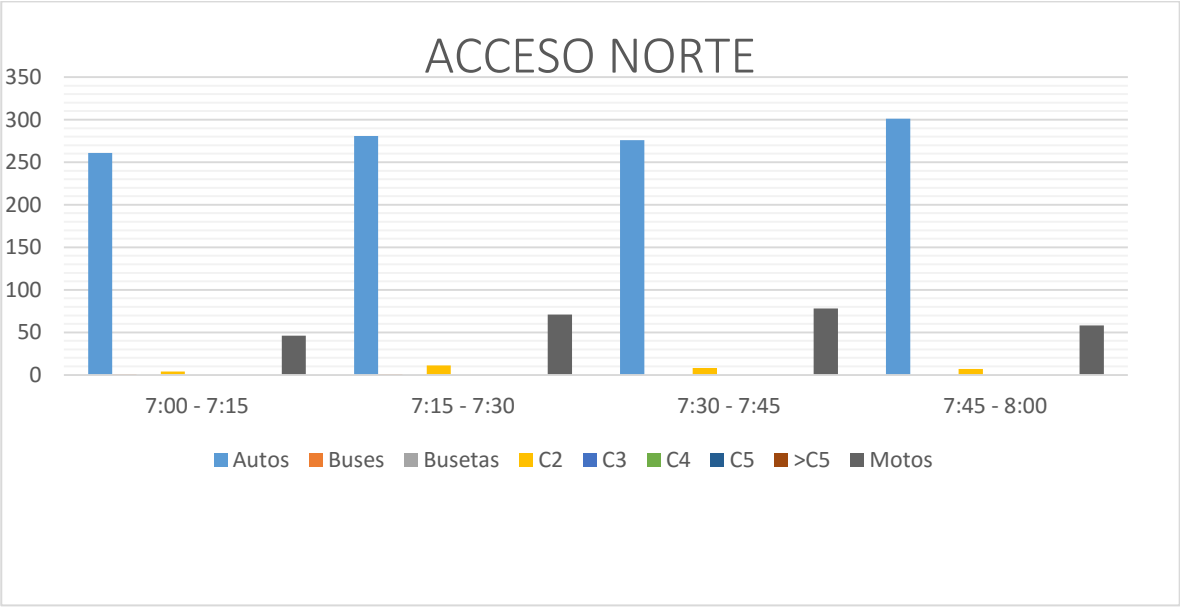
Esta tabla muestra también el procesamiento de la intersección, pues este movimiento es el único que es objeto de estudio para el desarrollo del proyecto

La Gráfica 6.13 muestra la composición vehicular del periodo de máximo volumen de este acceso en la intersección 3.

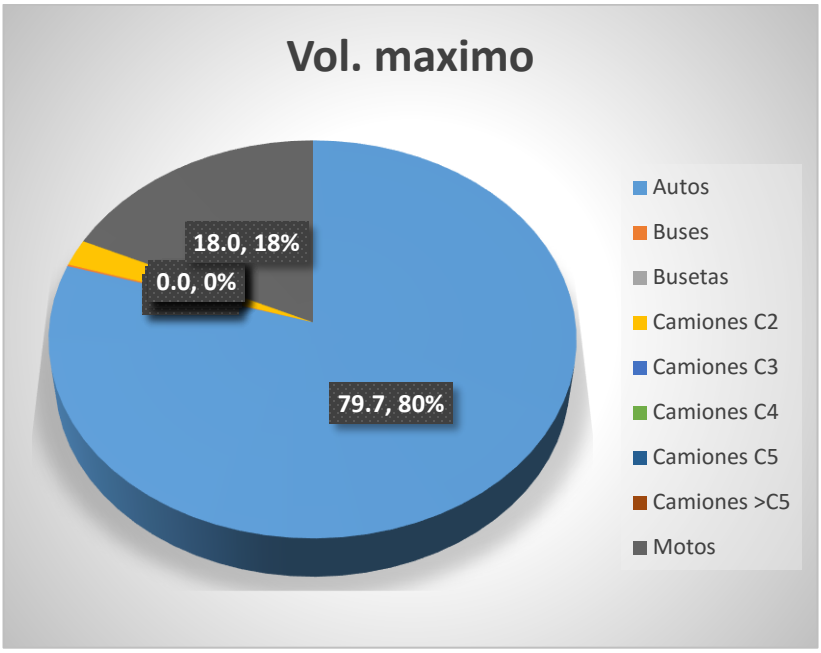
Tabla 6.16. Resumen de movimientos acceso norte, intersección 3.
Fuente: Elaboración propia.

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos	TOTAL	VOL HORA	VOL HORA AFORO	VOL HORA AFORO %
				C2	C3	C4	C5	>C5					
7:00 - 7:15	261	1	0	4	0	0	0	0	46	312			
7:15 - 7:30	281	1	0	11	0	0	0	0	71	364			
7:30 - 7:45	276	0	0	8	0	0	0	0	78	362			
7:45 - 8:00	301	0	0	7	0	0	0	0	58	366	1404	1404	100.0
TOTALES	**1119**	**2**	**0**	**30**	**0**	**0**	**0**	**0**	**253**	**1404**		**1404**	**100**
COMPOSICION (%/Veh)	***79.7***	***0.1***	***0.0***	***2.1***	***0.0***	***0.0***	***0.0***	***0.0***	***18.0***	***100***			
VOL MAX	1119	2	0	30	0	0	0	0	253	1404		FHP Max	0.96
VOL MAX %	79.7	0.1	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	100.0			

Gráfica 6.12. Composición vehicular en periodos de 15 minutos acceso norte, intersección 3.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 6.13. Composición vehicular en periodo de máximo volumen acceso norte, intersección 3.
Fuente: Elaboración propia.



6.5 Procesamiento de las Intersecciones

6.5.1 Intersección 1: Carrera 30 con Calle 53B bis.

En la Tabla 6.17 se muestran los resultados de los volúmenes vehiculares de la intersección 1, en la Gráfica 6.14 se muestran los tipos de vehículos por periodos de 15 minutos y en la Gráfica 6.15 se muestra la composición vehicular con la que cuenta la intersección.

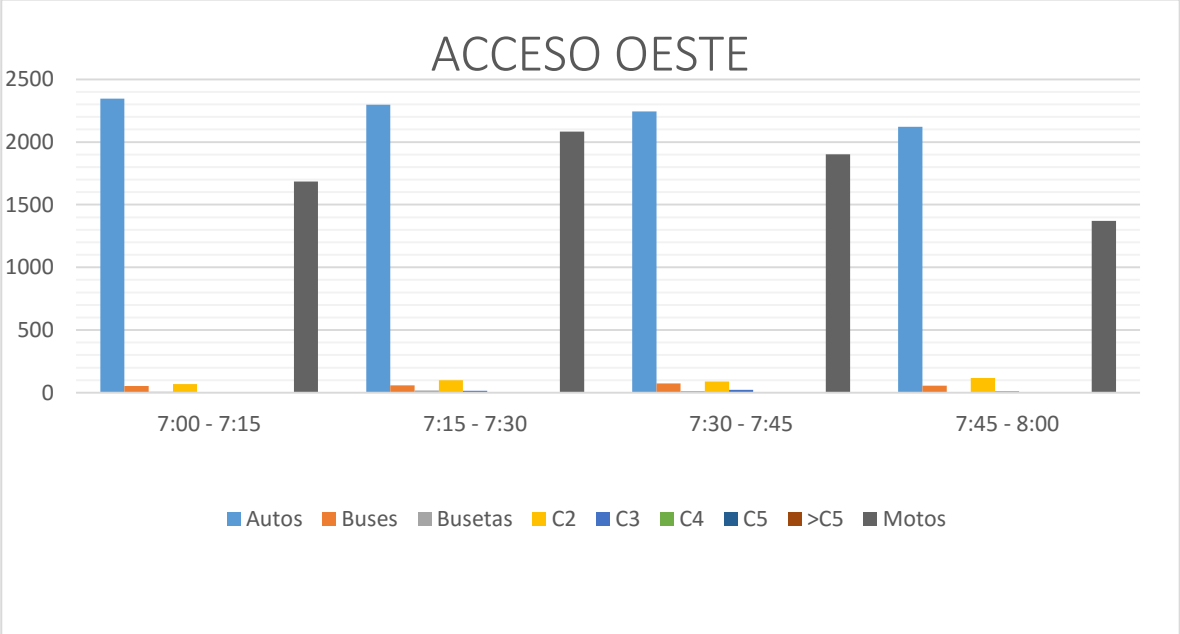
Tabla 6.17. Resumen de movimientos intersección 1.
Fuente: Elaboración propia.

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos	TOTAL	VOL HORA	VOL HORA AFORO	VOL HORA AFORO %
				C2	C3	C4	C5	>C5					
7:00 - 7:15	2347	53	7	70	6	0	0	0	1685	4168			
7:15 - 7:30	2298	58	19	100	14	1	0	0	2083	4573			
7:30 - 7:45	2243	73	13	90	23	2	0	0	1902	4346			

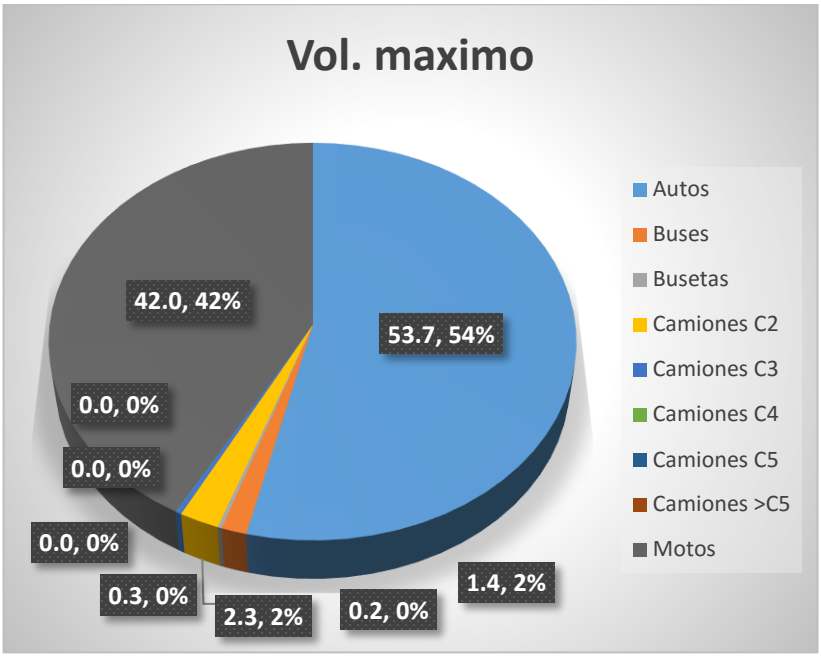
7:45 - 8:00	2121	55	1	118	11	1	3	0	1371	3681	16768	16768	100.0
TOTALES	***9009***	***239***	***40***	***378***	***54***	***4***	***3***	***0***	***7041***	**16768**		**16768**	**100**
COMPOSICION (%/Veh)	***53.7***	***1.4***	***0.2***	***2.3***	***0.3***	***0.0***	***0.0***	***0.0***	***42.0***	***100***			

VOL MAX	9009	239	40	378	54	4	3	0	7041	16768		FHP Max	0.92
VOL MAX %	53.7	1.4	0.2	2.3	0.3	0.0	0.0	0.0	42.0	100.0			

Gráfica 6.14. Composición vehicular en periodos de 15 minutos intersección 1.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 6.15. Composición vehicular en periodo de máximo volumen de la intersección 1.
Fuente: Elaboración propia.



6.5.2 Intersección 2: Calle 53B bis con Carrera 28.

En la Tabla 6.18 se muestran los resultados de los volúmenes vehiculares de la intersección 2, en la Gráfica 6.16 se muestran los tipos de vehículos por periodos de 15 minutos y en la Gráfica 6.17 se muestra la composición vehicular con la que cuenta la intersección en la totalidad del periodo aforado.

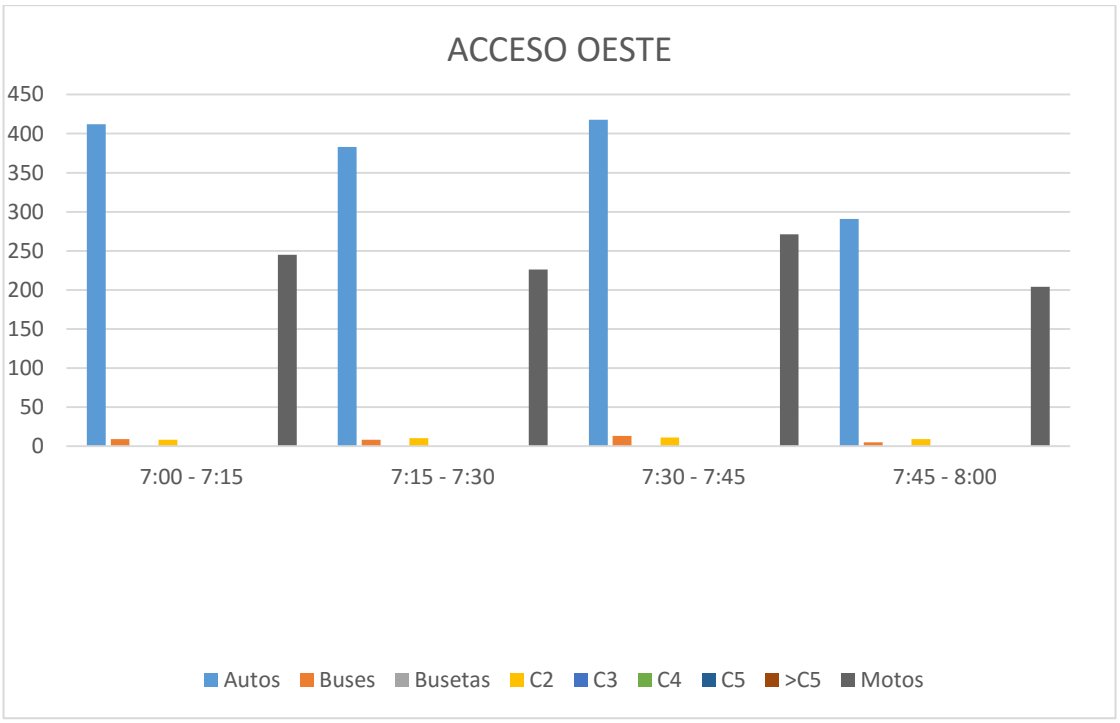
Tabla 6.18. Resumen de movimientos intersección 2.
Fuente: Elaboración propia.

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones					Motos	TOTALES	VOL HORARIO	VOL HORA AFORO	VOL HORA AFORO %
				C2	C3	C4	C5	>C5					
7:00 - 7:15	412	9	0	8	0	0	0	0	245	674			
7:15 - 7:30	383	8	0	10	0	0	0	0	226	627			
7:30 - 7:45	418	13	0	11	0	0	0	0	271	713			
7:45 - 8:00	291	5	0	9	0	0	0	0	204	509	2523	2523	100,0
TOTALES	**1504**	**35**	**0**	**38**	**0**	**0**	**0**	**0**	**946**	**2523**		**2523**	**100**

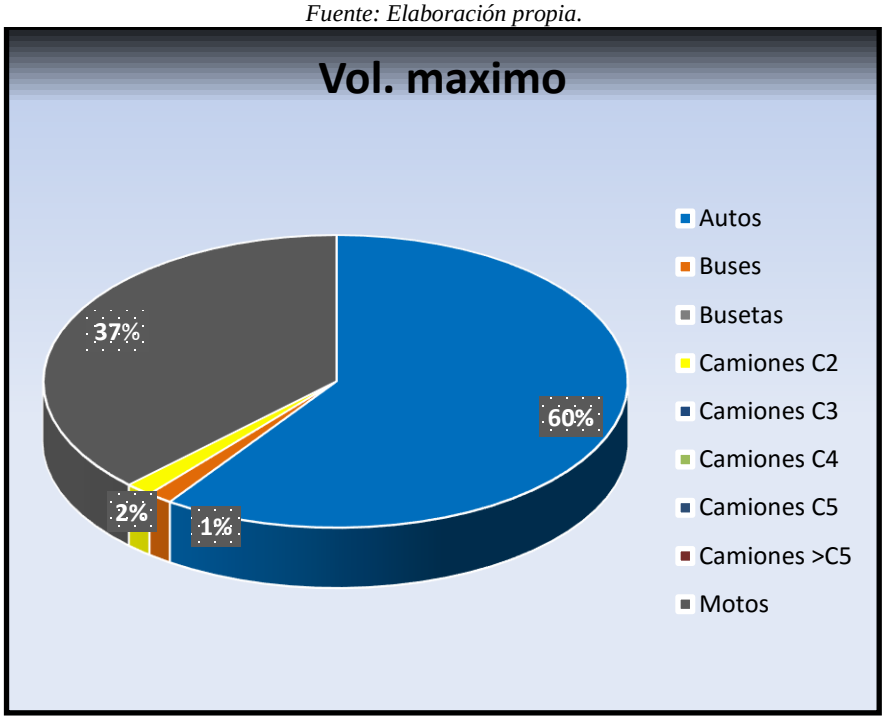
COMPOSICION (%/Veh)	***59,6***	***1,4***	***0,0***	***1,5***	***0,0***	***0,0***	***0,0***	***0,0***	***37,5***	***100***		
											FHP	
VOL MAX	1504	35	0	38	0	0	0	0	946	2523	Max	0,88
VOL MAX %	59,6	1,4	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	100,0		

.

Gráfica 6.16. Composición vehicular en periodos de 15 minutos intersección 2.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 6.17. Composición vehicular en periodo de máximo volumen de la intersección 2. Fuente: Elaboración propia.



6.6 Proyecciones de volúmenes de tránsito.

Los resultados que se obtuvieron por medio de la regresión lineal, potencial, exponencial y logarítmica, partiendo de los volúmenes de transito máximos históricos registrados por la estación maestra elegida para el proyecto, la cual para este caso se encuentra ubicada en la avenida NQS con calle 53, desde el año 2011 hasta el 2015, los datos de esta estación maestra se pueden observar en la Tabla 6.19. Estos datos se adquirieron en la secretaria de movilidad y se encuentran en el Anexo 1.3 Registros Secre. Mov. Y FENALCO parque automotor Información base.

Tabla 6.19. Volúmenes diarios máximos anuales históricos. Fuente: Secretaria de movilidad.

DATOS HISTORICOS ESTACIÓN MAESTRA	
AÑO	**TD**
2011	310978
2012	315100
2013	308828
2015	329117

6.6.1 Ajuste volúmenes horarios para 2016.

El volumen máximo del año 2016 se obtuvo por medio de un ajuste de volúmenes de transito el cual se realizó con los datos del 2015 de la estación maestra y con la hora de máxima demanda obtenida. Luego de organizar los volúmenes horarios y encontrar el FHP se halló la tasa de crecimiento con respecto al año 2015 y por medio de los aforos realizados, se estimaron los volúmenes horarios para 2016 y así obtener el volumen máximo diario de este año como se muestra en la Tabla 6.20.

Tabla 6.20. Ajuste de volúmenes para el año 2016.
Fuente: Elaboración propia

Estación Maestra V Horario 2015				**V Horario 2016**				
Hora		**TH**	**PH**	**Hora**		**1**	**PH**	**TH**
0	1	1729	**0,005**	0	1		**0,005**	1247
1	2	1030	**0,003**	1	2		**0,003**	743
2	3	845	**0,003**	2	3		**0,003**	609
3	4	1087	**0,003**	3	4		**0,003**	784
4	5	2577	**0,008**	4	5		**0,008**	1859
5	6	11045	**0,034**	5	6		**0,034**	7966
6	7	20190	**0,061**	6	7		**0,061**	14561
7	8	23207	**0,071**	7	8	16737	**0,071**	16737
8	9	21173	**0,064**	8	9		**0,064**	15270
9	10	20110	**0,061**	9	10		**0,061**	14503
10	11	18182	**0,055**	10	11		**0,055**	13113
11	12	18561	**0,056**	11	12		**0,056**	13386
12	13	19161	**0,058**	12	13		**0,058**	13819
13	14	19116	**0,058**	13	14		**0,058**	13787
14	15	18756	**0,057**	14	15		**0,057**	13527
15	16	17258	**0,052**	15	16		**0,052**	12447
16	17	18857	**0,057**	16	17		**0,057**	13600
17	18	22210	**0,067**	17	18		**0,067**	16018
18	19	20084	**0,061**	18	19		**0,061**	14485
19	20	16788	**0,051**	19	20		**0,051**	12108
20	21	13943	**0,042**	20	21		**0,042**	10056
21	22	12005	**0,036**	21	22		**0,036**	8658
22	23	7554	**0,023**	22	23		**0,023**	5448
23	24	3649	**0,011**	23	24		**0,011**	2632
		329117	1			237361	1	237361

6.6.2 Proyección futura con datos históricos de estaciones maestra.

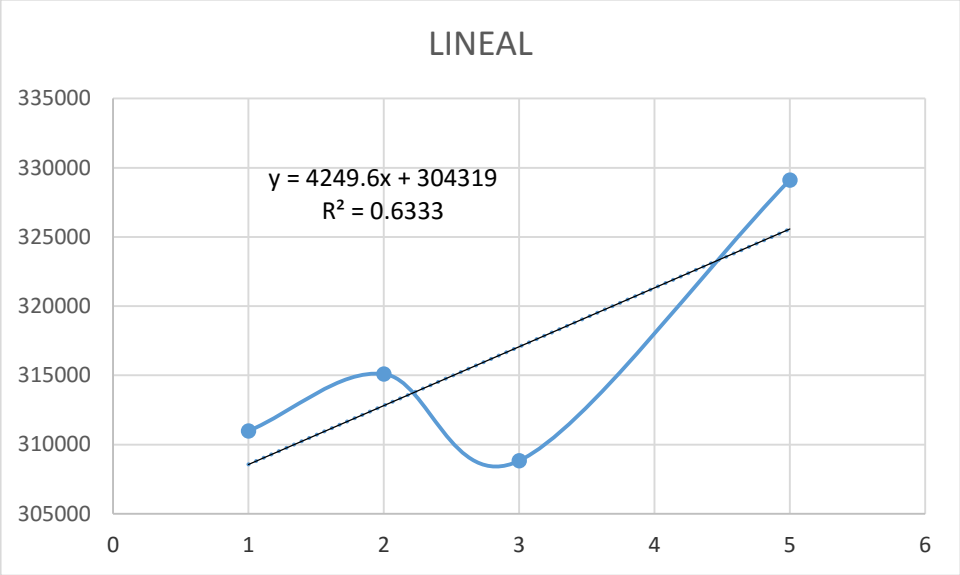
Con las estaciones maestras de los años 2011, 2012, 2013 y 2015 las cuales se pueden evidenciar en el Anexo 1.2. Registro Histórico Volúmenes de Tránsito, fue posible realizar la regresión y la proyección hasta el año 2036, la cual se hizo por medio de Excel en donde se generaron graficas con regresiones lineal, exponencial, potencial y logarítmica entre el número consecutivo del año y el volumen máximo diario de cada uno de los años con el fin de conocer cual crecimiento se comportaba mejor y poder hacer la proyección como se muestra en la Tabla 6.21.

Tabla 6.21. Proyección del tránsito con datos históricos estaciones maestra.
Fuente: elaboración propia

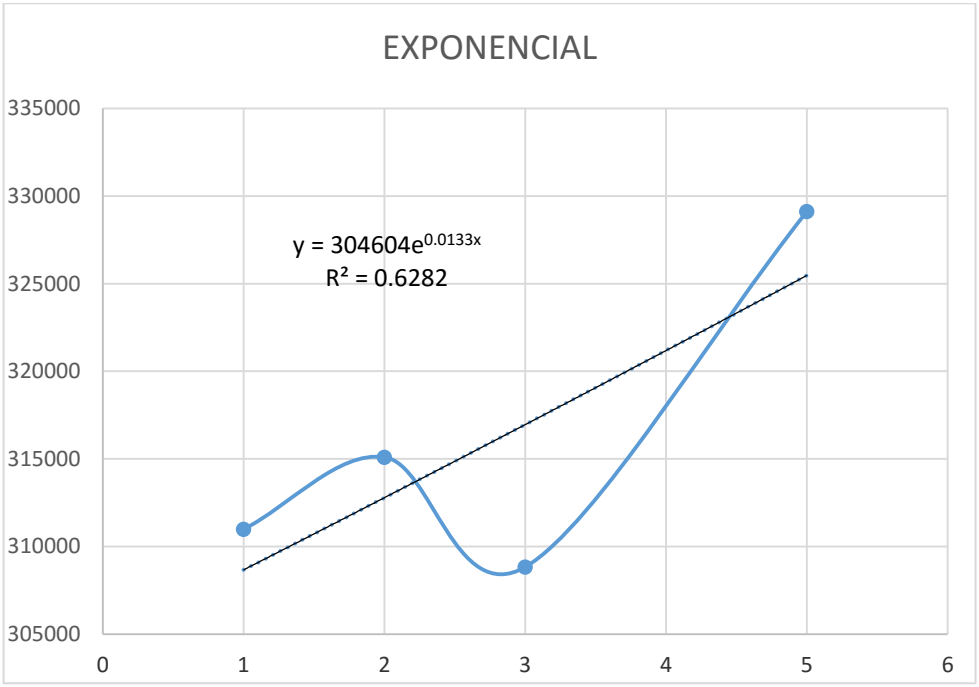
AÑO	xi	TD	LINEAL	EXPONENCIAL	POTENCIAL	LOGARITMICO
2011	1	310978	56663	56759	56454	56304
2012	2	315100	59180	59063	60389	60575
2013	3	308828	61696	61461	62816	63073
2015	5	329117	66729	66554	66014	66221
2016	6	237361	69245	69256	67194	67344
2017	7		71762	72068	68208	68294
2018	8		74278	74994	69100	69117
2019	9		76795	78039	69895	69843
2020	10		79311	81208	70615	70492
2021	11		81827	84505	71272	71079
2022	12		84344	87936	71877	71615
2023	13		86860	91506	72439	72108
2024	14		89377	95222	72962	72565
2025	15		91893	99088	73453	72990
2026	16		94409	103111	73915	73388
2027	17		96926	107298	74352	73761
2028	18		99442	111654	74767	74114
2029	19		101959	116188	75160	74447
2030	20		104475	120905	75536	74763
2031	21		106991	125814	75895	75063
2032	22		109508	130923	76239	75350
2033	23		112024	136239	76569	75624
2034	24		114541	141770	76887	75886
2035	25		117057	147526	77192	76138
2036	26		119573	153516	77487	76379

Se obtuvieron tendencias con un crecimiento no uniforme debido a los valores de los volúmenes máximos que no tienen un incremento proporcional en cada año. En las siguientes graficas se presentan los comportamientos con cada una de las proyecciones como se muestra en la Gráfica 6.18 Gráfica 6.19 Gráfica 6.20 y Gráfica 6.21.

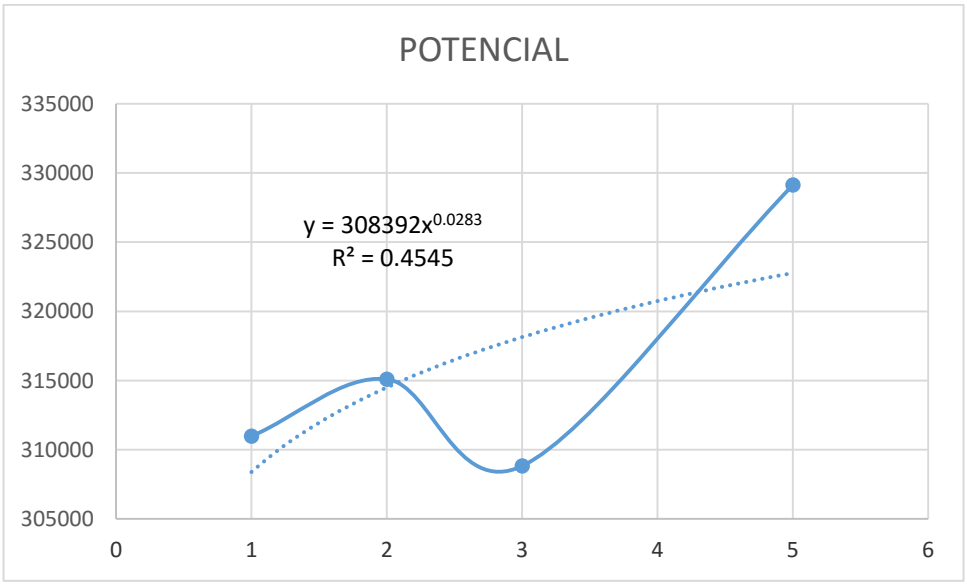
Gráfica 6.18. Regresión lineal datos estaciones maestras.
Fuente: Elaboración propia.



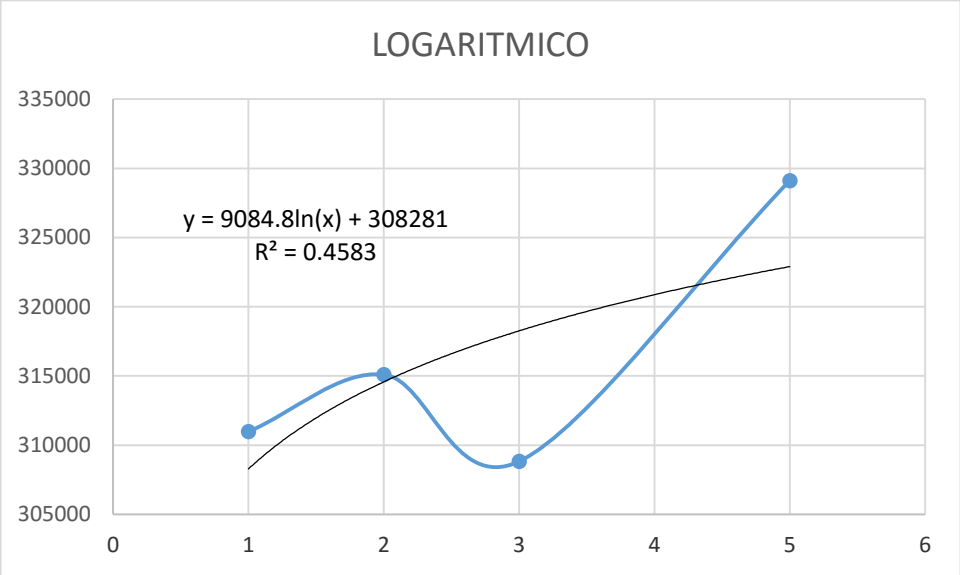
Gráfica 6.19. Regresión exponencial datos estaciones maestras.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 6.20. Regresión potencial datos estaciones maestras.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 6.21. Regresión logarítmica datos estaciones maestras.
Fuente: Elaboración propia.



Como se puede observar ninguna de las proyecciones posee un R cercano a 1, lo cual demuestra que no son confiables para tomar los volúmenes futuros para el diseño.

6.6.3 Proyección futura con datos del parque automotor.

Con el fin de tener datos confiables para la proyección del tránsito y la obtención de volúmenes futuros para el diseño, fue necesario buscar otras fuentes de información como el incremento del parque automotor de Fenalco y boletines de la secretaria de movilidad de Bogotá como se muestra en la Tabla 6.22.

Tabla 6.22. Datos históricos del parque automotor en Bogotá.
Fuente: Boletín índice de movilidad, Secretaria distrital de planeación y FENALCO.

AÑO	PARQUE AUTOMOTOR
2002	590939
2003	590379
2004	555528
2005	732092
2006	835806
2007	952135
2008	1057390
2009	1143631
2010	1277419

2011	1455062
2012	1618834
2013	1732124
2014	1852091
2015	1945853

Los datos desde 2002 hasta el 2012 fueron tomados del boletín número 55 acerca del índice de movilidad en Bogotá elaborado por la secretaria distrital de planeación en septiembre de 2013, los cuales corresponden al parque automotor existente en la ciudad. Con respecto al resto de datos, se adquirieron desde los informes del sector automotor elaborado por FENALCO, la Andi y el comité automotor colombiano. Dichos informes se presenta en el Anexo 1.3 Registros Secre. Mov. Y FENALCO parque automotor Información base del presente estudio. En la Tabla 6.23 se presentan los resultados de la proyección de volúmenes.

Tabla 6.23. Proyección del parque automotor para el 2036.
Fuente elaboración propia

AÑO	xi	PARQUE AUTOMOTOR	LINEAL	EXPONENCIAL	POTENCIAL	LOGARITMICO	% DE CRECIMIENTO
2002	1	590939	417840	541947	411798	162385	0,50%
2003	2	590379	533110	601705	597914	549414	0,64%
2004	3	555528	648380	668053	743662	775812	0,78%
2005	4	732092	763650	741717	868145	936443	0,92%
2006	5	835806	878920	823503	978881	1061039	1,06%
2007	6	952135	994190	914308	1079766	1162841	1,19%
2008	7	1057390	1109460	1015125	1173132	1248913	1,33%
2009	8	1143631	1224730	1127060	1260511	1323472	1,47%
2010	9	1277419	1340000	1251336	1342971	1389238	1,61%
2011	10	1455062	1455270	1389317	1421295	1448068	1,75%
2012	11	1618834	1570540	1542512	1496075	1501286	1,89%
2013	12	1732124	1685810	1712599	1567775	1549870	2,03%
2014	13	1852091	1801080	1901441	1636763	1594563	2,16%

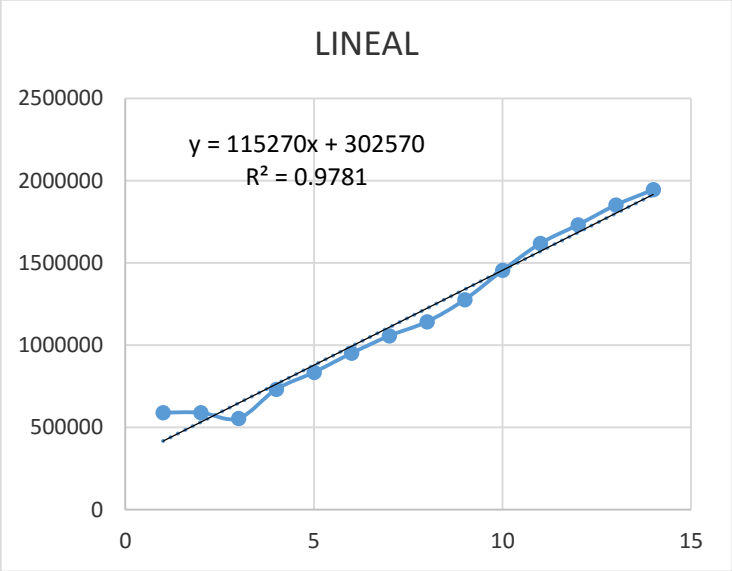
2015	14	1945853	1916350	2111106	1703339	1635942	2,30%
2016	15		2031620	2343890	1767752	1674465	2,44%
2017	16		2146890	2602343	1830209	1710502	2,58%
2018	17		2262160	2889294	1890888	1744352	2,72%
2019	18		2377430	3207886	1949938	1776267	2,86%
2020	19		2492700	3561608	2007491	1806457	3,00%
2021	20		2607970	3954334	2063661	1835097	3,13%
2022	21		2723240	4390364	2118548	1862340	3,27%
2023	22		2838510	4874474	2172239	1888315	3,41%
2024	23		2953780	5411964	2224815	1913135	3,55%
2025	24		3069050	6008722	2276344	1936899	3,69%
2026	25		3184320	6671283	2326891	1959693	3,83%
2027	26		3299590	7406901	2376511	1981592	3,97%
2028	27		3414860	8223634	2425258	2002665	4,10%
2029	28		3530130	9130424	2473177	2022971	4,24%
2030	29		3645400	10137203	2520312	2042565	4,38%
2031	30		3760670	11254996	2566702	2061495	4,52%
2032	31		3875940	12496044	2612383	2079803	4,66%
2033	32		3991210	13873938	2657388	2097531	4,80%
2034	33		4106480	15403768	2701747	2114712	4,94%
2035	34		4221750	17102286	2745490	2131381	5,07%
2036	35		4337020	18988094	2788642	2147567	5,21%

Con el fin de incluir los volúmenes obtenido de motocicletas, se realizó una relación de 3:1 en donde 3 motos representan 1 automóvil, esto con el fin de simular las condiciones

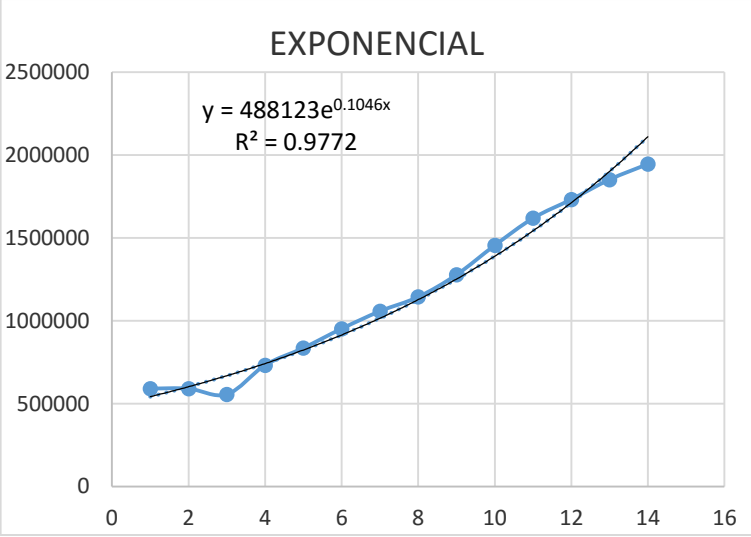
reales que se presentan en la ciudad de Bogotá D.C. y teniendo en cuenta que estas tienen un volumen bastante elevado.

En la Gráfica 6.22 Gráfica 6.23 Gráfica 6.24 y Gráfica 6.25 se presentan los resultados de las proyecciones de transito según el tipo de regresión utilizada.

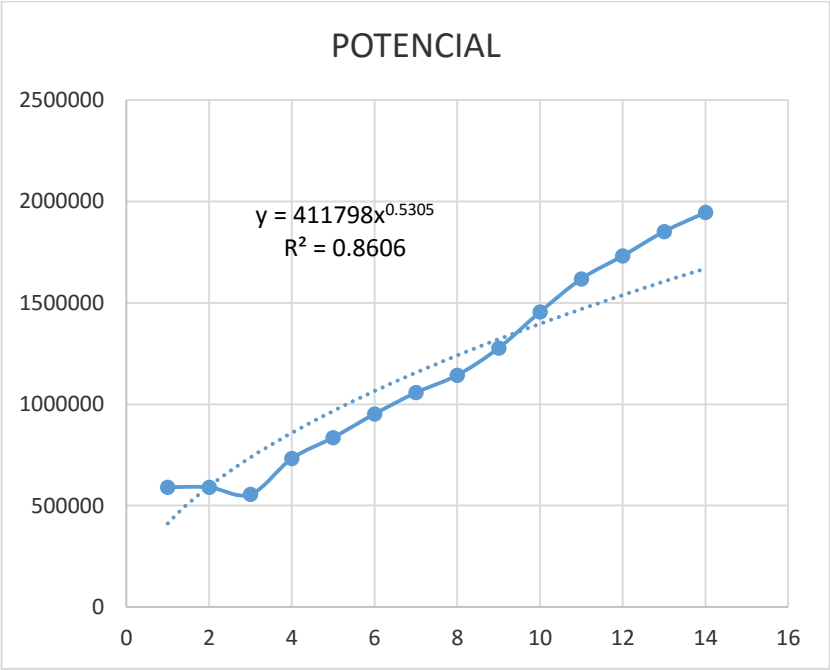
Gráfica 6.22. Regresión lineal datos FENALCO y Secretaria de movilidad.
Fuente: Elaboración propia.



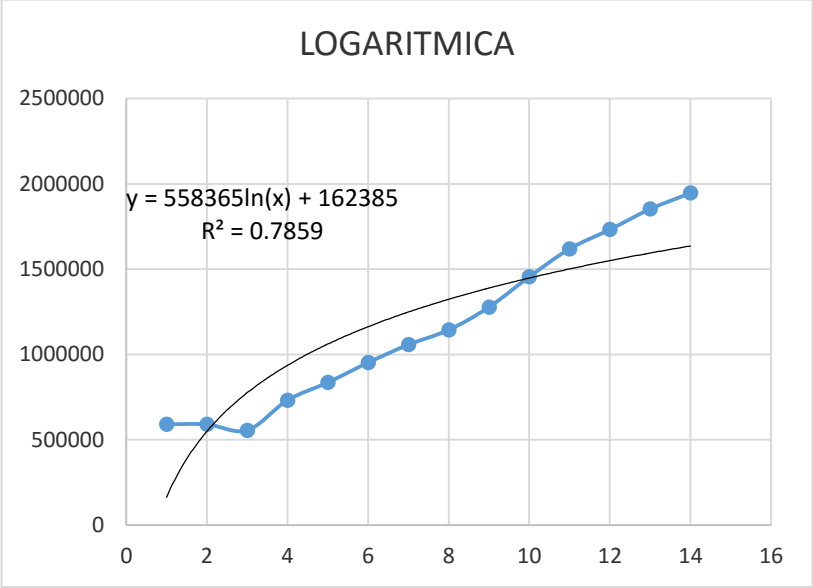
Gráfica 6.23. Regresión exponencial datos FENALCO y Secretaria de movilidad.
Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 6.24. Regresión potencial datos FENALCO y Secretaria de movilidad. Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 6.25. Regresión logarítmica datos FENALCO y Secretaria de movilidad. Fuente: Elaboración propia.



La proyección con mejor uniformidad es la lineal, ya que es la que más se aproxima a 1, esto se puede evidenciar en la Tabla 6.24, es por ello que esta proyección fue la utilizada para realizar la proyección de volúmenes futuros con los porcentajes de crecimiento del parque automotor obtenidos por la FENALCO.

Tabla 6.24. Comparación de distribución uniforme según la función.
Fuente: elaboración propia.

TIPO PROYECCIÓN	R^2
Lineal	0,978
Exponencial	0,977
Potencial	0,861
Logarítmica	0,786

6.6.4 Volúmenes vehiculares futuros por movimiento.

Tabla 6.25. Proyección de los volúmenes del movimiento 1 en calzada occidental.
Fuente: elaboración propia.

MOVIMIENTO 1 OCCIDENTAL			
AÑO	TASA DE CRECIMIENTO TPDS	TRANSITO GENERADO 15%	TRANSITO DESARROLLADO 5%
2016	**4170**	**5513**	**5580**
2017	4278	5620	5687
2018	4394	5737	5804
2019	4519	5862	5929
2020	4655	5997	6065
2021	4801	6143	6210
2022	4958	6300	6368
2023	5127	6470	6537
2024	5309	6652	6719
2025	5505	6847	6915
2026	5715	7058	7125
2027	5942	7285	7352
2028	6186	7529	7596
2029	6448	7791	7858
2030	6731	8073	8141
2031	7035	8378	8445
2032	7363	8705	8772
2033	7716	9058	9126
2034	8097	9439	9506
2035	8507	9850	9917
2036	**8951**	**10293**	**10361**

	Pronóstico Volumen de Tránsito Futuro	
	Se espera transite el 100% del TPDS	**8951**
	15% T.Generado	1343
	5% T.Desarrollado	67
	B	-4025499
	CNT	8951

En la Tabla 6.25, Tabla 6.26, Tabla 6.28, Tabla 6.29, Tabla 6.30, Tabla 6.31 y Tabla 6.32 se presentan las proyecciones futuras a 20 años de los volúmenes de transito por cada uno de los movimientos que se presentan en la intersección, calculados con la tasa de crecimiento obtenida de la regresión lineal, el transito generado y el transito desarrollado.

Tabla 6.26. Proyección de los volúmenes del movimiento 1 en calzada oriental. Fuente: elaboración propia

MOVIMIENTO 1 CALZADA ORIENTAL			
AÑO	**TASA DE CRECIMIENTO TPDS**	**TRANSITO GENERADO 15%**	**TRANSITO DESARROLLADO 5%**
2016	**1917**	**2534**	**2565**
2017	1966	2584	2615
2018	2020	2637	2668
2019	2078	2695	2726
2020	2140	2757	2788
2021	2207	2824	2855
2022	2279	2896	2927
2023	2357	2974	3005
2024	2441	3058	3089
2025	2531	3148	3179
2026	2627	3245	3276
2027	2732	3349	3380
2028	2844	3461	3492
2029	2964	3582	3612
2030	3094	3711	3742
2031	3234	3851	3882
2032	3385	4002	4033
2033	3547	4164	4195
2034	3722	4339	4370
2035	3911	4528	4559
2036	**4115**	**4732**	**4763**

	Pronóstico Volumen de Tránsito Futuro	
	Se espera transite el 100% del TPDS	4115
	15% T.Generado	617
	5% T.Desarrollado	31
	B	-2188757576207
	CNT	4115

Tabla 6.27. Proyección de los volúmenes del movimiento 9(1). Fuente: Elaboración propia.

MOVIMIENTO 9 (1)

AÑO	TASA DE CRECIMIENTO TPDS	TRANSITO GENERADO 15%	TRANSITO DESARROLLADO 5%
2016	**138**	**182**	**185**
2017	142	186	188
2018	145	190	192
2019	150	194	196
2020	154	198	201
2021	159	203	206
2022	164	209	211
2023	170	214	216
2024	176	220	222
2025	182	227	229
2026	189	234	236
2027	197	241	243
2028	205	249	251
2029	213	258	260
2030	223	267	269
2031	233	277	279
2032	244	288	290
2033	255	300	302
2034	268	312	315
2035	282	326	328
2036	**296**	**341**	**343**

	Pronóstico Volumen de Tránsito Futuro
Se espera transite el 100% del TPDS	**296**
15% T.Generado	44
5% T.Desarrollado	2
B	-6300406
CNT	296

Tabla 6.28. Proyección de los volúmenes del movimiento 2.
Fuente: elaboración propia

MOVIMIENTO 2			
AÑO	**TASA DE CRECIMIENTO TPDS**	**TRANSITO GENERADO 15%**	**TRANSITO DESARROLLADO 5%**
2016	**4529**	**5987**	**6060**
2017	4646	6104	6177
2018	4772	6230	6303
2019	4909	6367	6440
2020	5056	6514	6587
2021	5214	6672	6745
2022	5385	6843	6916
2023	5568	7027	7099

2024	5766	7224	7297
2025	5979	7437	7510
2026	6207	7666	7739
2027	6454	7912	7985
2028	6718	8177	8250
2029	7003	8462	8535
2030	7310	8769	8841
2031	7641	9099	9172
2032	7997	9455	9528
2033	8380	9838	9911
2034	8794	10252	10325
2035	9240	10698	10771
2036	**9721**	**11180**	**11253**

	Pronóstico Volumen de Tránsito Futuro	
	Se espera transite el 100% del TPDS	9721
	15% T.Generado	1458
	5% T.Desarrollado	73
	B	3713
	CNT	9721

Tabla 6.29. Proyección de los volúmenes del movimiento 9(2).
Fuente: Elaboración propia

MOVIMIENTO 9(2)			
AÑO	**TASA DE CRECIMIENTO TPDS**	**TRANSITO GENERADO 15%**	**TRANSITO DESARROLLADO 5%**
2016	**1298**	**1716**	**1737**
2017	1331	1749	1770
2018	1368	1786	1807
2019	1407	1825	1846
2020	1449	1867	1888
2021	1494	1912	1933
2022	1543	1961	1982
2023	1596	2014	2035
2024	1653	2070	2091
2025	1713	2131	2152
2026	1779	2197	2218
2027	1850	2268	2288
2028	1925	2343	2364
2029	2007	2425	2446
2030	2095	2513	2534
2031	2190	2608	2629
2032	2292	2710	2731
2033	2402	2820	2841
2034	2520	2938	2959

2035	2648	3066	3087
2036	**2786**	**3204**	**3225**

	Pronóstico Volumen de Tránsito Futuro	
	Se espera transite el 100% del TPDS	2786
	15% T.Generado	418
	5% T.Desarrollado	21
	B	-1233789337
	CNT	2786

Tabla 6.30. Proyección de los volúmenes del movimiento 9(4).
Fuente: Elaboración propia

MOVIMIENTO 9(4)			
AÑO	**TASA DE CRECIMIENTO TPDS**	**TRANSITO GENERADO 15%**	**TRANSITO DESARROLLADO 5%**
2016	**22**	**29**	**29**
2017	23	30	30
2018	23	30	31
2019	24	31	31
2020	25	32	32
2021	25	32	33
2022	26	33	34
2023	27	34	34
2024	28	35	35
2025	29	36	36
2026	30	37	38
2027	31	38	39
2028	33	40	40
2029	34	41	41
2030	36	43	43
2031	37	44	45
2032	39	46	46
2033	41	48	48
2034	43	50	50
2035	45	52	52
2036	**47**	**54**	**55**

	Pronóstico Volumen de Tránsito Futuro	
	Se espera transite el 100% del TPDS	47
	15% T.Generado	7
	5% T.Desarrollado	0
	B	-549020264
	CNT	47

Tabla 6.31. Proyección de los volúmenes del movimiento 5.
Fuente: Elaboración propia

MOVIMIENTO 5			
AÑO	**TASA DE CRECIMIENTO TPDS**	**TRANSITO GENERADO 15%**	**TRANSITO DESARROLLADO 5%**
2016	**1235**	**1633**	**1653**
2017	1267	1665	1684
2018	1301	1699	1719
2019	1338	1736	1756
2020	1379	1776	1796
2021	1422	1819	1839
2022	1468	1866	1886
2023	1518	1916	1936
2024	1572	1970	1990
2025	1630	2028	2048
2026	1693	2090	2110
2027	1760	2157	2177
2028	1832	2230	2250
2029	1910	2307	2327
2030	1993	2391	2411
2031	2084	2481	2501
2032	2181	2578	2598
2033	2285	2683	2703
2034	2398	2796	2815
2035	2520	2917	2937
2036	**2651**	**3049**	**3068**

	Pronóstico Volumen de Tránsito Futuro	
	Se espera transite el 100% del TPDS	2651
	15% T.Generado	398
	5% T.Desarrollado	20
	B	-1297082894
	CNT	2651

Tabla 6.32. Proyección de los volúmenes del movimiento 8.
Fuente: Elaboración propia.

MOVIMIENTO 8			
AÑO	**TASA DE CRECIMIENTO TPDS**	**TRANSITO GENERADO 15%**	**TRANSITO DESARROLLADO 5%**
2016	**572**	**756**	**765**
2017	587	771	780
2018	603	787	796
2019	620	804	813
2020	639	823	832
2021	659	843	852
2022	680	864	873

2023	703	887	897
2024	728	912	922
2025	755	939	948
2026	784	968	977
2027	815	999	1008
2028	849	1033	1042
2029	885	1069	1078
2030	923	1107	1117
2031	965	1149	1158
2032	1010	1194	1203
2033	1058	1243	1252
2034	1111	1295	1304
2035	1167	1351	1360
2036	**1228**	**1412**	**1421**

	Pronóstico Volumen de Tránsito Futuro	
	Se espera transite el 100% del TPDS	1228
	15% T.Generado	184
	5% T.Desarrollado	9
	B	-371740224
	CNT	1228

6.7 Análisis de velocidades para la Cll 53 b bis

Para el procesamiento de la información recopilada se usó una hoja de cálculo de Office Excel, con el fin de determinar los siguientes datos: velocidad puntual, velocidad media temporal, velocidad de diseño, velocidad de operación, estadística descriptiva, desviación estándar, error máximo permitido y tamaño mínimo de la muestra a partir de los datos recolectados en campo.

En la Tabla 6.33 se puede observar cómo se organizaron los datos correspondientes a las 150 tomas con su número consecutivo de observación, su velocidad en metros por segundo y la velocidad en kilómetros por hora, para iniciar con el análisis matemático y estadístico del estudio. Con la velocidad obtenida en metros por segundo y por medio de un factor de conversión que en este caso fue de 3.6 se calcularon todas las velocidades en km/h de cada una de todas las muestras.

Tabla 6.33. Toma de velocidades cll 58b bis.

Fuente: elaboración propia

OBS No	tiempo(sg)	velocidad(m/sg)	velocidad(km/h)
1	2,51	15,14	54,50
2	3,15	12,06	43,43
3	2,42	15,70	56,53
4	2,57	14,79	53,23
5	3,24	11,73	42,22
6	3,19	11,91	42,88
7	2,03	18,72	67,39
8	2,76	13,77	49,57
9	3,24	11,73	42,22
10	3,2	11,88	42,75
11	3,41	11,14	40,12
12	2,5	15,20	54,72
13	3,11	12,22	43,99
14	2,47	15,38	55,38
15	3,38	11,24	40,47
16	3,02	12,58	45,30
17	2,98	12,75	45,91
18	2,5	15,20	54,72
19	3,45	11,01	39,65
20	3,16	12,03	43,29
21	3,02	12,58	45,30
22	1,81	20,99	75,58
23	3,28	11,59	41,71
24	2,95	12,88	46,37
25	3,67	10,35	37,28
26	2,69	14,13	50,86
27	2,55	14,90	53,65
28	3,63	10,47	37,69
29	3,15	12,06	43,43
30	3,5	10,86	39,09
31	3,49	10,89	39,20
32	2,68	14,18	51,04
33	2,03	18,72	67,39
34	2,6	14,62	52,62
35	2,65	14,34	51,62
36	2,6	14,62	52,62
37	3,71	10,24	36,87
38	2,27	16,74	60,26
39	3,4	11,18	40,24

OBS No	tiempo(sg)	velocidad(m/sg)	velocidad(km/h)
40	2,78	13,67	49,21
41	3,13	12,14	43,71
42	3,25	11,69	42,09
43	4,35	8,74	31,45
44	3	12,67	45,60
45	2,68	14,18	51,04
46	2,77	13,72	49,39
47	3,32	11,45	41,20
48	3,58	10,61	38,21
49	3,75	10,13	36,48
50	3,02	12,58	45,30
51	2,63	14,45	52,02
52	3,33	11,41	41,08
53	2,59	14,67	52,82
54	2,86	13,29	47,83
55	2,72	13,97	50,29
56	3,15	12,06	43,43
57	2,81	13,52	48,68
58	4	9,50	34,20
59	2,15	17,67	63,63
60	2,46	15,45	55,61
61	1,77	21,47	77,29
62	3,72	10,22	36,77
63	3,54	10,73	38,64
64	3,58	10,61	38,21
65	1,9	20,00	72,00
66	2,98	12,75	45,91
67	3,72	10,22	36,77
68	3,33	11,41	41,08
69	2,46	15,45	55,61
70	2,29	16,59	59,74
71	3,02	12,58	45,30
72	2,93	12,97	46,69
73	2,3	16,52	59,48
74	2,59	14,67	52,82
75	3,11	12,22	43,99
76	2,85	13,33	48,00
77	3,23	11,76	42,35
78	2,11	18,01	64,83
79	2,67	14,23	51,24

OBS No	tiempo(sg)	velocidad(m/sg)	velocidad(km/h)
80	3,15	12,06	43,43
81	3,43	11,08	39,88
82	3,08	12,34	44,42
83	1,87	20,32	73,16
84	2,99	12,71	45,75
85	2,69	14,13	50,86
86	3,33	11,41	41,08
87	3,01	12,62	45,45
88	3,22	11,80	42,48
89	2,95	12,88	46,37
90	2,86	13,29	47,83
91	2,96	12,84	46,22
92	2,55	14,90	53,65
93	2,72	13,97	50,29
94	2,56	14,84	53,44
95	3,05	12,46	44,85
96	2,95	12,88	46,37
97	2,51	15,14	54,50
98	3,53	10,76	38,75
99	3,08	12,34	44,42
100	2,32	16,38	58,97
101	3,08	12,34	44,42
102	3,36	11,31	40,71
103	2,96	12,84	46,22
104	2,97	12,79	46,06
105	3,2	11,88	42,75
106	3,46	10,98	39,54
107	3,81	9,97	35,91
108	2,29	16,59	59,74
109	3,24	11,73	42,22
110	2,68	14,18	51,04
111	2,77	13,72	49,39
112	2,77	13,72	49,39
113	3,75	10,13	36,48
114	2,34	16,24	58,46
115	3,33	11,41	41,08
116	2,33	16,31	58,71
117	2,24	16,96	61,07
118	3,25	11,69	42,09
119	2,33	16,31	58,71

OBS No	tiempo(sg)	velocidad(m/sg)	velocidad(km/h)
120	2,99	12,71	45,75
121	2,85	13,33	48,00
122	2,46	15,45	55,61
123	3,37	11,28	40,59
124	2,42	15,70	56,53
125	2,77	13,72	49,39
126	3,15	12,06	43,43
127	3,12	12,18	43,85
128	3,2	11,88	42,75
129	2,65	14,34	51,62
130	2,12	17,92	64,53
131	1,83	20,77	74,75
132	3,24	11,73	42,22
133	2,55	14,90	53,65
134	2,77	13,72	49,39
135	2,6	14,62	52,62
136	2,87	13,24	47,67
137	2,46	15,45	55,61
138	3,94	9,64	34,72
139	3,9	9,74	35,08
140	2,21	17,19	61,90
141	3,12	12,18	43,85
142	2,81	13,52	48,68
143	2,43	15,64	56,30
144	2,39	15,90	57,24
145	2,3	16,52	59,48
146	3,09	12,30	44,27
147	2,86	13,29	47,83
148	2,3	16,52	59,48
149	2,53	15,02	54,07
150	2,78	13,67	49,21

6.7.1 Análisis estadístico.

6.7.1.1 Tamaño apropiado de la muestra (Calle 53 b bis).

El tamaño apropiado de la muestra recolectada en la carrera 13, se calculó por la Ecuación 6-1:

$$\boldsymbol{n = ((k * s)/e)\text{^}2}$$

Ecuación 6-1. Tamaño apropiado de la muestra.

Dónde:

n = tamaño de la muestra

k= constante

s = desviación estándar

e = error máximo tolerable

$$\boldsymbol{n = ((1.96 * 8.87)/(1.5))\text{^}2 = 134.33}$$

Ecuación 6-2. Tamaño apropiado de la muestra para la calle 58 b bis.

De acuerdo a la Ecuación 6-2 el número mínimo de muestras debe ser de 135, por lo cual no hay problema ya que se tomaron 150 datos.

6.7.1.2 Velocidad media temporal (calle 53 b bis).

Como velocidad media temporal se obtuvo que el promedio de los 150 datos tomados es de 48.58 km/h y una mediana de 46.37 km/h

6.7.1.3 Velocidad media espacial (calle 53 b bis).

La velocidad media espacial arrojada fue de 47.12 km/h. Calculada por medio de la ecuación y por medio de la media armónica.

6.7.1.4 Resúmenes estadísticos.

En la Tabla 6.34 se muestra el resumen estadístico de los datos tomados en la calle 58b bis.

Tabla 6.34. Resumen estadístico calle 58 b bis.
Fuente: elaboración propia

Estadística	
Media	48,58176048
Error típico	0,723897712
Mediana	46,37288136
Moda	43,42857143
Desviación estándar	8,865900107
Varianza de la muestra	78,60418471
Curtosis	0,908778455
Coeficiente de asimetría	0,902001052
Rango	45,83985973

Mínimo	31,44827586
Máximo	77,28813559
Suma	7287,264072
Cuenta	150
Nivel de confianza (95,0%)	1,430431419

6.7.1.5 Datos agrupados por intervalos de frecuencia estudio realizado en la calle 53 b bis.

$$Ancho\ intervalo = \ 45/10 = 4.5$$

Ecuación 6-3. Ancho del intervalo muestra calle 58b bis.

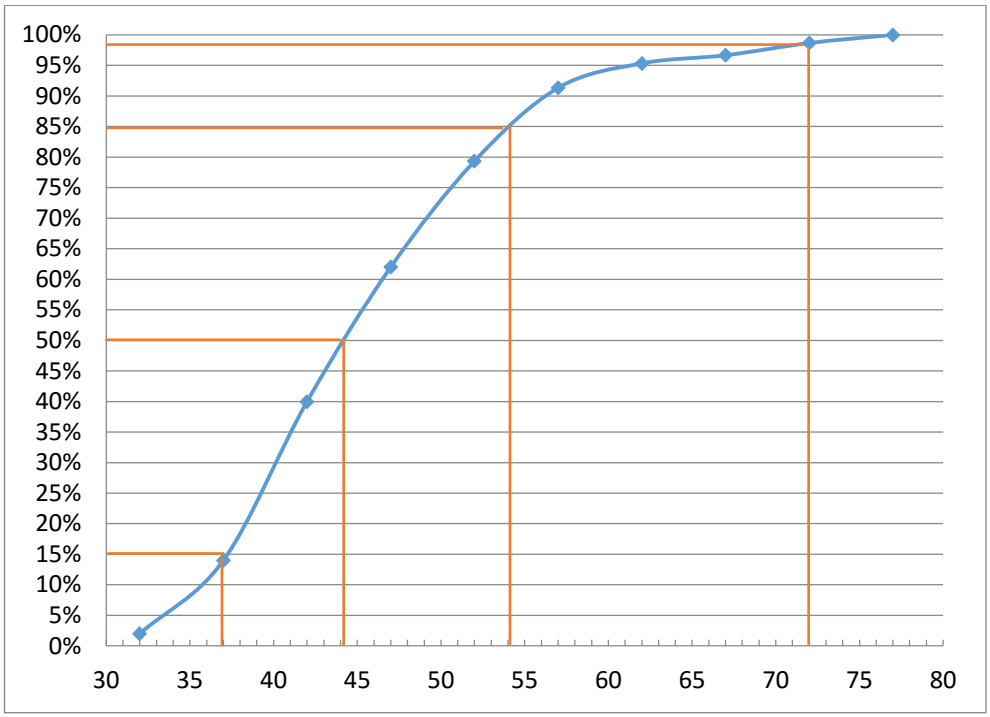
De acuerdo a la Ecuación 6-3, con el rango y el número de intervalos se obtuvo el ancho del intervalo, el cual fue aproximado a 5. Al organizar los datos por intervalos se obtiene la Tabla 6.35, que va a ser la base para la obtención de los gráficos de velocidades vs porcentajes relativos y acumulados.

Tabla 6.35. Datos agrupados por intervalos de frecuencia (calle 58 b bis sin chequeo por dispersión). Fuente: Elaboración propia

INTERVALO	INFERIOR	SUPERIOR	MEDIO	FRECUENCIA	%RELATIVO	%ACUM
1	*30*	*35*	32	3	2%	2%
2	35	40	37	18	12%	14%
3	40	45	42	39	26%	40%
4	45	50	47	33	22%	62%
5	50	55	52	26	17%	79%
6	55	60	57	18	12%	91%
7	60	65	62	6	4%	95%
8	65	70	67	2	1%	97%
9	70	75	72	3	2%	99%
10	75	80	77	2	1%	100%

Se agruparon en 10 intervalos debido al tamaño de la muestra

Gráfica 6.26. Porcentaje acumulado vs velocidades km/h.
Fuente: Elaboración propia.



Este análisis se realizó por medio de los porcentajes acumulados y los valores medios de los intervalos, por los cuales se obtuvieron las velocidades mostradas en la Tabla 6.36.

Tabla 6.36. Resumen velocidades
Fuente: elaboración propia

percentil	*valor (km/h)*	*velocidad*
15%	37	Velocidad mínima operación
50%	45	Velocidad media operación
85%	55	Velocidad máxima operación
98%	73	Velocidad de Diseño

6.7.1.6 Chequeo por dispersión

Tabla 6.37. Valores chequeo por dispersión muestra calle 53 b bis.
Fuente: elaboración propia.

OBS No	tiempo(sg)	velocidad(m/sg)	velocidad(km/h)	ABSOLUTO	V km/h-118	velocidad-118 Km/h
1	2,51	15,14	54,50	5,9202316		
2	3,15	12,06	43,43	5,1531891		
3	2,42	15,70	56,53	7,9471651		

OBS No	tiempo(sg)	velocidad(m/sg)	velocidad(km/h)	ABSOLUTO	V km/h-118	velocidad-118 Km/h
4	2,57	14,79	53,23	4,6478115		
5	3,24	11,73	42,22	6,3595383		
6	3,19	11,91	42,88	5,6977479		
7	2,03	18,72	67,39	18,807402		
8	2,76	13,77	49,57	0,9834569	0,98345691	49,57
9	3,24	11,73	42,22	6,3595383		
10	3,2	11,88	42,75	5,8317605		
11	3,41	11,14	40,12	8,4644584		
12	2,5	15,20	54,72	6,1382395		
13	3,11	12,22	43,99	4,5946222		
14	2,47	15,38	55,38	6,8028549		
15	3,38	11,24	40,47	8,1083877		
16	3,02	12,58	45,30	3,2837472		
17	2,98	12,75	45,91	2,6757202		
18	2,5	15,20	54,72	6,1382395		
19	3,45	11,01	39,65	8,9295866		
20	3,16	12,03	43,29	5,2906212		
21	3,02	12,58	45,30	3,2837472		
22	1,81	20,99	75,58	26,99835		
23	3,28	11,59	41,71	6,8744434		
24	2,95	12,88	46,37	2,2088791	2,20887912	46,37
25	3,67	10,35	37,28	11,306556		
26	2,69	14,13	50,86	2,2732581	2,27325811	50,86
27	2,55	14,90	53,65	5,0652983		
28	3,63	10,47	37,69	10,89581		
29	3,15	12,06	43,43	5,1531891		
30	3,5	10,86	39,09	9,4960462		
31	3,49	10,89	39,20	9,3840527		
32	2,68	14,18	51,04	2,4630156	2,46301564	51,04
33	2,03	18,72	67,39	18,807402		
34	2,6	14,62	52,62	4,0336241		
35	2,65	14,34	51,62	3,040881		
36	2,6	14,62	52,62	4,0336241		
37	3,71	10,24	36,87	11,708445		
38	2,27	16,74	60,26	11,682557		
39	3,4	11,18	40,24	8,3464664		
40	2,78	13,67	49,21	0,6268726	0,62687261	49,21
41	3,13	12,14	43,71	4,8756902		
42	3,25	11,69	42,09	6,4894528		
43	4,35	8,74	31,45	17,133485		

OBS No	tiempo(sg)	velocidad(m/sg)	velocidad(km/h)	ABSOLUTO	V km/h-118	velocidad-118 Km/h
44	3	12,67	45,60	2,9817605		
45	2,68	14,18	51,04	2,4630156	2,46301564	51,04
46	2,77	13,72	49,39	0,8045211	0,80452111	49,39
47	3,32	11,45	41,20	7,3769412		
48	3,58	10,61	38,21	10,36947		
49	3,75	10,13	36,48	12,10176		
50	3,02	12,58	45,30	3,2837472		
51	2,63	14,45	52,02	3,4334486		
52	3,33	11,41	41,08	7,5006794		
53	2,59	14,67	52,82	4,2367723		
54	2,86	13,29	47,83	0,7495926	0,74959265	47,83
55	2,72	13,97	50,29	1,7123572	1,71235717	50,29
56	3,15	12,06	43,43	5,1531891		
57	2,81	13,52	48,68	0,1015135	0,10151354	48,68
58	4	9,50	34,20	14,38176		
59	2,15	17,67	63,63	15,046146		
60	2,46	15,45	55,61	7,0279956		
61	1,77	21,47	77,29	28,706375		
62	3,72	10,22	36,77	11,807567		
63	3,54	10,73	38,64	9,9376927		
64	3,58	10,61	38,21	10,36947		
65	1,9	20,00	72,00	23,41824		
66	2,98	12,75	45,91	2,6757202	2,67572021	45,91
67	3,72	10,22	36,77	11,807567		
68	3,33	11,41	41,08	7,5006794		
69	2,46	15,45	55,61	7,0279956		
70	2,29	16,59	59,74	11,156231		
71	3,02	12,58	45,30	3,2837472		
72	2,93	12,97	46,69	1,8923407	1,89234068	46,69
73	2,3	16,52	59,48	10,8965		
74	2,59	14,67	52,82	4,2367723		
75	3,11	12,22	43,99	4,5946222		
76	2,85	13,33	48,00	0,5817605	0,58176048	48,00
77	3,23	11,76	42,35	6,2288193		
78	2,11	18,01	64,83	16,252363		
79	2,67	14,23	51,24	2,6541946	2,65419458	51,24
80	3,15	12,06	43,43	5,1531891		
81	3,43	11,08	39,88	8,6983786		
82	3,08	12,34	44,42	4,1661761		
83	1,87	20,32	73,16	24,57332		

OBS No	tiempo(sg)	velocidad(m/sg)	velocidad(km/h)	ABSOLUTO	V km/h-118	velocidad-118 Km/h
84	2,99	12,71	45,75	2,8292521		
85	2,69	14,13	50,86	2,2732581	2,27325811	50,86
86	3,33	11,41	41,08	7,5006794		
87	3,01	12,62	45,45	3,1332555		
88	3,22	11,80	42,48	6,0972884		
89	2,95	12,88	46,37	2,2088791	2,20887912	46,37
90	2,86	13,29	47,83	0,7495926	0,74959265	47,83
91	2,96	12,84	46,22	2,3655443	2,36554426	46,22
92	2,55	14,90	53,65	5,0652983		
93	2,72	13,97	50,29	1,7123572	1,71235717	50,29
94	2,56	14,84	53,44	4,8557395		
95	3,05	12,46	44,85	3,7293015		
96	2,95	12,88	46,37	2,2088791	2,20887912	46,37
97	2,51	15,14	54,50	5,9202316		
98	3,53	10,76	38,75	9,8282194		
99	3,08	12,34	44,42	4,1661761		
100	2,32	16,38	58,97	10,383757		
101	3,08	12,34	44,42	4,1661761		
102	3,36	11,31	40,71	7,8674748		
103	2,96	12,84	46,22	2,3655443	2,36554426	46,22
104	2,97	12,79	46,06	2,5211544	2,52115442	46,06
105	3,2	11,88	42,75	5,8317605		
106	3,46	10,98	39,54	9,0441882		
107	3,81	9,97	35,91	12,676249		
108	2,29	16,59	59,74	11,156231		
109	3,24	11,73	42,22	6,3595383		
110	2,68	14,18	51,04	2,4630156	2,46301564	51,04
111	2,77	13,72	49,39	0,8045211	0,80452111	49,39
112	2,77	13,72	49,39	0,8045211	0,80452111	49,39
113	3,75	10,13	36,48	12,10176		
114	2,34	16,24	58,46	9,879778		
115	3,33	11,41	41,08	7,5006794		
116	2,33	16,31	58,71	10,130686		
117	2,24	16,96	61,07	12,489668		
118	3,25	11,69	42,09	6,4894528		
119	2,33	16,31	58,71	10,130686		
120	2,99	12,71	45,75	2,8292521		
121	2,85	13,33	48,00	0,5817605	0,58176048	48,00
122	2,46	15,45	55,61	7,0279956		
123	3,37	11,28	40,59	7,9882887		

OBS No	tiempo(sg)	velocidad(m/sg)	velocidad(km/h)	ABSOLUTO	V km/h-118	velocidad-118 Km/h
124	2,42	15,70	56,53	7,9471651		
125	2,77	13,72	49,39	0,8045211	0,80452111	49,39
126	3,15	12,06	43,43	5,1531891		
127	3,12	12,18	43,85	4,7356066		
128	3,2	11,88	42,75	5,8317605		
129	2,65	14,34	51,62	3,040881		
130	2,12	17,92	64,53	15,946541		
131	1,83	20,77	74,75	26,172338		
132	3,24	11,73	42,22	6,3595383		
133	2,55	14,90	53,65	5,0652983		
134	2,77	13,72	49,39	0,8045211	0,80452111	49,39
135	2,6	14,62	52,62	4,0336241		
136	2,87	13,24	47,67	0,9162553	0,91625525	47,67
137	2,46	15,45	55,61	7,0279956		
138	3,94	9,64	34,72	13,860948		
139	3,9	9,74	35,08	13,504837		
140	2,21	17,19	61,90	13,318692		
141	3,12	12,18	43,85	4,7356066		
142	2,81	13,52	48,68	0,1015135	0,10151354	48,68
143	2,43	15,64	56,30	7,7145358		
144	2,39	15,90	57,24	8,6567332		
145	2,3	16,52	59,48	10,8965		
146	3,09	12,30	44,27	4,3099158		
147	2,86	13,29	47,83	0,7495926	0,74959265	47,83
148	2,3	16,52	59,48	10,8965		
149	2,53	15,02	54,07	5,4893858		
150	2,78	13,67	49,21	0,6268726	0,62687261	49,21

Para obtener una mayor confiabilidad en los datos tomados en campo se realizó un chequeo por dispersión, depurando los datos que se encontraban alejados del promedio y la mediana, es decir datos atípicos muy grandes o muy pequeños. Se obtuvo la Tabla 6.37 en la cual se fueron eliminando datos según su tiempo de recorrido en segundos, hasta que el promedio fuera menor al promedio inicial.

Al final de realizar el filtro de datos para obtener los que mejor dispersión arrojaban, resultaron 32 datos finales.

6.7.1.7 Análisis estadístico del chequeo por dispersión (calle 53 b bis).

Tabla 6.38. Análisis estadístico datos con chequeo por dispersión sobre calle 53 b bis. Fuente: elaboración propia

Sin Dispersión		***Con Dispersión***	
Media	48,5817605	Media	48,63494209
Error típico	0,72389771	Error típico	0,305347339
Mediana	46,3728814	Mediana	48,94595356
Moda	43,4285714	Moda	49,38628159
Desviación estándar	8,86590011	Desviación estándar	1,727305392
Varianza de la muestra	78,6041847	Varianza de la muestra	2,983583917
Curtosis	0,90877846	Curtosis	-1,218340076
Coeficiente de asimetría	0,90200105	Coeficiente de asimetría	-0,112453081
Rango	45,8398597	Rango	5,329914788
Mínimo	31,4482759	Mínimo	45,90604027
Máximo	77,2881356	Máximo	51,23595506
Suma	7287,26407	Suma	1556,318147
Cuenta	150	Cuenta	32
Nivel de confianza (95,0%)	1,43043142	Nivel de confianza (95,0%)	0,622760004

6.7.1.8 Datos agrupados por intervalos de frecuencia y estudios realizados.

Tabla 6.39. Organización datos finales filtrados (Calle 53 b bis). Fuente: elaboración propia.

OBS No	**tiempo(sg)**	**velocidad(m/sg)**	**velocidad(km/h)**	**ABSOLUTO**
8	2,76	13,77	49,57	0,98345691
24	2,95	12,88135593	46,37288136	2,20887912
26	2,69	14,12639405	50,85501859	2,27325811
32	*2,68*	14,17910448	51,04477612	2,46301564
40	2,78	13,66906475	49,20863309	0,62687261
45	2,68	14,17910448	51,04477612	2,46301564
46	2,77	13,71841155	49,38628159	0,80452111
54	2,86	13,28671329	47,83216783	0,74959265
55	2,72	13,97058824	50,29411765	1,71235717
57	2,81	13,52313167	48,68327402	0,10151354
66	2,98	12,75167785	45,90604027	2,67572021
72	2,93	12,96928328	46,6894198	1,89234068
76	2,85	13,33333333	48	0,58176048
79	2,67	14,23220974	51,23595506	2,65419458

OBS No	tiempo(sg)	velocidad(m/sg)	velocidad(km/h)	ABSOLUTO
85	2,69	14,12639405	50,85501859	2,27325811
89	2,95	12,88135593	46,37288136	2,20887912
90	2,86	13,28671329	47,83216783	0,74959265
91	2,96	12,83783784	46,21621622	2,36554426
93	2,72	13,97058824	50,29411765	1,71235717
96	2,95	12,88135593	46,37288136	2,20887912
103	2,96	12,83783784	46,21621622	2,36554426
104	2,97	12,79461279	46,06060606	2,52115442
110	2,68	14,17910448	51,04477612	2,46301564
111	2,77	13,71841155	49,38628159	0,80452111
112	2,77	13,71841155	49,38628159	0,80452111
121	2,85	13,33333333	48	0,58176048
125	2,77	13,71841155	49,38628159	0,80452111
134	2,77	13,71841155	49,38628159	0,80452111
136	2,87	13,24041812	47,66550523	0,91625525
142	2,81	13,52313167	48,68327402	0,10151354
147	2,86	13,28671329	47,83216783	0,74959265
150	2,78	13,66906475	49,20863309	0,62687261

6.7.1.9 Velocidades y datos agrupados por intervalos de frecuencia estudio realizado en la Calle 53 b bis con los datos filtrados.

La velocidad media temporal obtenida con los datos de la calle 53 b bis depurados arrojo un promedio de 48.63 km/h y una mediana de 49.95 km/h.

La velocidad media espacial calculada con la ecuación fue de 48.58 km/h y calculada por medio de la media armónica fue de 48.58 km/h.

$$\boldsymbol{Ancho\ intervalo = \frac{5.3}{3} = 1.76}$$

Ecuación 6-4. Ancho del intervalo datos filtrados (calle 53 b bis).

Con el rango y el número de intervalos se obtuvo el ancho del intervalo el cual fue aproximado a 2. Al organizar los datos por intervalos se obtiene la Tabla 6.40 que va a ser la base para la obtención de los gráficos de velocidades vs porcentajes relativos y acumulados.

Tabla 6.40. Datos agrupados por intervalos de frecuencia (calle 58 b bis con chequeo por dispersión). Fuente: Elaboración propia

INTERVALO	INFERIOR	SUPERIOR	MEDIO	*Frecuencia*	% relativo	% acumulado
1	*45*	*47*	46	8	25%	25%
2	47	49	48	8	25%	50%
3	49	52	51	16	50%	100%

Los datos se agruparon en 3 intervalos debido a la muestra tan pequeña resultante la cual fue de 32 datos, los cuales presentaron una dispersión muy cerrada que produjo una reducción en el número de intervalos.

En la Tabla 6.41 se presentan los resultados del análisis de velocidades, donde se muestra las velocidades y sus percentiles y en la Gráfica 6.27 se muestra la ojiva porcentual, la cual es una curva que muestra el porcentaje de vehículos que viajan por debajo, o a la velocidad determinada en cada punto; esta se obtiene graficando la velocidad vs la frecuencia relativa acumulada.

Gráfica 6.27. Porcentaje acumulado vs velocidades km/h con dispersión.
Fuente: Elaboración propia.

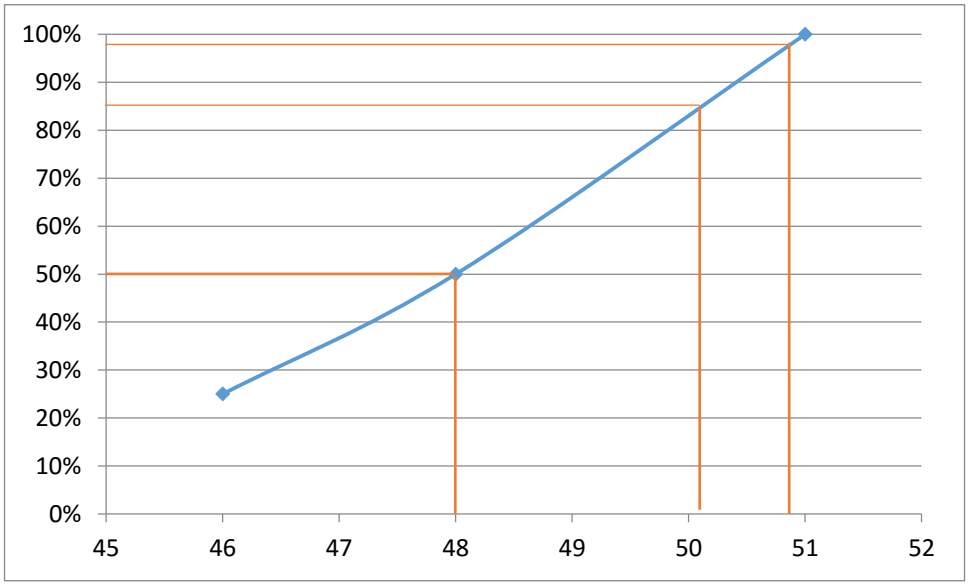


Tabla 6.41. Resumen velocidades con dispersión.
Fuente: Elaboración propia

percentil	***valor (km/h)***	***velocidad***

15%	-	Vel. mínima operación
50%	48	Vel. media operación
85%	51	Vel. máxima operación
98%	52	Vel. de Diseño

6.8 Análisis de velocidades carrera 30.

En la Tabla 6.42 se presentan los 120 datos tomados en campo correspondiente a velocidades de vehículos que transitan sobre la carrera 30 (NQS) en sentido norte-sur. Los datos se calcularon a partir de tiempos y distancias tomadas en campo, lo cual arrojo una velocidad en km/h de 120 vehículos. Se trató de realizarla muestra en horarios en los que la avenida no estuviese tan saturada de vehículos y sin interrupciones en su flujo.

Tabla 6.42. Toma de velocidades carrera 30. N-S.
Fuente: elaboración propia

No	Seg	Tipo	Vel (Km/h)	No	Seg	Tipo	Vel (Km/h)
1	4,25	L	42	61	3,20	L	56
2	3,53	L	50	62	4,20	L	42
3	3,29	L	54	63	4,06	L	44
4	3,06	CL	58	64	4,30	CL	41
5	4,14	L	43	65	4,64	L	38
6	4,00	L	45	66	3,09	L	58
7	3,43	L	52	67	3,50	L	51
8	4,21	L	42	68	3,28	L	54
9	4,37	L	41	69	3,38	L	53
10	3,58	BL	50	70	3,40	BL	52
11	4,30	BL	41	71	3,98	BL	45
12	4,43	CL	40	72	2,99	CL	60
13	4,15	CL	43	73	4,37	CL	41
14	4,22	CL	42	74	3,87	CL	46
15	3,07	L	58	75	2,99	L	60
16	3,01	L	59	76	4,32	L	41
17	2,97	L	60	77	2,97	L	60
18	3,05	L	59	78	3,56	L	50
19	2,99	L	60	79	3,45	L	52
20	3,67	L	49	80	4,07	L	44
21	3,87	L	46	81	3,43	L	52
22	3,99	L	45	82	4,02	L	44
23	3,45	L	52	83	3,67	L	49

24	3,60	L	50	84	3,23	L	55
25	3,61	CL	49	85	3,56	CL	50
26	3,36	L	53	86	3,48	L	51
27	3,98	L	45	87	3,89	L	46
28	3,05	L	59	88	3,21	L	56
29	3,30	L	54	89	3,90	L	46
30	4,03	BL	44	90	2,97	BL	60
31	3,26	L	55	91	4,21	L	42
32	3,50	BL	51	92	2,99	BL	60
33	3,00	L	60	93	3,02	L	59
34	3,87	CL	46	94	3,56	CL	50
35	3,71	CL	48	95	3,65	CL	49
36	3,54	L	50	96	3,12	L	57
37	4,21	BL	42	97	3,21	BL	56
38	3,29	L	54	98	3,65	L	49
39	3,02	L	59	99	4,33	L	41
40	4,29	L	41	100	4,02	L	44
41	2,99	L	60	101	3,56	L	50
42	4,43	L	40	102	3,87	L	46
43	4,04	L	44	103	3,50	L	51
44	3,94	L	45	104	2,99	L	60
45	4,50	L	40	105	3,65	L	49
46	4,66	L	38	106	4,00	L	45
47	3,12	L	57	107	3,45	L	52
48	3,92	CL	45	108	3,23	CL	55
49	3,45	L	52	109	3,23	L	55
50	4,19	L	42	110	3,76	L	47
51	3,76	L	47	111	4,00	L	45
52	3,02	BL	59	112	4,12	BL	43
53	4,03	CL	44	113	3,80	CL	47
54	3,75	L	48	114	3,20	L	56
55	4,56	CL	39	115	3,15	CL	57
56	2,96	L	60	116	3,14	L	57
57	4,00	L	45	117	3,29	L	54
58	3,02	CL	59	118	3,20	CL	56
59	3,03	CL	59	119	4,20	CL	42
60	2,98	CL	60	120	4,89	CL	36

6.8.1 Análisis estadístico

6.8.1.1 Tamaño apropiado de la muestra (Carrera 30).

El tamaño apropiado de la muestra recolectada en la carrera 30 se calculó por medio de la Ecuación 6-5.

$$n = \left(\frac{k * s}{e}\right)^2$$

Ecuación 6-5. Tamaño apropiado de la muestra.

Dónde:

n = tamaño de la muestra

k= constante

s = desviación estándar

e = error máximo tolerable

$$n = \left(\frac{1.96 * 6.73}{1.8}\right)^2 = 54$$

Ecuación 6-6. Tamaño apropiado de la muestra para la carrera 30.

La Ecuación 6-5 muestra que el número mínimo de muestras debía ser de 54, por lo cual no hay problema ya que se tomaron 120 observaciones.

6.8.1.2 Velocidad media temporal (carrera 30).

Como velocidad media temporal se obtuvo que el promedio de los 150 datos tomados es de 49.84 km/h y una mediana de 50 km/h.

6.8.1.3 Velocidad media espacial (carrera 30).

La velocidad media espacial arrojada fue de 48.93 km/h. Calculada por medio de la ecuación y por medio de la media armónica.

6.8.1.4 Resúmenes estadísticos.

Tabla 6.43. Resumen estadístico carrera 30.
Fuente: Elaboración propia.

Vel (Km/h)	
Media	49,8416667
Error típico	0,61425592
Mediana	50
Moda	60
Desviación estándar	6,72883652
Varianza de la muestra	45,2772409
Curtosis	-1,21492453

Coeficiente de asimetría	0,04013312
Rango	24
Mínimo	36
Máximo	60
Suma	5981
Cuenta	120
Mayor (1)	60
Menor(1)	36
Nivel de confianza (95.0%)	1,21628808

6.8.1.5 Datos agrupados por intervalos de frecuencia estudio realizado en la carrera 30.

$$Ancho\ intervalo = 24/10 = 2.4$$

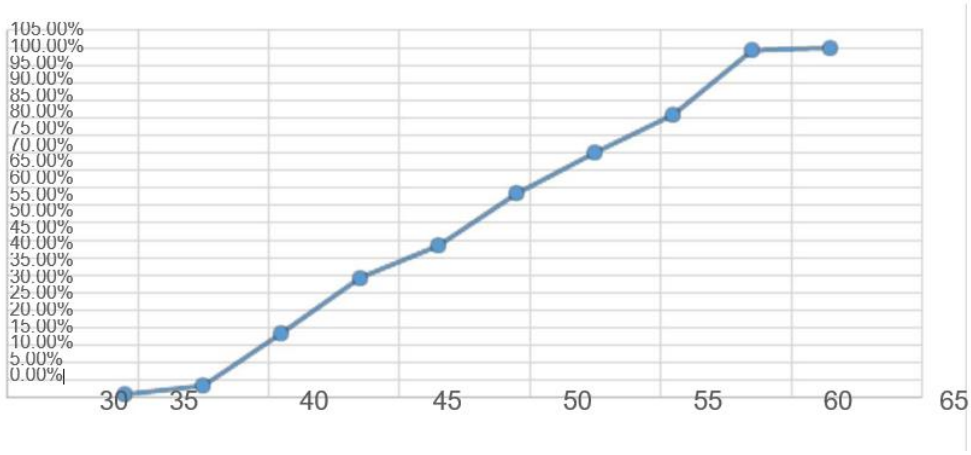
Ecuación 6-7. Ancho del intervalo muestra carrera 30.

Con el rango y el número de intervalos se obtuvo el ancho del intervalo el cual fue aproximado a 3. Al organizar los datos por intervalos se obtiene la Tabla 6.44 que va a ser la base para la obtención de los gráficos de velocidades vs porcentajes relativos y acumulados.

Tabla 6.44. Distribuciones de frecuencia (carrera 30).
Fuente: Elaboración propia.

ID	superior	inferior	medio	frecuencia	%relativo	%acumulado
1	36,00	33,00	34,5	1	0,83%	0,83%
2	39,00	36,00	37,5	3	2,50%	3,33%
3	42,00	39,00	40,5	18	15,00%	18,33%
4	45,00	42,00	43,5	19	15,83%	34,17%
5	48,00	45,00	46,5	11	9,17%	43,33%
6	51,00	48,00	49,5	18	15,00%	58,33%
7	54,00	51,00	52,5	14	11,67%	70,00%
8	57,00	54,00	55,5	13	10,83%	80,83%
9	60,00	57,00	58,5	22	18,33%	99,17%
10	63,00	60,00	61,5	1	0,83%	100,00%
				120	100%	

Gráfica 6.28. Porcentaje acumulado vs velocidades km/h.
Fuente: Elaboración propia.



Este análisis se realizó por medio de los porcentajes acumulados y los valores medios de los intervalos, por los cuales se obtuvieron las velocidades mostradas en la Tabla 6.45.

Tabla 6.45. Resumen velocidades.
Fuente: Elaboración propia.

percentil	***valor (km/h)***	***velocidad***
		Vel. mínima operación
15%	37	
50%	45	Vel. media operación
		Vel. máxima
85%	55	operación
98%	73	Vel. de Diseño

6.9 Resultados de la modelación en condición Actual.

6.9.1 Comportamiento y características de la red.

Luego de realizar el modelamiento de las dos intersecciones, una en la carrera 30 con calle 53 b bis, donde los vehículos que salen de la 53 b bis para tomar la carrera 30 hacia el norte y los que se desvían por la calle 53 b bis realizando el giro hacia la derecha cuando van por la NQS en sentido sur norte y la otra en la calle 53 b bis con transversal 28, la cual obedece a un cruce semaforizado que regula el tránsito que por la tv 28 y perpendicularmente los que van por la calle 53B bis. Estas componen la red que se

conformó para realizar el estudio de las condiciones actuales del tránsito en esta zona y obtener los diferentes análisis del estado actual y condiciones de estas, con respecto a su nivel de servicio, longitudes de cola, demoras, volúmenes entre otros. Datos que sirven para proponer soluciones de diseño en cuanto al mejoramiento del nivel de servicio.



Figura 6.11. Condición actual de la intersección Cra 30 – Cll 53 B).
Fuente: Vissim

Los resultados de la modelación se incluyen en el ANEXO 3. Modelación de transito soportados con reportes de cada uno de los aspectos. A continuación se presentan los más importantes.

En la Tabla 6.46 se puede observar el comportamiento y desempeño de la red que se implanto por medio del software, la cual simula de la manera más precisa a la real, las condiciones de estas dos intersecciones que componen toda una red de movimientos de los vehículos que realizan varias maniobras con el fin de ir en diferentes direcciones.

Tabla 6.46. Desempeño y comportamiento de la red en Vissim.
Fuente: Vissim.

DESEMPEÑO DE LA RED

Clase de vehículo	Número de vehículos	Total			Velocidad media (km/h)	Por vehículo		
		Tiempo de viaje (h)	Distancia (km)	Demora (h)		Demora media (s)	Número de paradas medio	Demora en det. media (s)
Correr 1(1)								
Auto (10)	1972	24,15	1086,55	3,35	44,99	6,12	0	3,74
Camión (20)	48	0,6	26,44	0,08	44,13	6,25	0	3,52
Bus (30)	247	3,26	137,48	0,1	42,18	1,52	0	0,75
Tranvía (40)	0	0	0	0	0	0	0	0
Peatón (50)	15	0,33	1,55	0,03	4,72	7,83	2	1,02
Bicicleta (60)	21	0,27	2,24	0,1	8,16	17,53	2	1,17
Total	2303	28,61	1254,27	3,68	43,84	5,75	0	3,37

6.9.2 Demoras y niveles de servicio de la red.

Otro resultado arrojado por Vissim es el de las demoras parciales y totales que generan algunos porcentajes de los volúmenes vehiculares en las intersecciones, estas son mostradas en la en este cuadro también se incluyen los niveles de servicio que ofrece cada una de estas.

Tabla 6.47. Demoras y niveles de servicio de la red.
Fuente: Vissim.

Demoras

Intersección	Acceso	Movimiento	Correr 1		LOS	Promedio (s)	Desviación estándar (s)	Mín. (s)	Máx. (s)
			Demora(s)	Volumen					
Interseccion_1 (Cr 30 - Cll 53 b bis)	NB	Directo	0,3	710		0,3	0,6	0	4,1
		Derecha 2	2,8	333		2,8	3,2	0	26
		Total	1,1	1043		1,1	2,2	0	26

	WB	Derecha 2	0,1	5		0,1	0,3	0	0,6
		Total	0,1	5		0,1	0,3	0	0,6
	Total		1,1	1048	A	1,1	2,2	0	26
Interseccion _2 (Cll 53 b bis - Tv 28)	EB	Izquierda 1	25,7	322		25,7	23,1	0	74
		Total	25,7	322		25,7	23,1	0	74
	SWB	Izquierda 1	21,2	75		21,2	21,2	0	63
		Derecha 1	0,3	5		0,3	0,4	0	1
		Total	19,9	80		19,9	21,2	0	63
	Total		24,5	402	C	24,5	22,8	0	74
RED TOTAL			7,6	1450		7,6	16,1	0	74

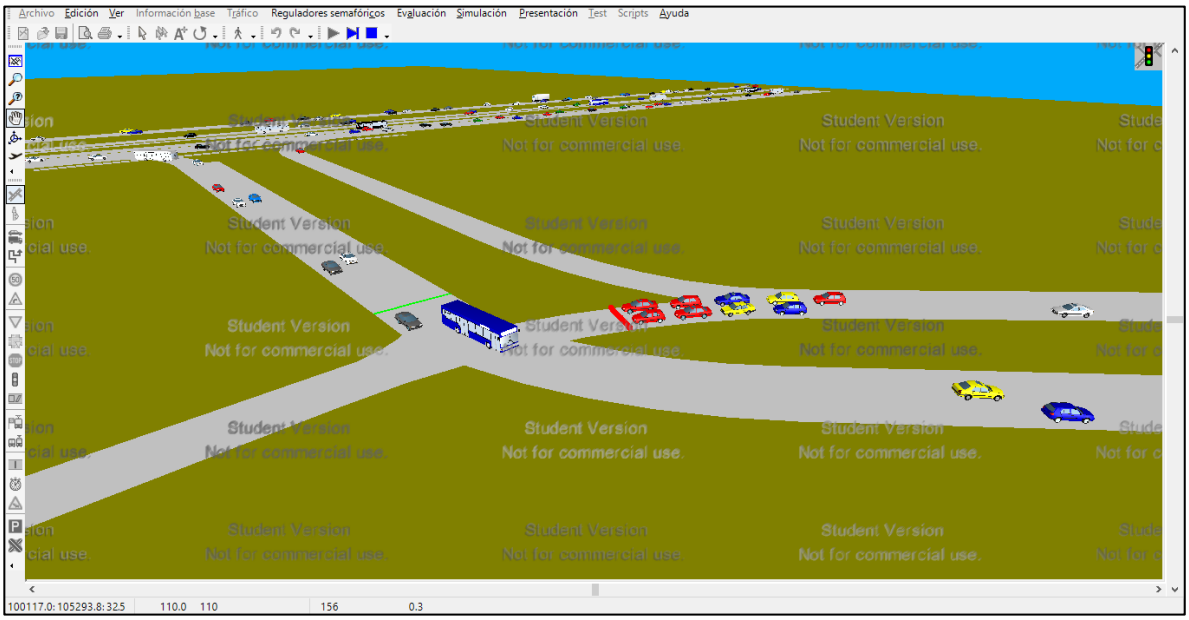


Figura 6.12. Intersección semaforizada Cll 53b – Cra 28.
Fuente: Vissim

6.9.3 Longitudes de cola.

Las demoras debido a dispositivos reguladores de control y maniobras, producen colas de espera de los vehículos, estos se presentan en la Tabla 6.48 .

Tabla 6.48. Longitudes de cola.
Fuente: Vissim.

Longitudes de cola

Intersección	Acceso	Movimiento	95% de colas por simulación					
			1	Máx.	95%	Media	Promedio	Desviación estándar
			42					
Interseccion_1 (Cr 30 - Cll 53 b bis	NB	Directo	0	0	0	0	0	0
		Derecha 2	0	0	0	0	0	0
	WB	Derecha 2	0	0	0	0	0	0
Interseccion_2 (Cll 53 b bis - Tv 28	EB	Izquierda 1	105,8	147	106	26,5	38,1	39,6
		Derecha 2	105,8	147	106	26,5	38,1	39,6
	SWB	Izquierda 1	36,1	40,3	36	0	11,6	14
		Derecha 1	0	0	0	0	0	0

6.9.4 Volúmenes de la red.

.

Tabla 6.49. Volúmenes vehiculares de la red.
Fuente: Vissim.

Volúmenes

Intersección	Acceso	Movimiento	Correr	Desviación estándar
			1	
			42	
Interseccion_1	NB	Directo	710	0
		Derecha 2	333	0
		Total	1043	0
	WB	Derecha 2	5	0
		Total	5	0
	Total		1048	0
Interseccion_2	EB	Izquierda 1	322	0
		Total	322	0
	SWB	Izquierda 1	75	0
		Derecha 1	5	0
		Total	80	0
	Total		402	0
RED TOTAL			1450	0

El total de los volúmenes vehiculares y por cada movimiento que circulan por la red son mostrados en la Tabla 6.49.

6.10Resultados de la modelación en condición actual – volumen futuro.

El propósito con el cual se genera el modelamiento en la condición actual y el volumen futuro es conocer e interpretar las deficiencias de la red para el volumen que se espera se genere dentro de 20 años, la simulación nos permitirá identificar los puntos más críticos y la insuficiencia de capacidad frente a este cambio de volumen vehicular.

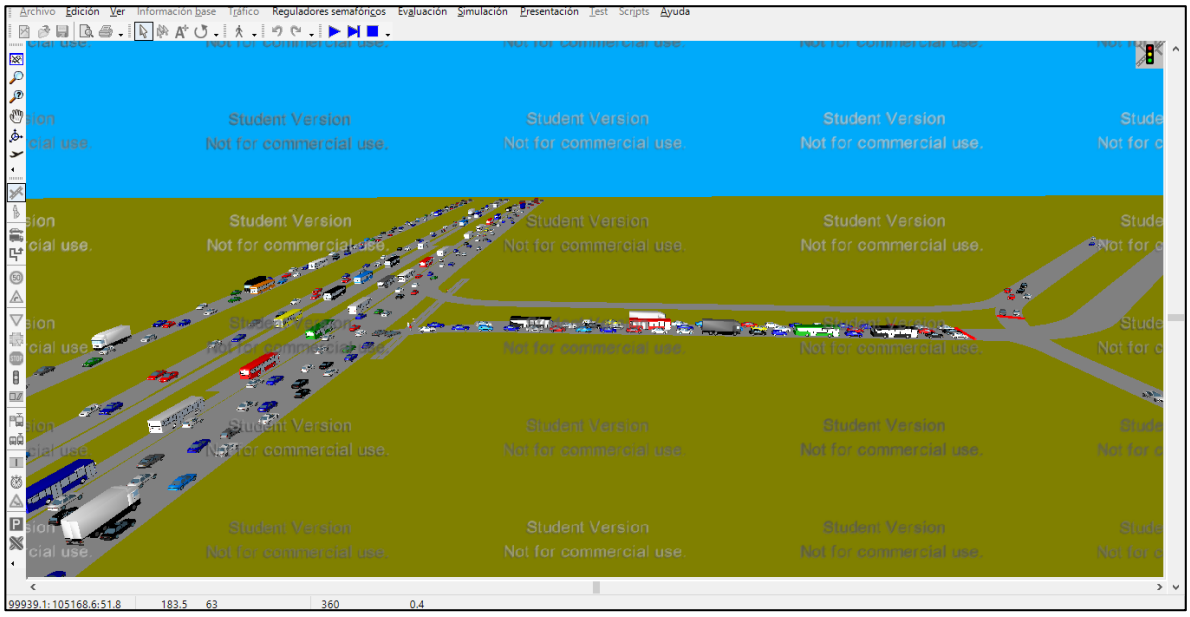


Figura 6.13. Aumento de cola en intersección semaforizada.
Fuente: Vissim

6.10.1 Comportamiento y características de la red

El Nivel de servicio se mantiene sobre la intersección al igual que la condición con el transito actual, pero como se evidencia en la Tabla 6.50, los valores promedio por demora aumentan en forma considerable tanto así que la intersección 1 pasa de tener una demora total de 1.1 segundos a 6 segundos, una demora máxima por movimiento de 63 segundos es decir 3 veces mayor que la condición actual. En la intersección 2 pasamos de un total de 24 segundos a 29 segundos y un promedio total de demora en la intersección de 8 segundos a 13 segundos resaltando la perdida de eficiencia en la intersección evaluando este parámetro.

Tabla 6.50. Demoras y niveles de servicio de la red.
Fuente: Vissim

Demora

Intersección	Acceso	Movimiento	Correr 1		NS	Promedio (s)	Desviación estándar(s)	Mín(s)	Máx(s)
			Demora (s)	Volumen					
Interseccion_1 (Crr 30 - Cll 53 b bis)	NB	Directo	1,8	1270		1,8	3,2	0	32,8
		Derecha 2	21,4	383		21,4	19,7	0	62,7
		Total	6,3	1653		6,4	12,9	0	62,7
	WB	Derecha 2	0,1	10		0,1	0,3	0	0,8
		Total	0,1	10		0,1	0,3	0	0,8
	Total		6,3	1663	A	6,3	12,8	0	62,7
Interseccion_2 (Cll 53 b bis - Tv 28)	EB	Izquierda 1	32,1	369		32,1	26,7	0	69,8
		Total	32,1	369		32,1	26,7	0	69,8
	SWB	Izquierda 1	24,6	204		24,6	21,8	0	66,5
		Derecha 1	9,3	10		9,3	12,6	0	40,3
		Total	23,9	214		23,9	21,7	0	66,5
	Total		29,1	583	C	29,1	25,3	0	69,8
RED TOTAL			12,2	2246		12,2	19,7	0	69,8

6.10.2 Longitudes de cola.

Según la evaluación bajo la condición de transito futuro las longitudes en la intersección 2 sobre los movimientos en los giros aumentan en 80 metros y se generan nuevas longitudes de cola máximas en 170 metros, estos datos se pueden observar sobre la Tabla 6.51 donde se encuentra un resumen de los cambios evidentes en las nuevas congestiones que se pueden generar si no se realiza un cambio de diseño que pueda mantener o mejorar este parámetro.

Tabla 6.51. Longitudes de cola.
Fuente: Vissim

Longitudes de cola

Intersección	Acceso	Movimiento	95% de colas por simulación 1 42	Máx	95 %	Media	Promedio	Desviación estándar
Interseccion_1 (Crr 30 - Cll 53 b bis)	NB	Directo	148,5	170,4	148,5	0	19,6	44,8
		Derecha 2	158	170,4	158	0	39,2	57
	WB	Derecha 2	0	0	0	0	0	0
Interseccion_2	EB	Izquierda 1	182,7	191,3	182,7	77,7	81,7	70,9
		Derecha 2	182,7	191,3	182,7	77,7	81,7	70,9
	SWB	Izquierda 1	85	99,3	85	36,1	34,7	30,1
		Derecha 1	38,4	52,2	38,4	0	7,5	12,8

6.10.3 Volúmenes de la red.

Debido al aumento del volumen de transito la proporción de vehículos que transita sobre la intersección cambia de forma que en el tiempo de evaluación de 600 segundos el total de vehículos es de 2246 como se puede apreciar en la Tabla 6.52.

Tabla 6.52. Volúmenes vehiculares de la red.
Fuente Vissim

Volúmenes

Intersección	Acceso	Movimiento	Correr 1 42	Desviación estándar
Interseccion_1 (Crr 30 - Cll 53 b bis)	NB	Directo	1270	0
		Derecha 2	383	0
		Total	1653	0
	WB	Derecha 2	10	0
		Total	10	0

	Total		1663	0
Interseccion_2 (Cll 53 b bis - Tv 28)	EB	Izquierda 1	369	0
		Total	369	0
	SWB	Izquierda 1	204	0
		Derecha 1	10	0
		Total	214	0
	Total		583	0
RED TOTAL			2246	0

6.11Resultados de la modelación del diseño - volumen actual.

Analizar el comportamiento del tránsito actual simulando el diseño propuesto nos permite conocer los parámetros o condiciones de la intersección que se mejorarían al modificar el aspecto geométrico y los controles de tránsito, además de establecer la funcionalidad del transporte bajo estas condiciones estableciendo que tipo de usuarios son los más beneficiados. Se debe tener en cuenta que los cambios no solo son en el diseño geométrico de la intersección también se propone realizar un esquema de control del transporte mediante las adecuadas señalizaciones que establezcan una operación, es difícil establecer la influencia que esta condición ejerce sobre el usuario pero el programa vissim permite adicionar parámetros como rutas, velocidad puntual dependiendo el tipo de vehículo, establecer señalización básica de parada entre otros.

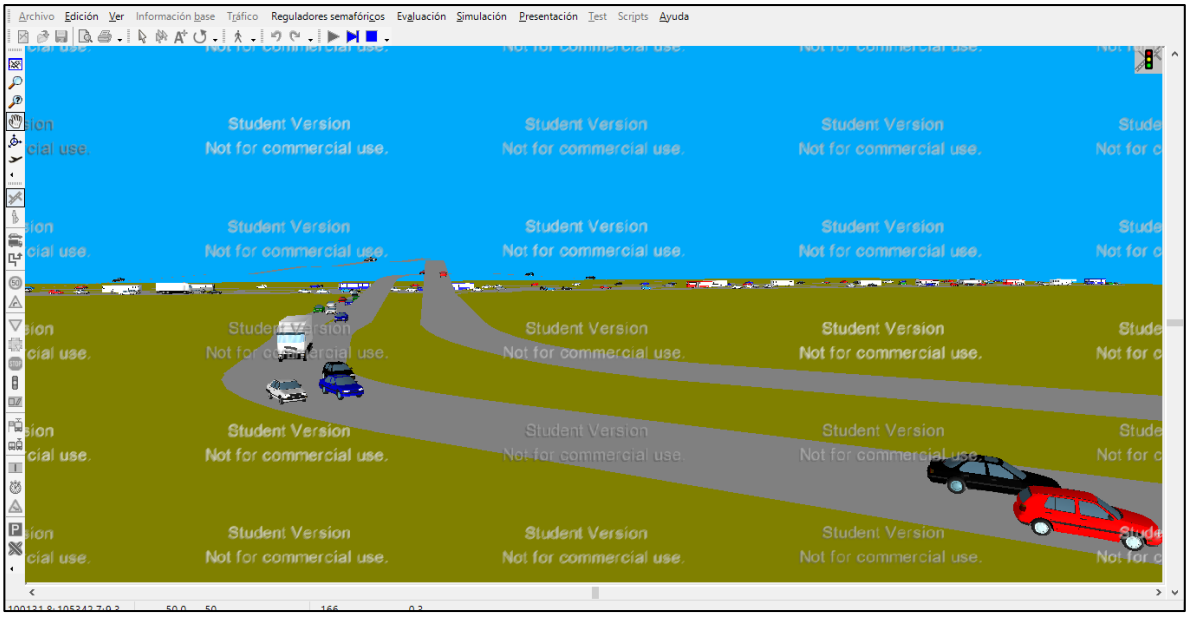


Figura 6.14. Flujo sin represamiento en los enlaces.
Fuente: Vissim

6.11.1 Rendimiento de la Red

Durante el mismo periodo de evaluación de 600 segundos en la modelación se encontraron cambios significativos en el comportamiento en este caso el volumen total del estudio fue de 2453 vehículos una tendencia de vehículos mayor a la que se evidencio en las condiciones actuales, la velocidad media de circulación fue de 48 Km/h con una máxima de 50 Km/h resultados mucho más satisfactorios que en las condiciones actuales ya que se mejora la velocidad de recorrido media en 4,5 Km/h.

Tabla 6.53. Resultados de velocidades y tiempos de acuerdo al tipo de vehículo.
Fuente: Vissim.

Desempeño de la red

Clase de vehículo	Número de vehículos	Total			Velocidad media(km/h)
		Tiempo de viaje(h)	Distancia(km)	Demora(h)	
Correr 1(1)					
Auto (10)	2118	24,62	1224,96	1,18	49,76
Camión (20)	52	0,68	31,93	0,07	46,67
Bus (30)	247	3,26	139,8	0,06	42,92

Tranvía (40)	0	0	0	0	0
Peatón (50)	15	0,25	1,14	0,03	4,53
Bicicleta (60)	21	0,21	1,64	0,08	7,85
Total	2453	29,02	1399,48	1,42	48,22

A demás se evidencia una disminución en la demora por detenciones en la intersección ya que para los vehículos es de tan solo una décima de segundo algo insignificante para la percepción del usuario de vehículo algo similar para los demás, por lo que el mayor registro por demora debido a las detenciones es para los camiones con un tiempo de 2 segundos. Es decir la movilidad sobre la intersección debido al tránsito directo mejora considerablemente los registros promedios de demora por vehículo y /o usuario como se puede visualizar en la Tabla 6.54

Tabla 6.54. Promedio de demoras por detenciones.
Fuente: Vissim.

Desempeño de la red

Clase de vehículo	**Por vehículo**		
	Demora media (s)	Número de paradas medio	Demora en det. media (s)
Correr 1(1)			
Auto (10)	2,01	0	0,16
Camión (20)	4,61	0	1,47
Bus (30)	0,9	0	0,12
Tranvía (40)	0	0	0
Peatón (50)	7,54	2	1,04
Bicicleta (60)	13,96	2	1,05
Total	2,09	0	0,2

6.11.2 Demora

Los cambios geométricos efectuados en la intersección permiten que el transito actual bajo estas condiciones pase de un nivel de servicio C a un nivel de servicio A debido a que

se retira la restricción de paso controlado por semáforo a flujo libre, para estas condiciones solo hay una demora media máxima de 4 segundos y los demás accesos solo tiene una demora de 1 segundo algo que no es significante para los usuarios puesto que no hay sensación en la perdida de este pequeño lapso de tiempo como se aprecia en la columna 3 de la Tabla 6.55, el valor máximo de demora fue de 37 segundos debido a la toma del carril de desaceleración proveniente del acceso Norte para tomar la desviación hacia el Oriente la cual se muestra en la primera fila de la tabla de resultados.

Tabla 6.55. Demoras.
Fuente: Vissim.

Demora

Intersección	Acceso	Movimiento	Correr 1		NS	Promedio(s)	Desviación estándar(s)	Mín(s)	Máx(s)
			Demora (s)	Volumen					
Divergencia CR30 – CLL 53 B	SB	Directo	3,9	836		3,9	6,4	0	36,8
		Total	3,9	836		3,9	6,4	0	36,8
	Total		3,9	836	A	3,9	6,4	0	36,8
Convergencia CLL 53 B - CR30	SB	Directo	0,3	688		0,3	0,5	0	2,1
		Total	0,3	688		0,3	0,5	0	2,1
	Total		0,3	688	A	0,3	0,5	0	2,1
Convergencia y Divergencia CR 30 hacia el Norte	NB	Directo	0,2	669		0,2	0,4	0	2,6
		Derecha 2	0,2	375		0,2	0,4	0	1,8
		Total	0,2	1044		0,2	0,4	0	2,6
	SEB	Izquierda 1	0,1	192		0,1	0,2	0	1,5
		Total	0,1	192		0,1	0,2	0	1,5
	WB	Izquierda 1	0	85		0	0,2	0	1,4
		Derecha 2	0	5		0	0	0	0
		Total	0	90		0	0,2	0	1,4
	Total		0,2	1326	A	0,1	0,4	0	2,6
Divergencia CLL 53 B	SWB	Derecha 1	0,1	91		0,1	0,3	0	2,2
		Total	0,1	91		0,1	0,3	0	2,2
	Total		0,1	91	A	0,1	0,3	0	2,2
Convergenci	EB	Directo	0,3	558		0,3	0,5	0	3,1

a CLL 53B	**Total**	0,3	558		0,3	0,5	0	3,1
	Total	0,3	558	A	0,3	0,5	0	3,1
RED TOTAL		1,1	3499		1,1	3,5	0	36,8

6.11.3 Longitud De Cola

Para las condiciones que simulan en tránsito actual se presenta una longitud media de 13 metros y una longitud máxima de 95 metros en la rampa de divergencia de la Cr 30 acceso Norte para tomar la Cll 53 B (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, unque este valor puede ser mucho menor ya que el programa no permite condicionar todas las señalizaciones correspondientes para que el usuario vaya tomando las debidas instrucciones y no cometer decisiones erradas de conducción.

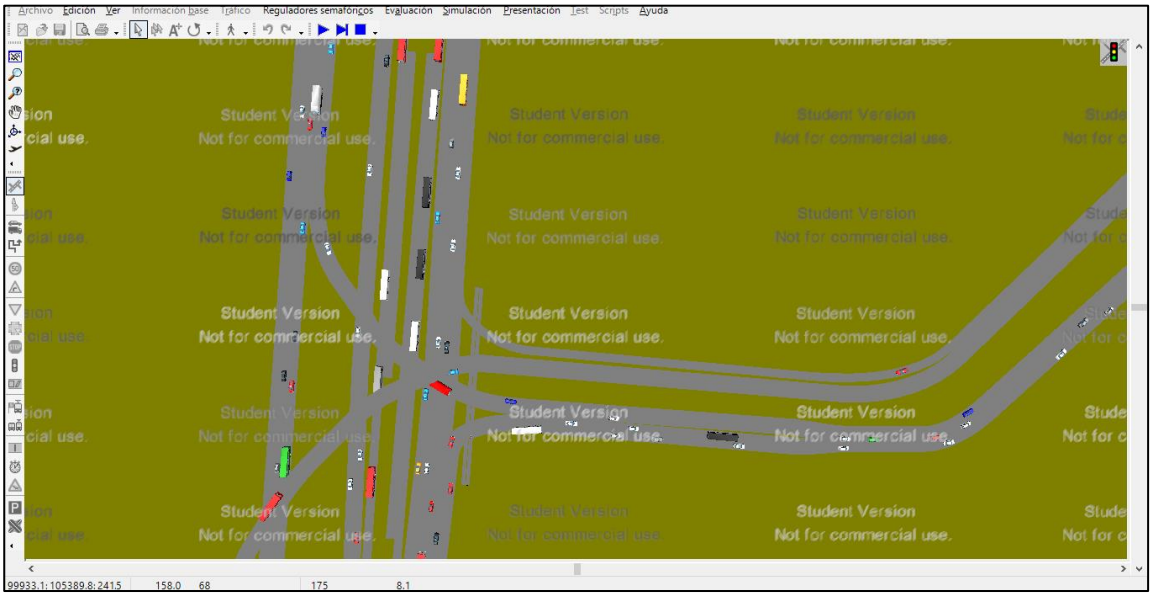


Figura 6.15. Flujo continuo en el periodo de máxima demanda.
Fuente: Vissim.

Este tipo de maniobras pueden alterar considerablemente los resultados esperados ya que al modificar las características geométricos se esperaba un mejor comportamiento en este parámetro, es decir el programa contempla posibles maniobras erráticas que los usuarios

puede realizar sin tener en cuenta la señalización vertical que pueda haber en esa sección vial.

Tabla 6.56. Longitudes de cola.
Fuente: Vissim.

Longitudes de cola

Intersección	Acceso	Movimiento	95% de colas por simulación 1	Máx	95 %	Media	Promedio	Desviación estándar
			42					
Divergencia CR30 – CLL 53 B	SB	Directo	64,1	95,5	64,1	0	14,9	23
Convergencia CLL 53 B - CR30	SB	Directo	0	0	0	0	0	0
Convergencia y Divergencia CR 30 hacia el Norte	NB	Directo	0	0	0	0	0	0
		Derecha 2	0	0	0	0	0	0
	SEB	Izquierda 1	0	0	0	0	0	0
	WB	Izquierda 1	0	0	0	0	0	0
		Derecha 2	0	0	0	0	0	0
Divergencia CLL 53 B	SWB	Derecha 1	0	0	0	0	0	0
Convergencia CLL 53B	EB	Directo	0	0	0	0	0	0

6.12Resultados de la modelación del diseño - volumen futuro.

Mediante los datos obtenidos con el pronóstico de volúmenes vehiculares a futuro y evaluando los en un modelo abstracto, se busca representar las condiciones geométricas definitivas para solucionar las deficiencias que en la actualidad se generan y que en un tiempo no mayor a 20 años se presentaran en la intersección de la Carrera 30 con Calle 53.

VISIM fue el software utilizado para pronosticar el comportamiento tentativo bajo las condiciones anteriormente mencionadas, los resultados que se obtuvieron se describen de la siguiente manera teniendo en cuenta un tiempo de evaluación sobre la red de 600 segundos dados las condiciones que el programa presenta por ser una versión DEMO.

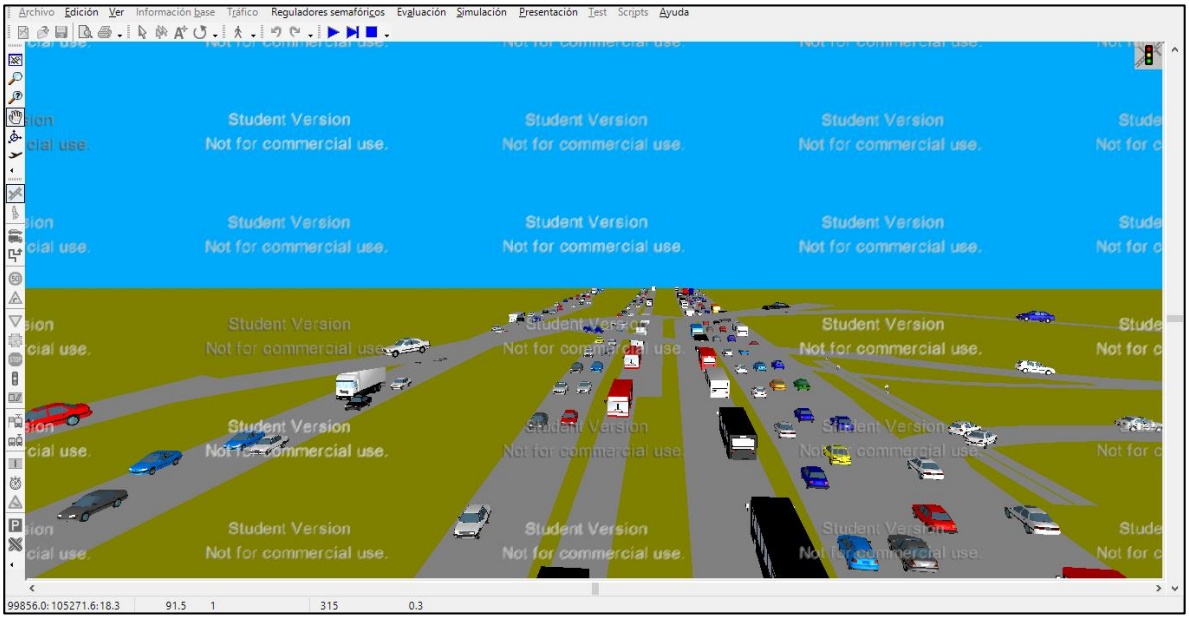


Figura 6.16. Intersección a futuro.
Fuente: Vissim

6.12.1 Rendimiento de la Red

La velocidad promedio al igual que la demora y el tiempo de viaje será diferente según sea el tipo de vehículo que transite sobre la intersección, puesto que el mayor volumen de atracción vehicular sobre la intersección es para el automóvil este tiende a tener mayor tiempo de viaje, distancia recorrida y demora en la misma proporcionalidad funciona para el bus, camión, bicicleta y peatón. Para el caso de la velocidad los resultados arrojados demostraron que los autos mantienen un promedio de 47,5 (Km/h), camiones 46,69 (Km/h), buses 41,83 (Km/h) siendo 45 (km/h) el promedio de velocidad en el que circulan este tipo de vehículos. La Tabla 6.57 muestra los resultados de manera más precisa.

Tabla 6.57. Promedio de demoras por detenciones.
Fuente: Vissim

Tipo de Vehículo	**Numero Vehículos**	**Total**			**Velocidad (km/h)**
		Tiempo Viaje (horas)	Distancia (km)	Demora (h)	
Auto	3585	43,43	2057,91	3,87	47,5
Camión	87	1,06	49,6	0,11	46,69
Bus	362	4,73	197,83	0,14	41,83
Tranvía	0	0	0	0	0
Peatón	24	0,37	1,62	0,05	4,38
Bicicleta	27	0,28	2,02	0,12	7,22
Total	4085	49,77	2308,98	4,29	46,4

La mayor demora por detenciones que se puede evidenciar en la intersección es para los peatones (8 segundos) y los ciclistas (16 segundos) debido al alto flujo vehicular y la pequeña brecha que se logra formar para logra realizar un cruce seguro para este tipo de vehículos, cabe aclarar que para esta intersección se planifico cambiar los flujos controlados por dispositivos a una intersección canalizada, es decir se le da mayor prioridad a los vehículos motorizados sin descuidar a los peatones y bici conductores ya que estos últimos no tienen un alto volumen que amerite un dispositivo semafórico, por el momento se controla con señalización vertical y horizontal. Cabe aclarar que las demoras por detenciones que se evidencian en la intersección es consecuencia de la señalización con pare que regula el flujo de los peatones y bici conductores para el caso de los vehículos con motor se debe a micro lapsos de parada debido a los altos volúmenes que se relacionan en las secciones viales denominadas entrecruzamientos. Lo anterior se visualiza en la Tabla 6.58.

Tabla 6.58. Promedio de demoras por detención.
Fuente: Vissim.

Tipo de Vehículo	**Promedio/Vehículo**		
	Demora (s)	Número de paradas	Demora por detenciones(s)
Auto	3,89	0	0,03
Camión	4,45	0	0
Bus	1,35	0	0,07
Tranvía	0	0	0
Peatón	7,74	2	1,1
Bicicleta	16,19	2	1,19
Total	3,78	0	0,05

6.12.2 Demora

La evaluación de la intersección por demora se clasifica en un nivel de "servicio A" debido a que pasamos de una intersección controlada por dispositivo semafórico a flujo continuo, como resultado el promedio por demora máximo es de 3 segundos que se presentan en los carriles de divergencia para tomar el puente de la Cr30 hacia la Cll 53B desde el acceso Norte y de la Cr30 hacia la Cll 53B desde el acceso Sur, para los carriles restantes de divergencia y convergencia de la intersección el promedio por demora es inferior a 3 segundos, se debe considerar que estos valores corresponden a los volúmenes vehiculares presentes en el tiempo de evaluación de 10 minutos. En total se evaluaron 5270 vehículos en la red, como resultado el promedio por demora de la misma fue de 1,5 segundos y el valor máximo alcanzado en la simulación fue de 27,9 segundos, En la Tabla 6.59 se encuentra un resumen general de los valores por demora que se alcanzaron en las diferentes secciones viales.

Tabla 6.59. Demora.
Fuente: Vissim

DEMORA									
Sección Vial	**Carril de Aprox.**	**Movimiento**	**Run 1**		**LOS**	**Prom. (s)**	**Desviación Estándar (s)**	**Min (s)**	**Max (s)**
			Demora (s)	Volumen					
Divergencia CR30 – CLL 53 B	SB	Cruce	3	902		3	4,2	0	27,9
		Total	3	902		3	4,2	0	27,9
	Total		3	902	A	3	4,2	0	27,9
Convergencia CLL 53 B - CR30	SB	Cruce	0,7	864		0,7	0,9	0	8,2
		Total	0,7	864		0,7	0,9	0	8,2
	Total		0,7	864	A	0,7	0,9	0	8,2
Convergencia y Divergencia CR 30 hacia el Norte	NB	Cruce	1,4	1283		1,4	2	0	17
		Derecha	2,4	694		2,4	2,7	0	11,3
		Total	1,8	1977		1,8	2,3	0	17
	SEB	Izquierda	0,1	206		0,1	0,2	0	1,1
		Total	0,1	206		0,1	0,2	0	1,1
	WB	Izquierda	0,1	208		0,1	0,3	0	1,6
		Derecha	0	8		0	0	0	0
		Total	0,1	216		0,1	0,3	0	1,6
	Total		1,5	2399	A	1,5	2,2	0	17
Divergencia CLL 53 B	SWB	Derecha	0,2	222		0,2	0,5	0	2,9
		Total	0,2	222		0,2	0,5	0	2,9
	Total		0,2	222	A	0,2	0,5	0	2,9
Convergencia CLL 53B	EB	Cruce	1,3	883		1,3	1,4	0	9,1
		Total	1,3	883		1,3	1,4	0	9,1
	Total		1,3	883	A	1,3	1,4	0	9,1
RED TOTAL			1,5	5270		1,5	2,5	0	27,9

6.12.3 Longitud De Cola

A diferencia de las especificaciones existentes la intersección a futuro no se verá reglamentada por ninguna señalización que controle la detención de los vehículos, es decir se espera flujo continuo en la intersección. Esto quiere decir que no se debería represar el flujo vehicular de modo que se generen colas.

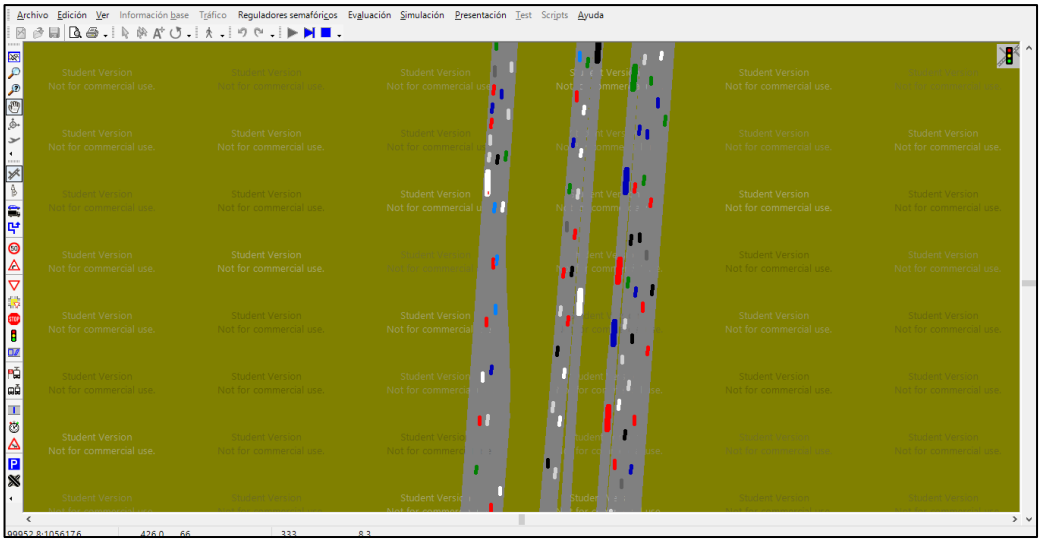


Figura 6.17. Detención de colas en acceso norte (NQS) hacia cll 53b.
Fuente: Vissim

En los resultados se halló que posiblemente debido al estilo de manejo de los conductores y la práctica de malas maniobras pueden llegar a generarse represamiento cuando hay carriles de divergencia y convergencia, para este caso en específico el carril de afectación por longitud de cola es la Cr 30 hacia el Sur en la sección de divergencia de la vía hacia la Calle 53B. El carril lento de la Carrera 30 cuenta con carril de desaceleración para ingresar hacia el puente que los dirige hacia la calle 53 B pero si este enlace es tomado por los conductores desde el carril externo de la carrera 30 lo más seguro es que al disminuir la velocidad e ir invadiendo los carriles hasta llegar al carril de ingreso al puente afecta el nivel de servicio con un promedio de 6,5 metros en promedio y una longitud máxima de cola de 67,5 metros en intervalos de tiempo descontinuo.

Tabla 6.60. Longitudes de cola.
Fuente: Vissim

LONGITUD DE COLA								
Sección Vial	**Carril de Aprox.**	**Movimiento**	**95% porcentaje de Cola por recorrido**					
			1	**Max**	**95 %**	**Mediana**	**Prom.**	**Desviación Estándar**
			42					
Divergencia CR30 – CLL 53 B	SB	Cruce	50	67,5	50	0	6,5	15,7
Convergencia CLL 53 B - CR30	SB	Cruce	0	0	0	0	0	0
Convergencia y Divergencia CR 30 hacia el Norte	NB	Cruce	0	0	0	0	0	0
		Derecha 2	0	0	0	0	0	0
	SEB	Izquierda. 1	0	0	0	0	0	0
	WB	Izquierda. 1	0	0	0	0	0	0
		Derecha 2	0	0	0	0	0	0
Divergencia CLL 53 B	SWB	Derecha 1	0	0	0	0	0	0
Convergencia CLL 53B	EB	Cruce	0	0	0	0	0	0

6.13 Comparación del estado actual de la intersección para el tránsito actual y el futuro

Para entender el alcance final en el proyecto, es necesario mencionar cuales son las características del servicio que se mejoran o se mantienen en la intersección (Carrera 30 con Calle 53) al realizar los cambios geométricos para las condiciones de volumen actuales y las proyectadas a 20 años. Bajo este esquema se identificarán cambios en el rendimiento de la red, demoras y longitudes de cola. Comparar entre los datos del tránsito actual y el proyectado para las condiciones de diseño en las que se encuentra a la fecha la intersección, nos permitirá conocer el impacto que generará el aumento del parque automotor en los

próximos 20 años y finalmente se evaluará el comportamiento del tránsito bajo las condiciones de diseño para el futuro que se propone en el presente documento.

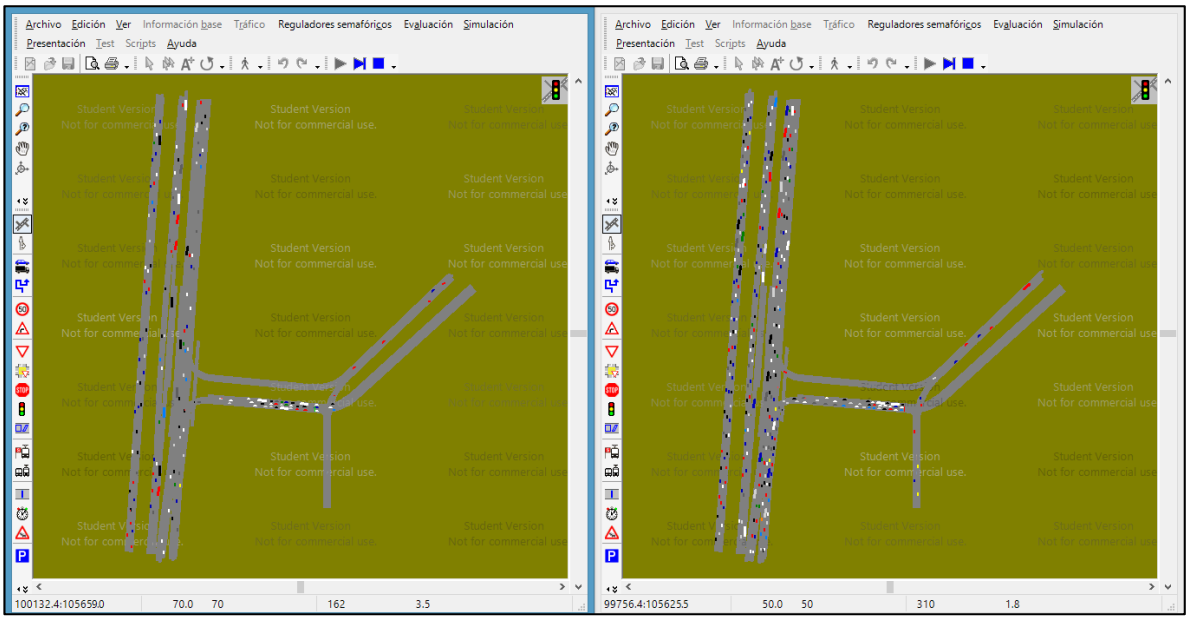


Figura 6.18. Tránsito del transporte en hora de máxima demanda.
Fuente: Vissim

Actualmente como se puede observar en Figura 6.18 y bajo el estudio realizado en hora de máxima demanda el tránsito vehicular circula sin mayores inconvenientes pero las afectaciones en los corredores pueden incrementarse en la medida que el parque automotor comience a crecer significativamente. En la Tabla 6.61 se puede evidenciar dichas afectaciones y evaluar en cuales aspectos es donde se percibe un deterioro significativo en el nivel de servicio.

6.13.1 Rendimiento de la Red

Es evidente que el aumento del parque automotor deteriora los diferentes parámetros de servicio sobre la intersección para todos los tipos de vehículo, en todas las variables que evalúa el rendimiento de la red se obtuvieron datos que demuestran el descenso en la calidad de servicio como la velocidad media de la intersección donde se pasa de un promedio de 44 km/h a 39 Km/h y en demora pasa de 4h a 13 h. (ver Ilustración 6.1 e

Ilustración 6.3). Sin embargo los resultados en comparación demuestran que técnicamente la intersección no necesita ser intervenida para mantener los niveles de servicial dad ya que el alcance para los objetivos del presente proyecto es obtener un nivel de servicio funcional mínimo en “D”. El obtenido en la condición con volumen a futuro es “C”, sin embargo hay un aumento de los tiempos de viaje que cuantitativamente significaría una pérdida económica para la ciudad de Bogotá D.C. El tiempo de viaje en horas tiende a sufrir una variación considerable para el tipo de vehículo Auto con un aumento de 22.89 (h), para los demás tipos de vehículos el tiempo de viaje se comporta de forma similar con los datos del tránsito actual.

No hay cambios drásticos en el cambio de velocidad ya que se presenta una disminución media de 4Km/h para vehículos de tipo Auto, Camión y Bus, para los demás vehículos se mantiene los valores de velocidad.

Ilustración 6.1. Datos comparativos De Tiempos de viaje – Condición Actual.
Fuente Propia

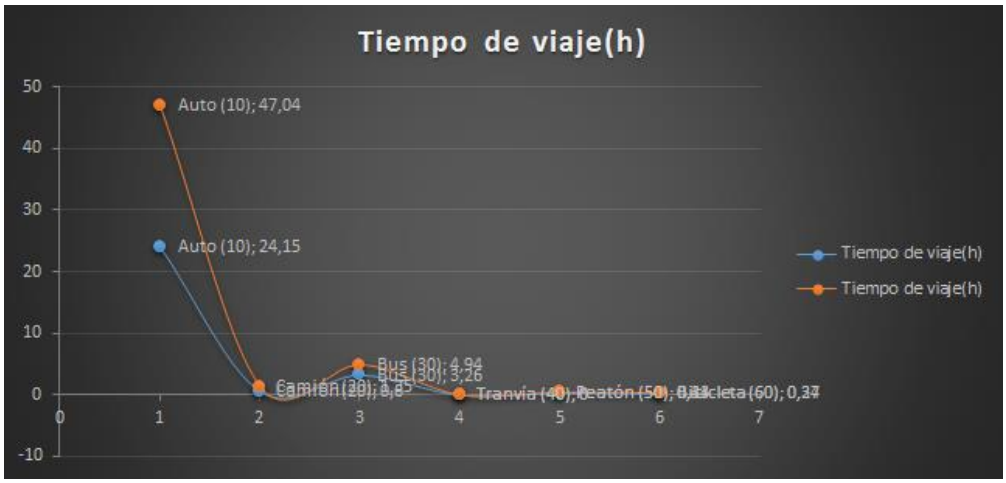


Ilustración 6.2. Datos comparativos Velocidad Media Condición Actual.
Fuente Propia

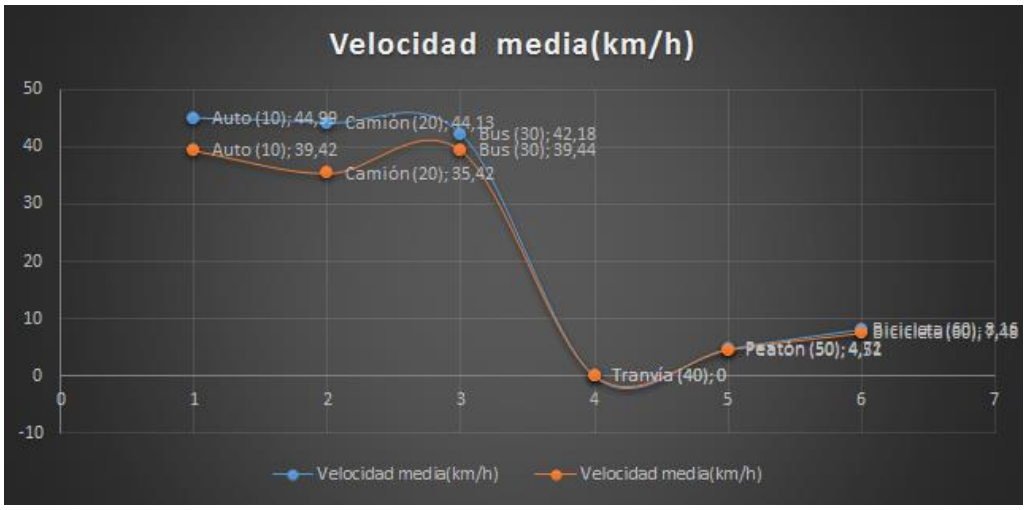


Tabla 6.61 Comparación Rendimiento de la Red
Fuente: Vissim

		Volumen Vehicular			
		Actual	Futuro	Actual	Futuro
Clase de vehículo		Auto (10)		Camión (20)	
Número de vehículos		1972	3441	48	86
Total	Tiempo de viaje(h)	24,15	47,04	0,6	1,35
	Distancia(km)	1086,55	1854,29	26,44	47,95
	Demora(h)	3,35	11,49	0,08	0,43
Velocidad media(km/h)		44,99	39,42	44,13	35,42
Por vehículo	Demora media (s)	6,12	12,02	6,25	18,15
	Número de paradas medio	0	0	0	0
	Demora en detención media (s)	3,74	4,05	3,52	6,66

		Volumen Vehicular			
		Actual	Futuro	Actual	Futuro
Clase de vehículo		Bus (30)		Peatón (50)	
Número de vehículos		247	364	15	24
Total	Tiempo de viaje(h)	3,26	4,94	0,33	0,44
	Distancia(km)	137,48	194,63	1,55	1,98
	Demora(h)	0,1	0,41	0,03	0,05
Velocidad media(km/h)		42,18	39,44	4,72	4,51
Por vehículo	Demora media (s)	1,52	4,01	7,83	7,98
	Número de paradas medio	0	0	2	2
	Demora en det. media	0,75	1,45	1,02	1

(s)			

		Volumen Vehicular	
		Actual	Futuro
Clase de vehículo		Bicicleta (60)	
Número de vehículos		21	27
Total	Tiempo de viaje(h)	0,27	0,34
	Distancia(km)	2,24	2,51
	Demora(h)	0,1	0,14
Velocidad media(km/h)		8,16	7,48
Por vehículo	Demora media (s)	17,53	18,71
	Número de paradas medio	2	2
	Demora en det. media (s)	1,17	1,17

6.13.2 Demora

El valor por demora se analizó concentrándonos en los puntos críticos de la intersección, considerando el acceso de entrada y salida de la misma con la finalidad de establecer sus índices, el movimiento con mayor demora es el giro a la derecha desde el acceso Sur es decir desde la NQS hacia la Cll 53B con un tiempo de 22 segundos sobre la intersección ver Ilustración 6.3. La longitud de la cola que se evidencia en la intersección semafórica para una condición a transito proyectados no alcanza a colapsar la NQS, pero hay que mencionar que se reduce la velocidad de operación. Ver Ilustración 6.4

Los datos de demora sobre la intersección presentan un aumento considerable en los tiempos para los vehículos que provienen del acceso Sur (NQS) movimiento a la derecha con un tiempo de 18,6 segundos, sin embargo para los demás vehículos el promedio de perdida es de 5 segundos.

Ilustración 6.3. Variación de Longitudes de cola
Fuente: Vissim

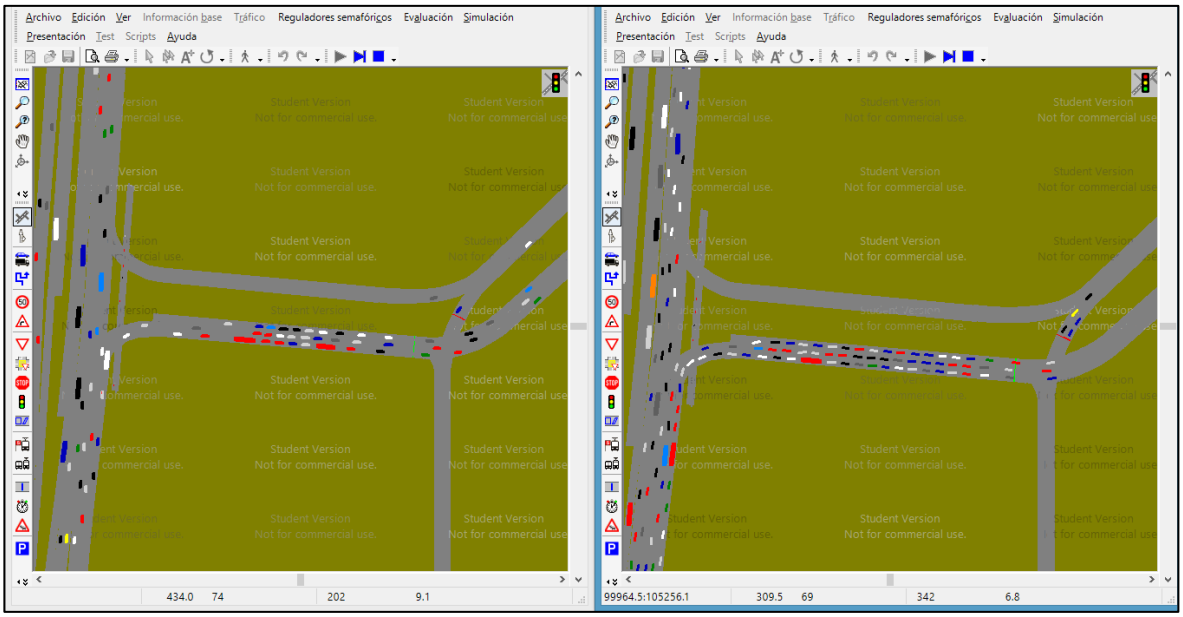


Ilustración 6.4. Datos comparativos De Demora (s) Condición Actual.
Fuente Propia

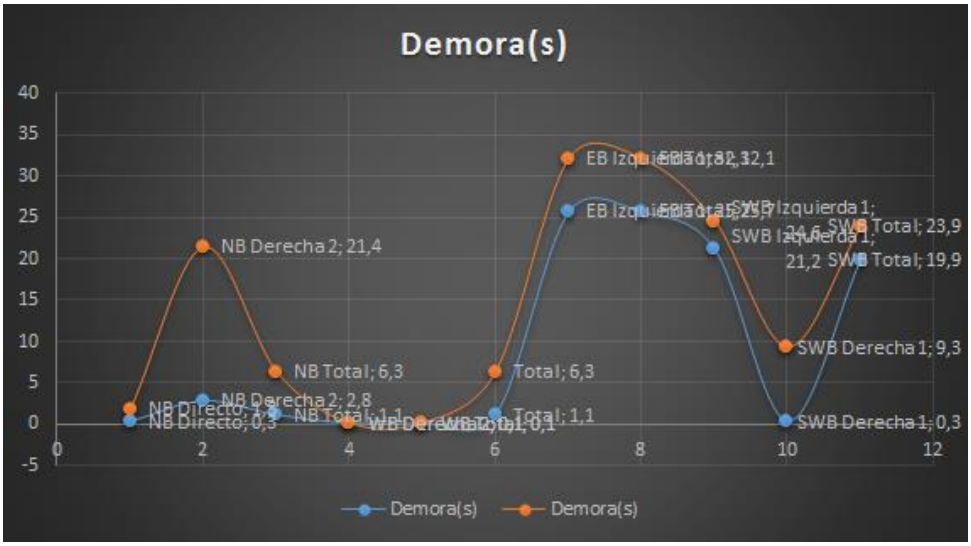
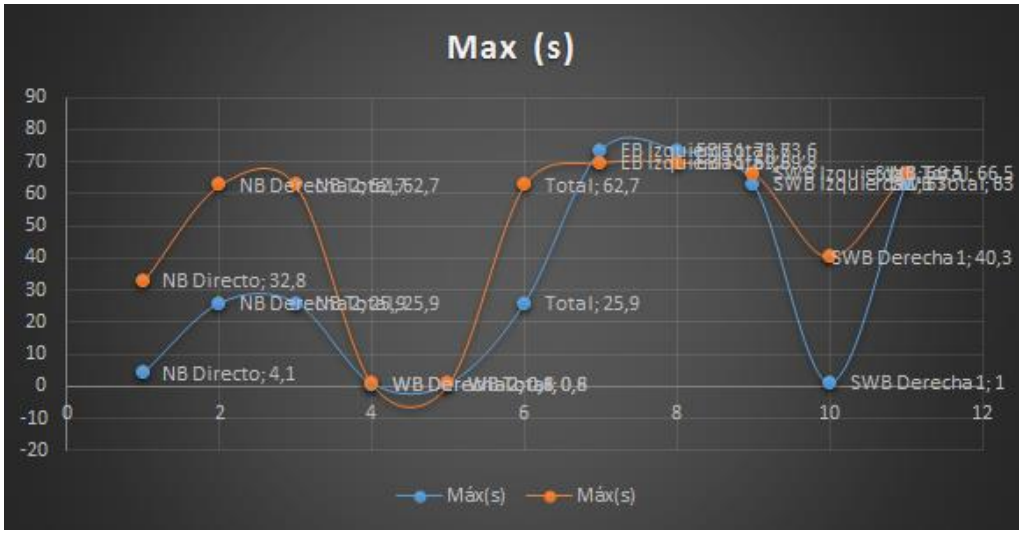


Ilustración 6.5. Datos comparativos De Demora Máxima Condición Actual.
Fuente Propia



Los tiempos máximos de demora expresados en segundos, son considerables en el movimiento directo proveniente del acceso Sur sobre la NQS con un valor de 30 segundos y para el giro a la derecha proveniente de la calle 53b para tomar la carrera 28 se detectó un aumento de 40 segundos ver Ilustración 6.5. En el caso de la intersección (Tv28-Cr28) el mayor tiempo de demora es para el giro a la izquierda proveniente de la transversal 28 para tomar la carrera 28 con un tiempo de 26 segundos en las condiciones actuales, hay que tener en cuenta que este movimiento se encuentra en la intersección semaforizada. Sim embargo para ambos volúmenes de transito se mantiene el mismo nivel de servicio. Los valores comparativos se podrán observar en la Tabla 6.62 donde hay un resumen de los datos del tránsito para la variable de demora.

Tabla 6.62 Comparación en la Demora

Fuente Vissim

					Volumen Vehicular			
					Actual	Futuro	Actual	Futuro
Intersección	**Acceso**	**Movimiento**	**Desde tramo**	**Al tramo**	**Demora(s)**		**Volumen**	

Interseccion_1	NB	Directo	6	3	0,3	1,8	710	1270
		Derecha 2	6	10	2,8	21,4	333	383
		Total			1,1	6,3	1043	1653
	WB	Derecha 2	11	3	0,1	0,1	5	10
		Total			0,1	0,1	5	10
	Total				1,1	6,3	1048	1663
Interseccion_2	EB	Izquierda 1	10	13	25,7	32,1	322	369
		Total			25,7	32,1	322	369
	SWB	Izquierda 1	12	14	21,2	24,6	75	204
		Derecha 1	12	10008	0,3	9,3	5	10
		Total			19,9	23,9	80	214
	Total				24,5	29,1	402	583
RED TOTAL					7,6	12,2	1450	2246

					Volumen Vehicular			
					Actual	Futuro	Actual	Futuro
Intersección	Acceso	Movimiento	Desde tramo	Al tramo	NS		Promedio(s)	
Interseccion_1	NB	Directo	6	3			0,3	1,8
		Derecha 2	6	10			2,8	21,4
		Total					1,1	6,4
	WB	Derecha 2	11	3			0,1	0,1
		Total					0,1	0,1
	Total				A	A	1,1	6,3
Interseccion_2	EB	Izquierda 1	10	13			25,7	32,1
		Total					25,7	32,1
	SWB	Izquierda 1	12	14			21,2	24,6
		Derecha 1	12	10008			0,3	9,3
		Total					19,9	23,9
	Total				C	C	24,5	29,1
RED TOTAL							7,6	12,2

					Volumen Vehicular			
					Actual	Futuro	Actual	Futuro
Intersección	Acceso	Movimiento	Desde tramo	Al tramo	Desviación estándar(s)		Mín.(s)	

Interseccion_1	NB	Directo	6	3	0,6	3,2	0	0
		Derecha 2	6	10	3,2	19,7	0	0
		Total			2,2	12,9	0	0
	WB	Derecha 2	11	3	0,3	0,3	0	0
		Total			0,3	0,3	0	0
	Total				2,2	12,8	0	0
Interseccion_2	EB	Izquierda 1	10	13	23,1	26,7	0	0
		Total			23,1	26,7	0	0
	SWB	Izquierda 1	12	14	21,2	21,8	0	0
		Derecha 1	12	10008	0,4	12,6	0	0
		Total			21,2	21,7	0	0
	Total				22,8	25,3	0	0
RED TOTAL					16,1	19,7	0	0

					Volumen Vehicular	
					Actual	Futuro
Intersección	Acceso	Movimiento	Desde tramo	Al tramo	Máx.(s)	
Interseccion_1	NB	Directo	6	3	4,1	32,8
		Derecha 2	6	10	25,9	62,7
		Total			25,9	62,7
	WB	Derecha 2	11	3	0,6	0,8
		Total			0,6	0,8
	Total				25,9	62,7
Interseccion_2	EB	Izquierda 1	10	13	73,6	69,8
		Total			73,6	69,8
	SWB	Izquierda 1	12	14	63	66,5
		Derecha 1	12	10008	1	40,3
		Total			63	66,5
	Total				73,6	69,8
RED TOTAL					73,6	69,8

6.13.3 Longitud De Cola

Los movimiento con mayor longitud se detectaron en el movimiento 9(2) giro a la derecha desde el acceso Sur es decir desde la NQS hacia la Cll 53B con una longitud de aumento a futuro de 148 metros sobre la intersección ver Ilustración 6.6. Para el caso de la

intersección semaforizada la mayor longitud es para el movimiento 3 y 8 paso directo y giro a la izquierda respectivamente con longitudes de 106 metros para condiciones actuales y 183 metros para condiciones futuras del volumen vehicular, los demás valores se podrán apreciar en la **Tabla 6.63** donde se puede apreciar aumentos considerable de 50 a 80 metros afectando la calidad de servicio de la intersección.

Ilustración 6.6. Datos comparativos Longitud de cola Condición Actual.
Fuente Propia

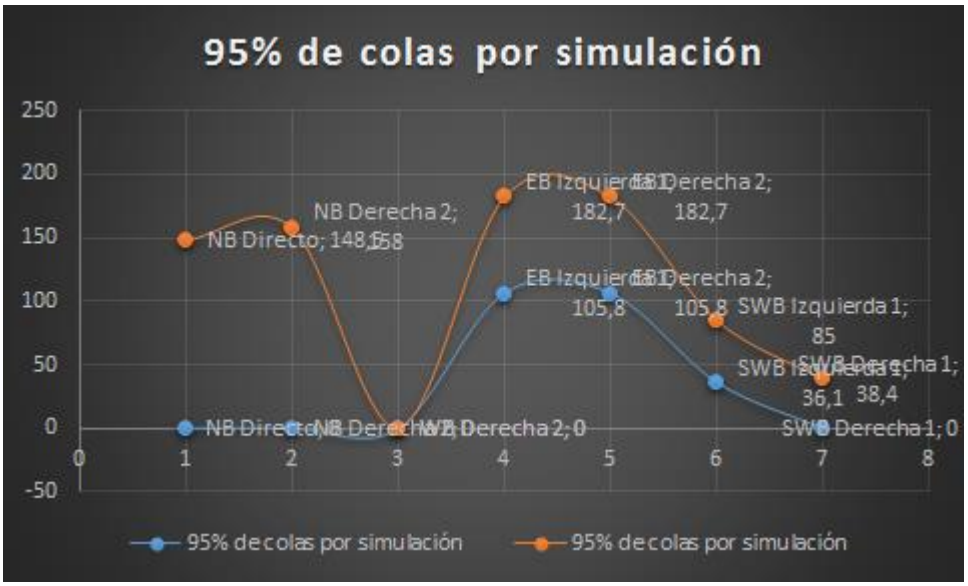
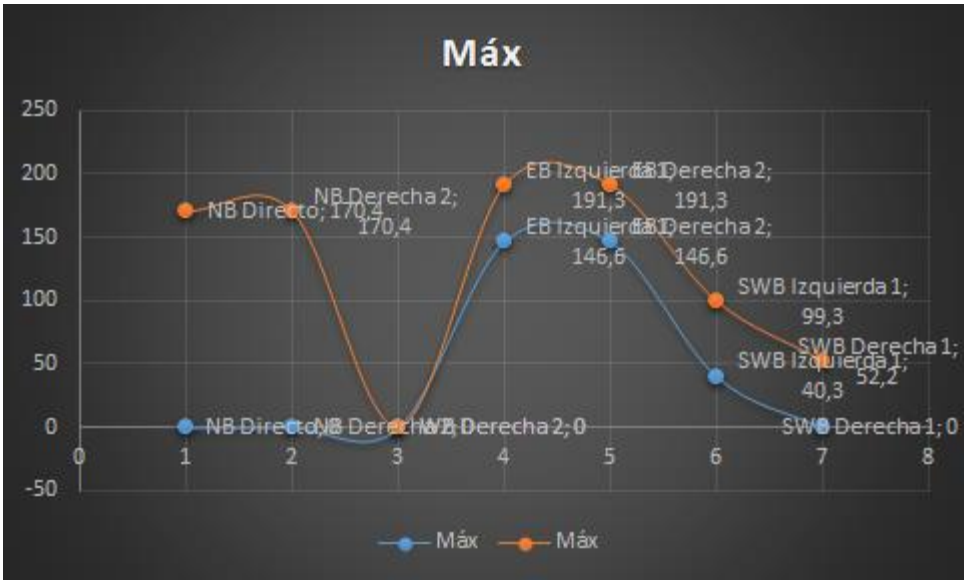


Ilustración 6.7. Datos comparativos Longitud de cola máxima Condición actual.
Fuente: Propia



La longitud máxima se encontró en el movimiento 9(2) giro a la derecha desde la NQS hacia la Cll 53B con valor de aumento a futuro en 170 metros y un valor de 50 metros como la media para los demás movimientos, excepto para el giro a la derecha desde la Calle 53 b para tomar la carrera 28. ver Ilustración 6.7

Tabla 6.63 Comparación Longitud de cola

Fuente Vissim

					Volumen Vehicular			
					Actual	Futuro	Actual	Futuro
					Longitud		Máx.	
Interseccion_1	NB	Directo	6	0	0	148,5	0	170,4
		Derecha 2	6	0	0	158	0	170,4
	WB	Derecha 2	11	0	0	0	0	0
Interseccion_2	EB	Izquierda 1	10	0	105,8	182,7	146,6	191,3
		Derecha 2	10	0	105,8	182,7	146,6	191,3
	SWB	Izquierda 1	12	0	36,1	85	146,6	99,3
		Derecha 1	12	0	0	38,4	146,6	52,2

					Volumen Vehicular			
					Actual	Futuro	Actual	Futuro
					95%		Media	
Interseccion_1	NB	Directo	6	0	0	148,5	0	0
		Derecha 2	6	0	0	158	0	0
	WB	Derecha 2	11	0	0	0	0	0

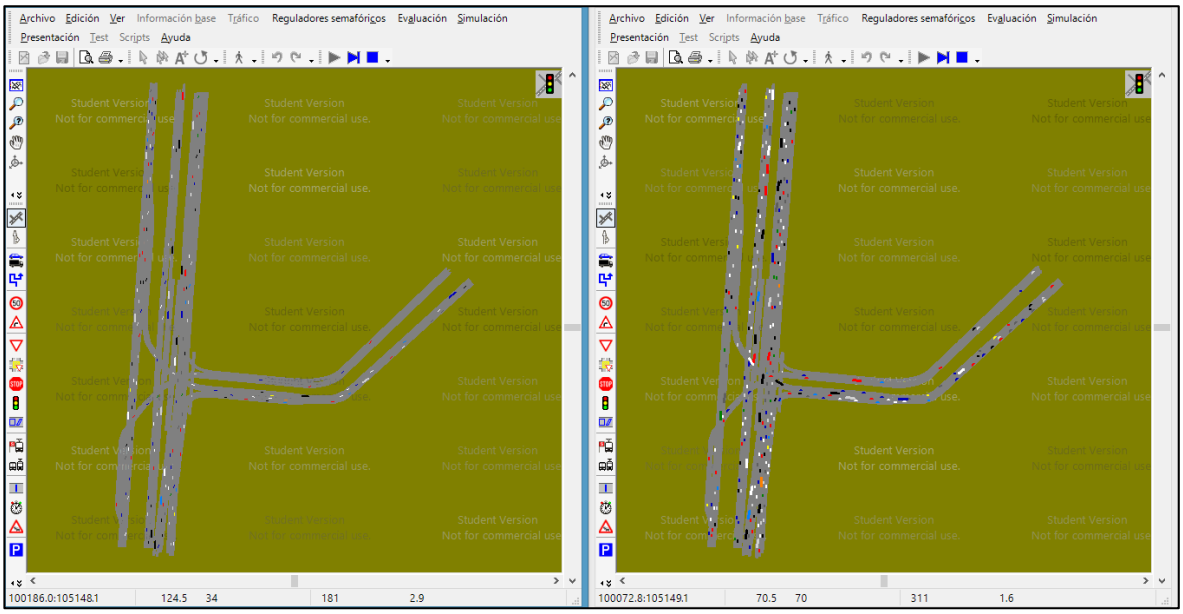
Interseccion_2	**EB**	**Izquierda 1**	**10**	**0**	**105,8**	**182,7**	**26,5**	**77,7**
		Derecha 2	**10**	**0**	**105,8**	**182,7**	**26,5**	**77,7**
	SWB	**Izquierda 1**	**12**	**0**	**36,1**	**85**	**0**	**36,1**
		Derecha 1	**12**	**0**	**0**	**38,4**	**0**	**0**

					Volumen Vehicular			
					Actual	**Futuro**	**Actual**	**Futuro**
					Promedio		**Desviación estándar**	
Interseccion_1	**NB**	**Directo**	**6**	**0**	**0**	**19,6**	**0**	**44,8**
		Derecha 2	**6**	**0**	**0**	**39,2**	**0**	**57**
	WB	**Derecha 2**	**11**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Interseccion_2	**EB**	**Izquierda 1**	**10**	**0**	**38,1**	**81,7**	**39,6**	**70,9**
		Derecha 2	**10**	**0**	**38,1**	**81,7**	**39,6**	**70,9**
	SWB	**Izquierda 1**	**12**	**0**	**11,6**	**34,7**	**14**	**30,1**
		Derecha 1	**12**	**0**	**0**	**7,5**	**0**	**12,8**

6.14Comparación del diseño de la intersección para el tránsito actual y el futuro

Para el volumen de transito actual la geometría proyectada a futuro de la intersección se comporta de mejor manera que el volumen esperado para un periodo de 20 años puesto que hay un aumento considerable en la tasa de motorización, sin embargo en los resultados comparados hay segmentos en los que el comportamiento no se ve afectado y finalmente se obtiene valores similares ver Ilustración 6.8, puesto que su servicialidad ya no depende de la intersección semafórica cercana, sino de los paramentos geométricos adecuados como los carriles de aceleración, desaceleración y el adecuado manejo de la señalización.

Ilustración 6.8 Flujo de transporte en hora de máxima demanda.
Fuente: Vissim



6.14.1 Rendimiento de la Red

La evaluación de los parámetros como tiempo de viaje, distancia y demora arrojaron como resultado un aumento en sus valores de 18.71 (h) para el caso de los autos, sin embargo el comportamiento en los demás tipos de vehículo tiende a ser inferior a 1 (h). Pero en resumen el parámetro de tiempo de viaje se comporta sin cambios considerables excepto la condición para los autos ver Ilustración 6.9.

Ilustración 6.9. Datos comparativos De Tiempos de viaje – Condición Diseño
Fuente: Propia

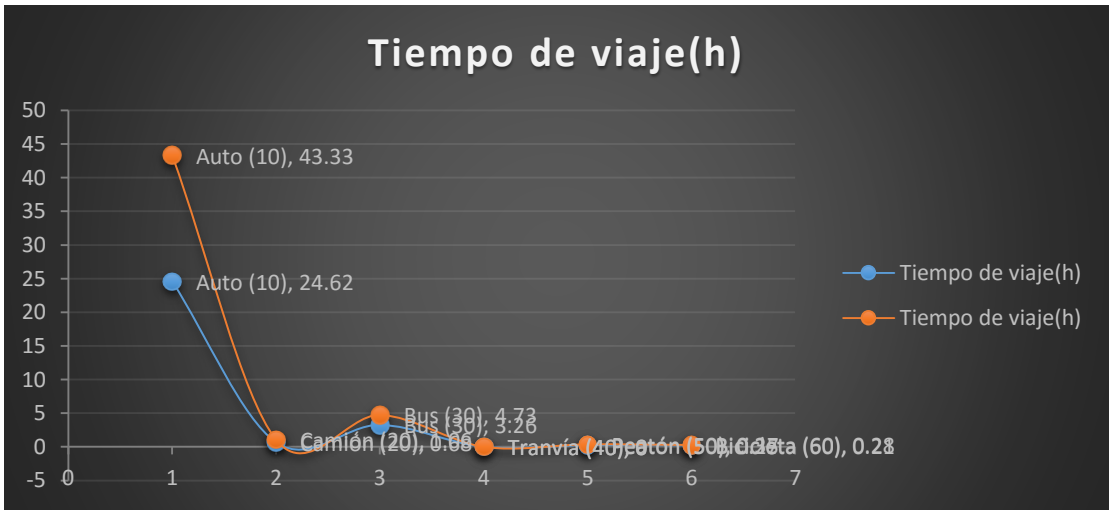
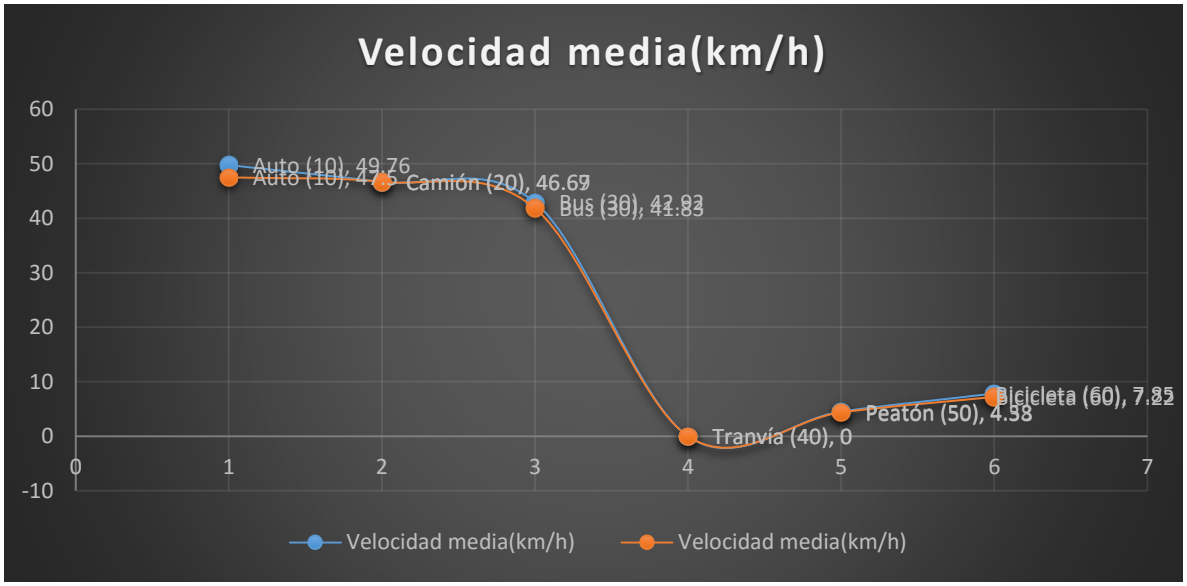


Ilustración 6.10 Datos comparativos Velocidad Media Condición Diseño
Fuente: Propia



Los datos de velocidad media se comportan de forma similar entre las condiciones de transito actual y el proyectado, se presenta una pequeña variación en los autos inferior a 3 Km/h imperceptible en el conductor en el momento de conducir ver Ilustración 6.10. Sin embargo es necesario resaltar que el comportamiento de la velocidad a diferencia de la evaluación de ambos volúmenes de transporte en el diseño actual, en el diseño proyectado no hay un descenso drástico en el valor de este parámetro es decir que estamos hablando de un cambio no mayor a 1.5 km/h en el desplazamiento de los vehículos para las condiciones de diseño ver Tabla 6.64.

Tabla 6.64 Comparación Rendimiento de la Red
Fuente: Vissim

		Volumen Vehicular			
		Actual	Futuro	Actual	Futuro
Clase de vehículo		Auto (10)		Camión (20)	
Número de vehículos		2118	3585	52	87
Total	Tiempo de viaje(h)	24,62	43,33	0,68	1,06
	Distancia(km)	1224,96	2057,91	31,93	49,6
	Demora(h)	1,18	3,87	0,07	0,11

Velocidad media(km/h)		49,76	47,5	46,67	46,69
Por vehículo	Demora media (s)	2,01	3,89	4,61	4,45
	Número de paradas medio	0	0	0	0
	Demora en det. media (s)	0,16	0,03	1,47	0

		Volumen Vehicular			
		Actual	Futuro	Actual	Futuro
Clase de vehículo		Bus (30)		Peatón (50)	
Número de vehículos		247	362	15	24
Total	Tiempo de viaje(h)	3,26	4,73	0,25	0,37
	Distancia(km)	139,8	197,83	1,14	1,62
	Demora(h)	0,06	0,14	0,03	0,05
Velocidad media(km/h)		42,92	41,83	4,53	4,38
Por vehículo	Demora media (s)	0,9	1,35	7,54	7,74
	Número de paradas medio	0	0	2	2
	Demora en det. media (s)	0,12	0,07	1,04	1,1

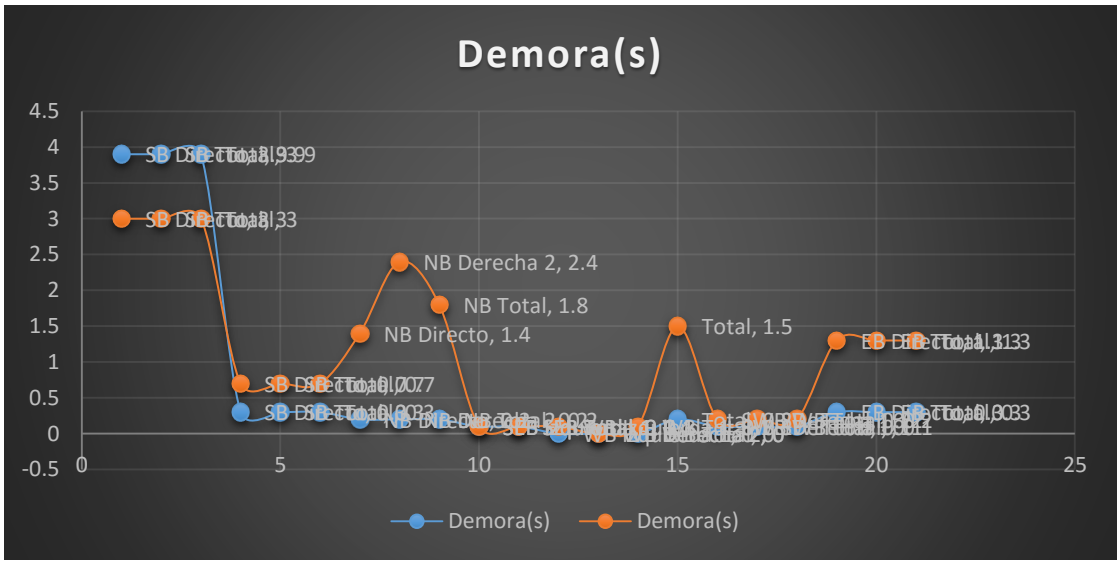
		Volumen Vehicular	
		Actual	Futuro
Clase de vehículo		Bicicleta (60)	
Número de vehículos		21	27
Total	Tiempo de viaje(h)	0,21	0,28
	Distancia(km)	1,64	2,02
	Demora(h)	0,08	0,12
Velocidad media(km/h)		7,85	7,22
Por vehículo	Demora media (s)	13,96	16,19
	Número de paradas medio	2	2
	Demora en det. media (s)	1,05	1,19

6.14.2 Demora

Quizás una de las características más importantes en cuanto a los cambios geométricos de la intersección es desaparecer la intersección semaforizada para dar el paso a una intersección a flujo continuo y es que los buenos resultados se pueden reflejar en el comportamiento por demora del tránsito ver Ilustración 6.11. Los aumentos reflejados en

12 son mínimos teniendo en cuenta que el tránsito para ese periodo es el doble al actual y que los niveles de servicio se mantienen en la intersección con un valor de “A”, se debe tener en cuenta que las demoras puede además ser producto de la mala práctica de conducción de los usuarios y en este caso repetimos es recomendable utilizar campañas de cultura cívica para mejorar este parámetro el cual reflejara mejores resultados a los obtenidos.

Ilustración 6.11 Datos comparativos De Demora (s) Condición Diseño.
Fuente: Propia



La percepción de la demora en el conductor puede influir en los cambios de humor y estado de ánimo, estas variables son significativas ya que el conductor al no percibir un ambiente de comodidad al circular por la vía ocasionaría alteraciones considerables en las maniobras del mismo y estas pueden concluir en accidentes o maniobras de peligro, sin embargo para las condiciones expuestas en la Tabla 6.65 los valores resultantes son inferiores a 2 segundos algo imperceptible para el conductor. La modelación permite evaluar de forma particular algunos parámetros que establecen los puntos críticos del funcionamiento de la intersección, para el caso de demora máxima los valores más significativos fue 18.4

segundos el cual se presenta sobre el carril de divergencia la NQS acceso Norte para tomar la calle 53b y convergencia para tomar la transversal 28 ver Ilustración 6.12.

Ilustración 6.12 Datos comparativos De Demora Máxima Condición Futura.
Fuente Propia.

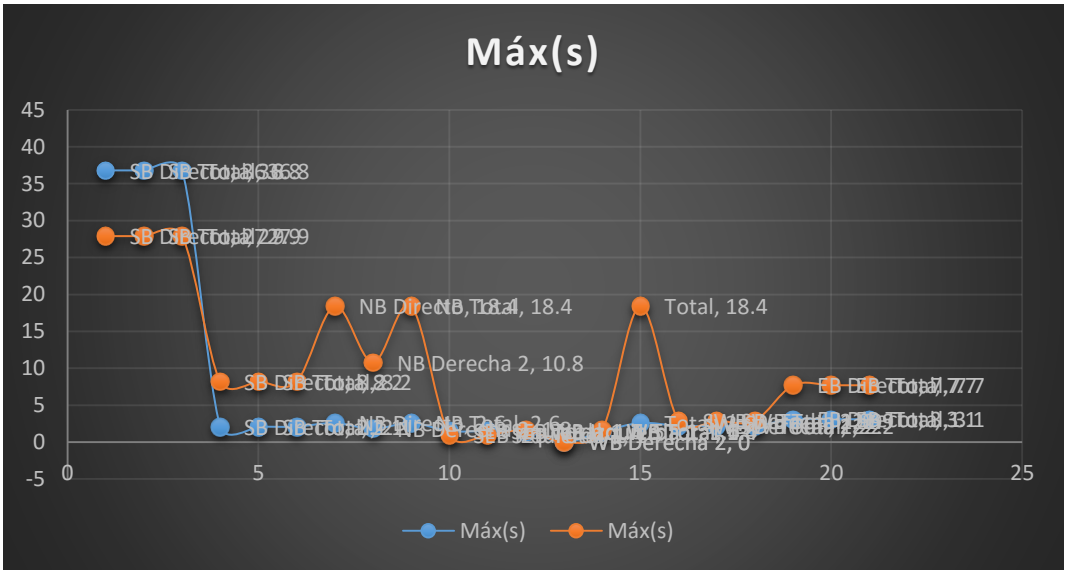


Tabla 6.65 Comparación en la Demora
Fuente Vissim

			Volumen Vehicular			
			Actual	Futuro	Actual	Futuro
Intersección	Acceso	Movimiento	Demora(s)		Volumen	
Interseccion_1	SB	Directo	3,9	3	836	902
		Total	3,9	3	836	902
	Total		3,9	3	836	902
Interseccion_2	SB	Directo	0,3	0,7	688	864
		Total	0,3	0,7	688	864
	Total		0,3	0,7	688	864
Interseccion_3	NB	Directo	0,2	1,4	669	1283
		Derecha 2	0,2	2,4	375	694
		Total	0,2	1,8	1044	1977
	SEB	Izquierda 1	0,1	0,1	192	206
		Total	0,1	0,1	192	206
	WB	Izquierda 1	0	0,1	85	208
		Derecha 2	0	0	5	8
		Total	0	0,1	90	216

	Total		0,2	1,5	1326	2399
Interseccion_4	SWB	Derecha 1	0,1	0,2	91	222
		Total	0,1	0,2	91	222
	Total		0,1	0,2	91	222
Interseccion_5	EB	Directo	0,3	1,3	558	883
		Total	0,3	1,3	558	883
	Total		0,3	1,3	558	883
TOTAL RED			1,1	1,5	3499	5270

			Volumen Vehicular			
			Actual	Futuro	Actual	Futuro
			NS		Promedio(s)	
Intersección	Acceso	Movimiento				
Interseccion_1	SB	Directo			3,9	3
		Total			3,9	3
	Total		A	A	3,9	3
Interseccion_2	SB	Directo			0,3	0,7
		Total			0,3	0,7
	Total		A	A	0,3	0,7
Interseccion_3	NB	Directo			0,2	1,4
		Derecha 2			0,2	2,4
		Total			0,2	1,8
	SEB	Izquierda 1			0,1	0,1
		Total			0,1	0,1
	WB	Izquierda 1			0	0,1
		Derecha 2			0	0
		Total			0	0,1
	Total		A	A	0,1	1,5
Interseccion_4	SWB	Derecha 1			0,1	0,2
		Total			0,1	0,2
	Total		A	A	0,1	0,2
Interseccion_5	EB	Directo			0,3	1,3
		Total			0,3	1,3
	Total		A	A	0,3	1,3
TOTAL RED			A	A	1,1	1,5

			Volumen Vehicular			
			Actual	Futuro	Actual	Futuro
			Desviación estándar(s)		Mín.(s)	
Intersección	Acceso	Movimiento				

Interseccion_1	SB	Directo	6,4	4,2	0	0
		Total	6,4	4,2	0	0
	Total		6,4	4,2	0	0
Interseccion_2	SB	Directo	0,5	0,9	0	0
		Total	0,5	0,9	0	0
	Total		0,5	0,9	0	0
Interseccion_3	NB	Directo	0,4	2	0	0
		Derecha 2	0,4	2,7	0	0
		Total	0,4	2,3	0	0
	SEB	Izquierda 1	0,2	0,2	0	0
		Total	0,2	0,2	0	0
	WB	Izquierda 1	0,2	0,3	0	0
		Derecha 2	0	0	0	0
		Total	0,2	0,3	0	0
	Total		0,4	2,2	0	0
Interseccion_4	SWB	Derecha 1	0,3	0,5	0	0
		Total	0,3	0,5	0	0
	Total		0,3	0,5	0	0
Interseccion_5	EB	Directo	0,5	1,4	0	0
		Total	0,5	1,4	0	0
	Total		0,5	1,4	0	0
TOTAL RED			3,5	2,5	0	0

			Volumen Vehicular	
			Actual	Futuro
Intersección	Acceso	Movimiento	Máx.(s)	
Interseccion_1	SB	Directo	36,8	27,9
		Total	36,8	27,9
	Total		36,8	27,9
Interseccion_2	SB	Directo	2,1	8,2
		Total	2,1	8,2
	Total		2,1	8,2
Interseccion_3	NB	Directo	2,6	18,4
		Derecha 2	1,8	10,8
		Total	2,6	18,4
	SEB	Izquierda 1	1,5	1
		Total	1,5	1
	WB	Izquierda 1	1,4	1,6
		Derecha 2	0	0
		Total	1,4	1,6

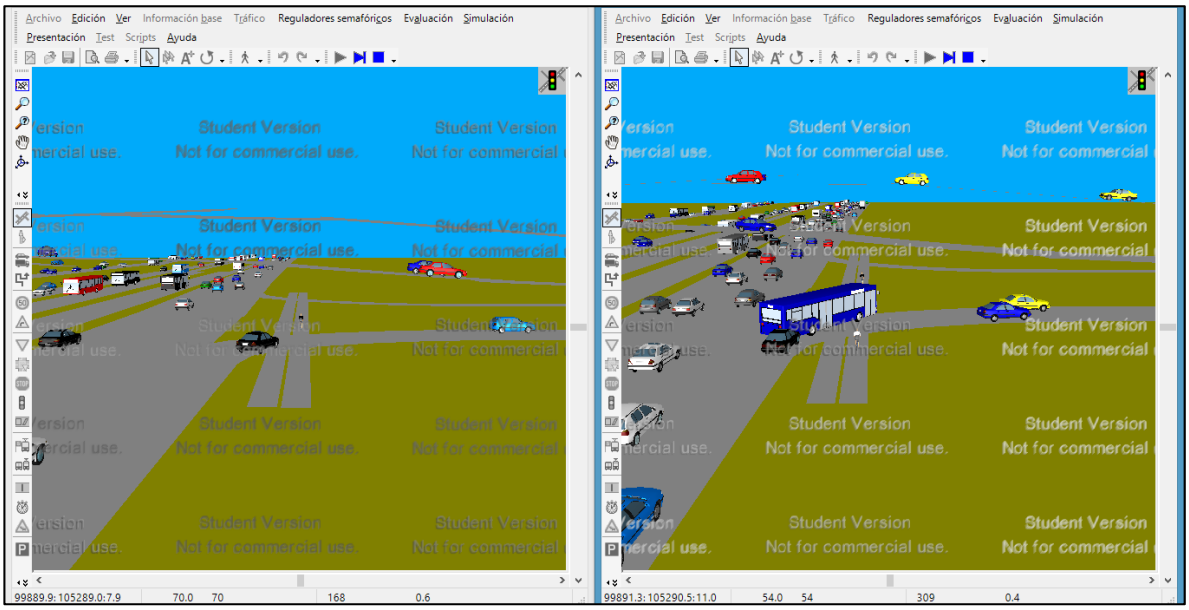
Total			**2,6**	**18,4**
Interseccion_4	**SWB**	**Derecha 1**	**2,2**	**2,9**
		Total	**2,2**	**2,9**
	Total		**2,2**	**2,9**
Interseccion_5	**EB**	**Directo**	**3,1**	**7,7**
		Total	**3,1**	**7,7**
	Total		**3,1**	**7,7**
TOTAL RED			**36,8**	**27,9**

6.14.3 Longitud De Cola

Aunque haya mejoramientos significativos en las especificaciones técnicas de la intersección se debe tener en cuenta que hay factores que no se pueden mejorar si no se hace una acompañamiento de cultura ciudadana, es decir el tema de acompañamiento al usuario es indispensable para la buena operación de los espacios de movilidad, Se ha reiterado esta problemática una y otra vez porque en gran medida la buena funcionalidad de la intersección dependerá única y exclusivamente de sus usuarios al igual que en otros espacios.

Se hace alusión a esta problemática debido a que se encontraron resultados no óptimos para los volúmenes futuros en el diseño futuro y esto se debe al posible entrecruzamiento desde el carril externo de una vía de tres carriles (NQS proveniente del acceso Norte) para tomar la salida hacia el oriente con un carril de desaceleración (Cll 53b) ver Ilustración 6.13, este tipo de decisiones altera de forma exponencial el mal funcionamiento de la intersección, cabe aclarar que en la actualidad no se presenta esta problemática ya que las condiciones son diferentes, longitudes entre 10 – 20 metros son las que posiblemente se pueden generar en el peor de los escenarios en los que las decisiones son indiscutiblemente de los usuarios apoyados con las adecuadas señalizaciones horizontales y verticales para visualizar las posibles colas que se generarían en las condiciones del proyecto a 20 años.

Ilustración 6.13. Evidente aumento del parque automotor sin presencia de longitud de colas
Fuente: Vissim



Las condiciones del tránsito a futuro no presentan grandes cambios con referencia al volumen actual, en el caso del carril de divergencia en que se presenta un incremento leve de 28 metros en el acceso Norte NQS hacia la calle 53b es manejable y la intersección no pierde funcionalidad en ese punto ver Ilustración 6.14 e Ilustración 6.15.

Ilustración 6.14. Datos comparativos Longitud de cola Condición Diseño.
Fuente: Propia

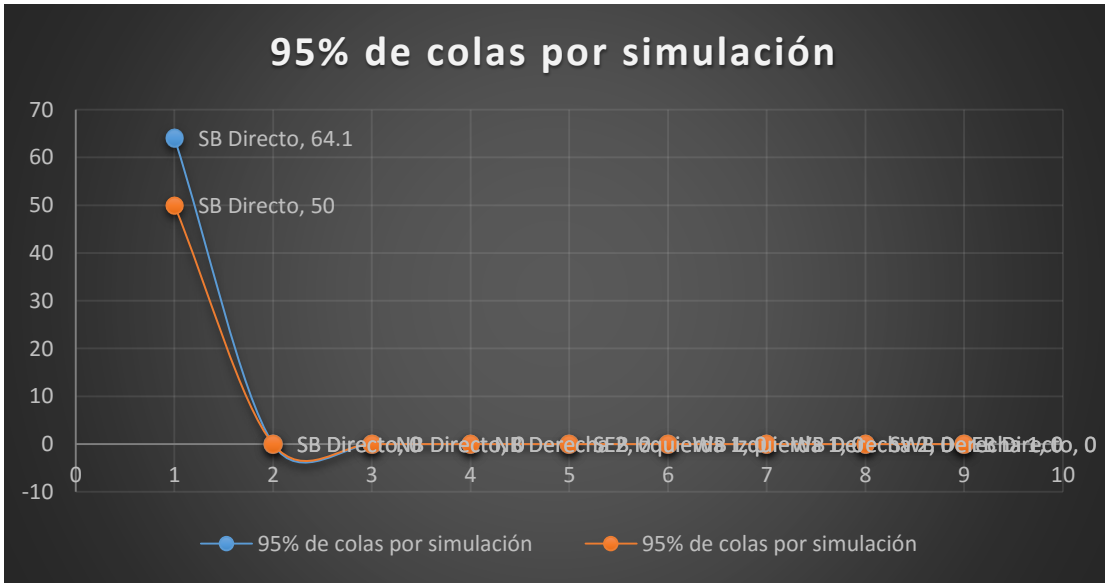


Ilustración 6.15. Datos comparativos Longitud de cola máxima Condición Diseño.
Fuente Propia

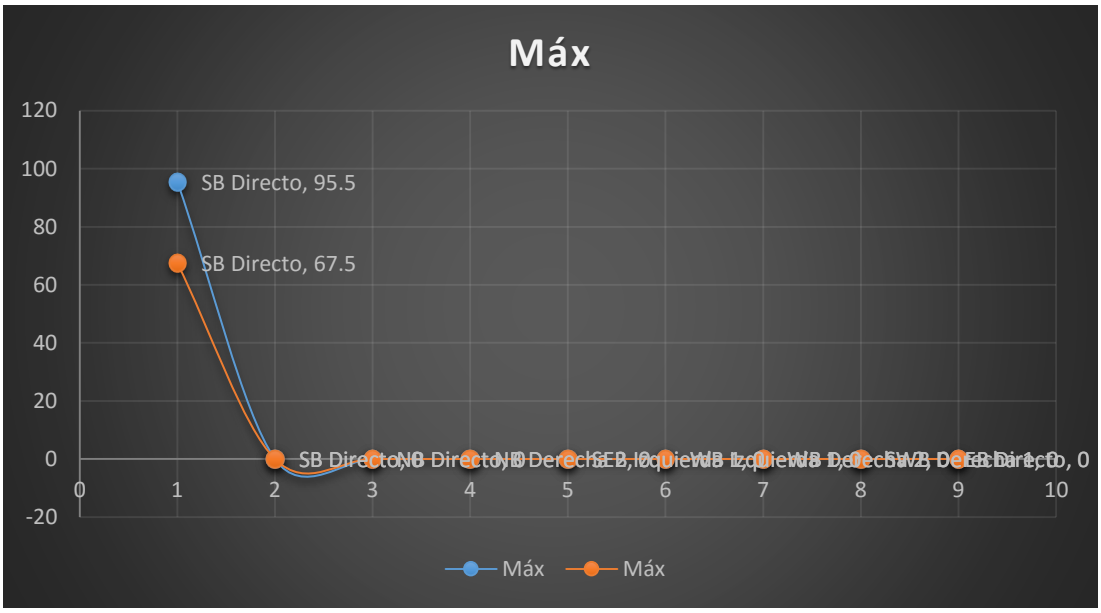


Tabla 6.66 Comparación Longitud de cola
Fuente Vissim

			Volumen Vehicular			
			Actual	Futuro	Actual	Futuro
Intersección	Aproximación	Movimiento	Longitud		Máx.	
Interseccion_1	SB	Directo	64,1	50	95,5	67,5
Interseccion_2	SB	Directo	0	0	0	0
Interseccion_3	NB	Directo	0	0	0	0
		Derecha 2	0	0	0	0
	SEB	Izquierda 1	0	0	0	0
	WB	Izquierda 1	0	0	0	0
		Derecha 2	0	0	0	0
Interseccion_4	SWB	Derecha 2	0	0	0	0
Interseccion_5	EB	Directo	0	0	0	0

			Volumen Vehicular			
			Actual	Futuro	Actual	Futuro
Intersección	Aproximación	Movimiento	95%		Media	

Interseccion_1	**SB**	**Directo**	**64,1**	**50**	**0**	**0**
Interseccion_2	**SB**	**Directo**	**0**	**0**	**0**	**0**
Interseccion_3	**NB**	**Directo**	**0**	**0**	**0**	**0**
		Derecha 2	**0**	**0**	**0**	**0**
	SEB	**Izquierda 1**	**0**	**0**	**0**	**0**
	WB	**Izquierda 1**	**0**	**0**	**0**	**0**
		Derecha 2	**0**	**0**	**0**	**0**
Interseccion_4	**SWB**	**Derecha 2**	**0**	**0**	**0**	**0**
Interseccion_5	**EB**	**Directo**	**0**	**0**	**0**	**0**

			Volumen Vehicular			
			Actual	**Futuro**	**Actual**	**Futuro**
Intersección	**Aproximación**	**Movimiento**	**Promedio**		**Desviación estándar**	
Interseccion_1	**SB**	**Directo**	**14,9**	**6,5**	**23**	**15,7**
Interseccion_2	**SB**	**Directo**	**0**	**0**	**0**	**0**
Interseccion_3	**NB**	**Directo**	**0**	**0**	**0**	**0**
		Derecha 2	**0**	**0**	**0**	**0**
	SEB	**Izquierda 1**	**0**	**0**	**0**	**0**
	WB	**Izquierda 1**	**0**	**0**	**0**	**0**
		Derecha 2	**0**	**0**	**0**	**0**
Interseccion_4	**SWB**	**Derecha 2**	**0**	**0**	**0**	**0**
Interseccion_5	**EB**	**Directo**	**0**	**0**	**0**	**0**

6.15Diseño geométrico

El diseño geométrico definido en este documento cuenta con tres ejes unidireccionales correspondientes al eje Cra 30 hacia el sur, Cll 53B Bis a Cra 30 hacia el sur y Cra 30 a Cll 53B Bis al oriente, teniendo un ancho de calzada de 3.22m, 3.5m y 3.5m respectivamente. Los planos del diseño horizontal, diseño vertical y secciones transversales se encuentran en el ANEXO 5. Planos.

6.15.1 Alineamiento horizontal.

En la Tabla 6.67, Tabla 6.68 y Tabla 6.69 se muestran los parámetros mínimos exigidos por el INVIAS para el diseño horizontal de cada una de las curvas de los diferentes ejes con una velocidad de diseño de 50Km/h.

Tabla 6.67. Parámetros alineamiento horizontal eje Cra 30 al sur.
Fuente: Elaboración propia.

Curva 1	**Exigido INVIAS**	**Diseño**
Delta	N/A	2°33'43"
Radio (m)	5500.000	5500.000
Le Mínima (m)	N/A	N/A
Le Máxima (m)	N/A	N/A
Lc Mínima (m)	27.780	245.935
A Recomendado (m)	N/A	N/A
Curva 2		
Delta	N/A	6°01'14"
Radio (m)	87.000	175.191
Le Mínima (m)	35.065	36.818
Le Máxima (m)	211.981	36.818
Lc Mínima (m)	N/A	N/A
A Recomendado (m)	78.378	80.313
Curva 3		
Delta	N/A	6°01'14"
Radio (m)	87.000	146.499
Le Mínima (m)	38.571	39.000
Le Máxima (m)	177.264	39.000
Lc Mínima (m)	N/A	N/A
A Recomendado (m)	75.171	75.587
Curva 4		
Delta	N/A	3°06'28"
Radio (m)	5500.000	2000.000
Le Mínima (m)	N/A	N/A
Le Máxima (m)	N/A	N/A
Lc Mínima (m)	27.780	108.478
A Recomendado (m)	N/A	N/A

Tabla 6.68. Parámetros alineamiento Horizontal Eje Cll 53B Bis a Cra 30 al sur. Fuente: Elaboración propia.

Curva 1	Exigido INVIAS	Diseño
Delta	N/A	51°12'59"
Radio (m)	86.000	100.000
Le Mínima (m)	34.545	45.000
Le Máxima (m)	121.000	45.000
Lc Mínima (m)	27.780	44.389
A Recomendado (m)	58.775	67.082
Curva 2		
Delta	N/A	91°32'02"
Radio (m)	86.000	86.000
Le Mínima (m)	36.364	50.000
Le Máxima (m)	104.060	50.000
Lc Mínima (m)	27.780	87.390
A Recomendado (m)	55.922	65.574

Tabla 6.69. Parámetros alineamiento Horizontal Cra 30 a Cll 53B Bis al oriente. Fuente: Elaboración propia.

Curva 1	Exigido INVIAS	Diseño
Delta	N/A	90°44'54"
Radio (m)	86.000	100.000
Le Mínima (m)	34.545	45.000
Le Máxima (m)	121.000	45.000
Lc Mínima (m)	27.780	113.385
A Recomendado (m)	58.775	67.082
Curva 2		
Delta	N/A	46°08'30"
Radio (m)	86.000	100.000
Le Mínima (m)	34.545	45.000
Le Máxima (m)	121.000	45.000
Lc Mínima (m)	27.780	35.532
A Recomendado (m)	58.775	67.082

En la Figura 6.19 se puede observar la intersección con todos los ejes que la componen.

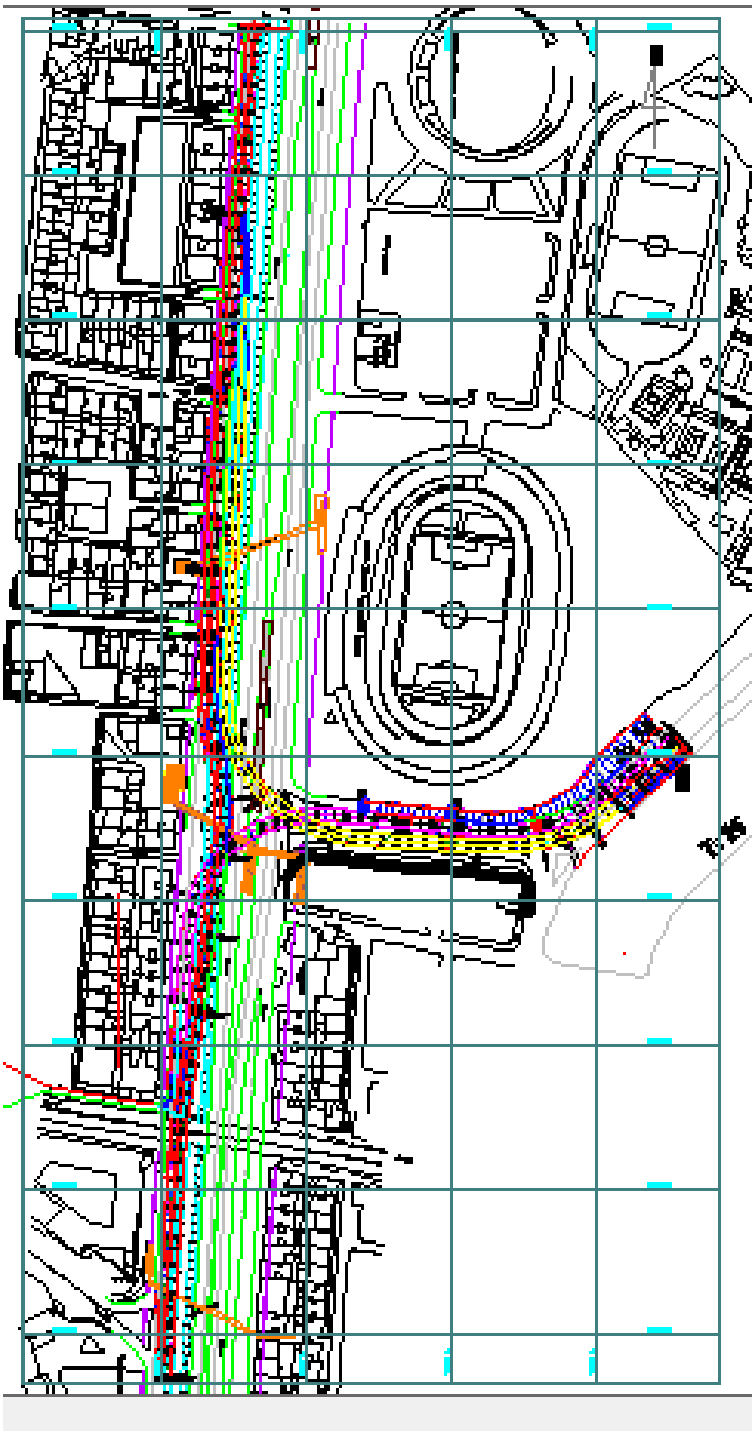


Figura 6.19. Diseño en planta de la intersección.
Fuente: Elaboración propia.

6.15.2 Alineamiento vertical

En la Tabla 6.70, Tabla 6.71 y Tabla 6.72 se muestran los parámetros mínimos exigidos por el INVIAS para el diseño vertical para cada una de las curvas verticales de los diferentes ejes con una velocidad de diseño de 50Km/h.

Tabla 6.70. Parámetros alineamiento Vertical Eje Cra 30 al sur.
Fuente: Elaboración propia.

Curva 1	
ELEMENTO	**Exigido INVIAS**
DISTANC. DE PARADA	65.000
m	0.650%
n	0.020%
DIFER.PENDIENTES	0.630
SEGURIDAD DP > LV	N/A
SEGURIDAD DP < LV	N/A
OPERACIÓN	N/A
DRENAJE (LV Máxima)	N/A
K min	N/A
K	N/A
Lv escogida	N/A
Curva 2	
DISTANC. DE PARADA	65.000
m	0.020%
n	-0.230%
DIFER.PENDIENTES	0.250
SEGURIDAD DP > LV	N/A
SEGURIDAD DP < LV	N/A
OPERACIÓN	N/A
DRENAJE (LV Máxima)	N/A
K min	N/A
K	N/A
Lv escogida	N/A
Curva 3	
DISTANC. DE	65.000

PARADA	
m	-0.230%
n	2.910%
DIFER.PENDIENTES	3.140
SEGURIDAD DP > LV	19.331
SEGURIDAD DP < LV	38.177
OPERACIÓN	30.000
DRENAJE (LV Máxima)	-157.000
K min	13.000
K	6.369
Lv escogida	40.000
Curva 4	
DISTANC. DE PARADA	65.000
m	2.910%
n	-2.410%
DIFER.PENDIENTES	5.320
SEGURIDAD DP > LV	-53.647
SEGURIDAD DP < LV	23.006
OPERACIÓN	30.000
DRENAJE (LV Máxima)	266.000
K min	7.000
K	-7.519
Lv escogida	80.000
Curva 5	
DISTANC. DE PARADA	65.000
m	-2.410%
n	0.620%
DIFER.PENDIENTES	5.320
SEGURIDAD DP > LV	-53.647
SEGURIDAD DP < LV	23.006
OPERACIÓN	30.000
DRENAJE (LV Máxima)	266.000
K min	7.000
K	-7.519

Lv escogida	30.000

Tabla 6.71. Parámetros alineamiento Vertical Eje Cll 53B Bis a Cra 30 al sur. Fuente: Elaboración propia.

Curva 1	
ELEMENTO	**Exigido INVIAS**
DISTANC. DE PARADA	65.000
m	-0.250%
n	6.290%
DIFER.PENDIENTES	6.54
SEGURIDAD DP > LV	76.86544343
SEGURIDAD DP < LV	79.51510791
OPERACIÓN	30
DRENAJE (LV Máxima)	-327
K min	13
K	12.2324159
Lv escogida	100.000
Curva 2	
DISTANC. DE PARADA	65.000
m	6.290%
n	7.990%
DIFER.PENDIENTES	14.28
SEGURIDAD DP > LV	61.58263305
SEGURIDAD DP < LV	61.75332651
OPERACIÓN	30
DRENAJE (LV Máxima)	714
K min	7
K	5.602240896
Lv escogida	100.000
Curva 3	
DISTANC. DE PARADA	65.000
m	7.990%
n	0.010%
DIFER.PENDIENTES	8

SEGURIDAD DP > LV	86.5625
SEGURIDAD DP < LV	97.26618705
OPERACIÓN	30
DRENAJE (LV Máxima)	-400
K min	13
K	12.5
Lv escogida	100.000

Tabla 6.72. Parámetros alineamiento Vertical Eje Cra 30 a Cll 53B Bis al oriente. Fuente: Elaboración propia.

Curva 1	
ELEMENTO	**Exigido INVIAS**
DISTANC. DE PARADA	65.000
m	0.200%
n	7.220%
DIFER.PENDIENTES	7.020
SEGURIDAD DP > LV	80.499
SEGURIDAD DP < LV	85.351
OPERACIÓN	30.000
DRENAJE (LV Máxima)	-351.000
K min	13.000
K	14.245
Lv escogida	100.000
Curva 2	
DISTANC. DE PARADA	65.000
m	7.220%
n	-8.000%
DIFER.PENDIENTES	15.220
SEGURIDAD DP > LV	65.808
SEGURIDAD DP < LV	65.818
OPERACIÓN	30.000
DRENAJE (LV Máxima)	761.000
K min	7.000

K	5.256
Lv escogida	100.000
Curva 3	
DISTANC. DE PARADA	65.000
m	-8.000%
n	0.130%
DIFER.PENDIENTES	8.130
SEGURIDAD DP > LV	87.257
SEGURIDAD DP < LV	98.847
OPERACIÓN	30.000
DRENAJE (LV Máxima)	-406.500
K min	13.000
K	12.300
Lv escogida	100.000

En la Figura 6.20 se puede observar un perfil del diseño vertical de uno de los ejes pertenecientes a la intersección.

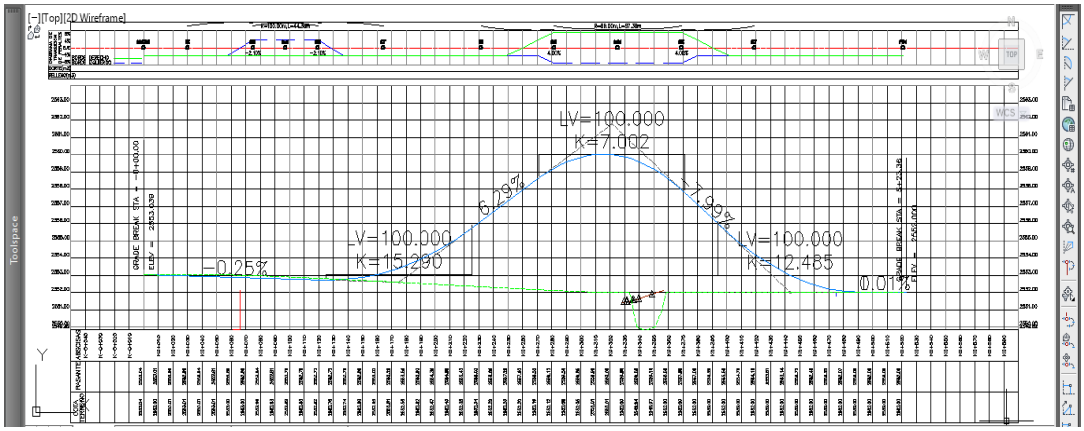


Figura 6.20. Diseño vertical Eje Cll 53B a Cra 30 al sur.
Fuente: Elaboración propia.

6.15.3 Peraltes.

De acuerdo a los radio de las curvas se define un peralte específico para cada una de estas, basándose en la Tabla 4.11, posteriormente se procede a calcular la longitud de

aplanamiento N para hallar los puntos de geometría A, B, C y D para poder determinar el peralte en cada una de las abscisas de los alineamientos. El resultado de esto se puede evidenciar en la Tabla 6.73, Tabla 6.74 y Tabla 6.75. En la Figura 6.21 se muestra el resultado del cálculo de peraltes de una de las curvas del presente trabajo.

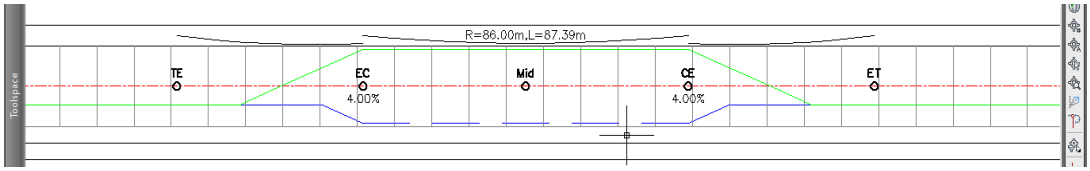


Figura 6.21. Diagrama de peraltes eje Cra 30 al sur.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.73. Peraltes alineamiento Cll 53B Bis a Cra 30 al sur.
Fuente: Propia

Abscisa	Peralte Izq.	Peralte Der.
0+000.000m	-2.00%	-2.00%
0+401.514m	-2.00%	-2.00%
0+423.377m	-2.00%	0.00%
0+445.240m	-2.00%	2.00%
0+460.195m	-3.36%	3.36%
0+475.150m	-2.00%	2.00%
0+497.014m	0.00%	0.00%
0+517.576m	2.00%	-2.00%
0+536.014m	3.58%	-3.58%
0+554.451m	2.00%	-2.00%
0+575.014m	0.00%	-2.00%
0+595.577m	-2.00%	-2.00%
0+953.940m	-2.00%	-2.00%

Tabla 6.74 Peraltes alineamiento Cra 30 a Cll 53B Bis al oriente.
Fuente: Propia

Abscisa	Peralte Izq.	Peralte Der.
0+000.000m	-2.00%	-2.00%
0+224.899m	-2.00%	-2.00%
0+247.858m	-2.00%	0.00%
0+270.817m	-2.00%	2.00%

0+292.858m	-3.92%	3.92%
0+406.244m	-3.92%	3.92%
0+428.285m	-2.00%	1.95%
0+451.244m	-2.00%	-0.03%
0+474.203m	-2.00%	-2.00%
0+486.514m	-2.00%	-2.00%
0+509.473m	-2.00%	0.00%
0+532.432m	-2.00%	2.00%
0+554.473m	-3.92%	3.92%
0+583.727m	-3.92%	3.92%
0+605.768m	-2.00%	2.00%
0+628.727m	-2.00%	0.00%
0+651.686m	-2.00%	-2.00%
0+692.918m	-2.00%	-2.00%

Tabla 6.75 Peraltes alineamiento Cll 30 al sur.
Fuente: Propia

Abscisa	Peralte Izq.	Peralte Der.
0+000.000m	-2.00%	-2.00%
0+401.514m	-2.00%	-2.00%
0+423.377m	-2.00%	0.00%
0+445.240m	-2.00%	2.00%
0+460.195m	-3.36%	3.36%
0+475.150m	-2.00%	2.00%
0+497.014m	0.00%	0.00%
0+517.576m	2.00%	-2.00%
0+536.014m	3.58%	-3.58%
0+554.451m	2.00%	-2.00%
0+575.014m	0.00%	-2.00%
0+595.577m	-2.00%	-2.00%
0+953.940m	-2.00%	-2.00%

6.15.1 Secciones transversales

Las secciones transversales de todos los alineamientos se pueden evidenciar en el Anexo 5. Planos

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 Volúmenes vehiculares.

Las estimaciones obtenidas para determinar el volumen vehicular horario de tráfico y su composición, se han basado en una muestra de conteos de tráfico de un día (miércoles), con el fin de obtener información de un día entre semana con condiciones normales y por periodo de una hora, la cual según la estación maestra estudiada corresponde a la hora de máxima demanda del corredor principal (NQS) en todos los movimientos presentados en la intersección. Estos valores seguramente pueden variar con una muestra estadística más amplia. El volumen vehicular a lo largo de toda la intersección y cada uno de los accesos se distribuye de manera homogénea debido a que los factores de horas pico en su mayoría están cercanos a 1.

De acuerdo a la información recolectada en las intersecciones desde las 7:00 am a las 8:00 am, se observa que la intersección de la carrera 30 con calle 57 posee mayor flujo vehicular con un volumen total de 16768 vehículos mientras que en la calle 53b bis que más adelante se convierte en la transversal 28 fue de 2523 vehículos, y por último la intersección de la carrera 30 con calle 63 fue de 1404; esto dado porque la carrera 30 una de las vías principales de la ciudad

Con esto se pudo observar que la carrera 30 presenta altos valores con referencia a las vías que la intersectan, es por ello que se presentan grandes congestiones en las horas pico del día en sus dos sentidos, mientras que en la calle 53 b bis las colas son consecuencia del semáforo que allí existe actualmente.

De acuerdo con el análisis realizado a la intersección de la Carrera 30 - Calle 53 B bis, para las condiciones actuales de tráfico vehicular y las condiciones de vía urbana,

encontramos por las velocidades alcanzadas colas y volúmenes vehicular que la intersección presenta un nivel de servicio C. Durante la hora que se realizó el aforo, se obtuvo un volumen máximo por hora total de 16768 vehículos desde las 7:00 a las 8:00 que ingresaron a la intersección, siendo importante resaltar que se presenta un bajo tránsito de vehículos pesados siendo mayor el tránsito de automóviles con 53.7%. Aunque tan solo un pequeño porcentaje corresponde a vehículos pesados, se observa en algunos accesos el represamiento vehicular por los giros que debían realizar los vehículos pesados.

7.2 Velocidades.

La toma de velocidades se realizó únicamente a la carrera 30 de norte a sur y a la calle 53b bis, ya que estas son las calzadas que se van a intervenir

Con respecto a las velocidades de operación y diseño, obtenidas por medio de los esquemas generados, se puede analizar que en este caso, realizando un chequeo por dispersión, los resultados van a estar más cercanos y no son tan diferentes debido a la similitud de los datos tomados en campo, pero por otro lado, cuando se analiza con la totalidad de datos de la muestra se reflejan valores más dispersos y arroja unas diferencias entre las velocidades de diseño y operación significativas que para este caso no deberían estar tan alejadas debido a que en la zona de estudio, se tomaron datos de vehículos con velocidades similares. Es decir que el proceso de chequeo por dispersión, ayuda ignorar valores que posiblemente puedan influir erróneamente en los resultados, siendo valores atípicos que no se deberían tener en cuenta en el proceso de análisis. Sin embargo en este caso, como los valores arrojados por el chequeo por dispersión, son tan homogéneos y no tienen mayor diferencia, no fue posible obtener una velocidad mínima de operación debido

a que el porcentaje mínimo relativo de la frecuencia de datos está por encima del 15%. Ver Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Comparación entre velocidades arrojadas en estudio realizado en la calle 53b bis, datos con y sin chequeo por dispersión.
Fuente: Elaboración propia.

Percentil	***Valor (km/h) sin dispersión***	***valor (km/h) con dispersión***	***velocidad***
15%	37	-	Velocidad mínima operación
50%	45	48	Velocidad media operación
85%	55	51	Velocidad máxima operación
98%	77	52	Velocidad de Diseño

Comparando las velocidades medias, de operación y diseño entre el estudio realizado en la calle 53 b bis se puede observar que las velocidades en la carrera 30 son un poco más elevadas pero en general la velocidad promedio que presenta el tránsito por estos dos tramos de vía son muy similares debido a esto las velocidades de operación y diseño están casi por el mismo orden. Sin embargo cabo resaltar que el nivel de servicio de la carrera 30 no es lo suficiente mente bueno como para prestar un a velocidad a flujo libre como debería por ser una vía arterial principal si no por lo contrario debido a los altos volúmenes vehiculares se presentan colas y congestiones que reducen las velocidades de operación en dicho corredor.

7.3 Modelamiento.

Con la utilización del software Vissim y el modelamiento que se realizó, se obtuvieron resultados como los del nivel de servicio de cada una de las intersecciones que intervienen en la red. La primera intersección, ubicada en la carrera 30 con calle 53 b bis, debido a que no tiene ninguna señalización de control de tránsito si no al contrario la señal de pare se encuentra sobre la cicloruta para darle prelación a los vehículos que va a ingresar o salir de

la avenida NQS y también a los volúmenes vehiculares que realizan esta maniobra que son relativamente bajos, esta intersección tiene un nivel de servicio A que garantiza un buen flujo en cada una de estas maniobras. Cabe resaltar que los vehículos que se dirigen a coger la 30 hacia el norte por la calle 53 b bis son extremadamente pocos ya que el tramo subyacente a este ramal viene de ser la misma tv 28 y a su vez esta viene de la carrera 24 hacia el sur y los vehículos que transitan por allí desvían hacia el oriente para poder seguir su trayectoria hacia el sur.

Por otro lado se tiene la intersección con dispositivo de regulación de transito: semáforo de la calle 53 b bis con transversal 28. En este confluyen muchos más vehículos ya que por allí van todos los vehículos que se dirigen por la 30 en sentido sur norte y por la transversal 28 en sentido norte sur que pretenden coger la avenida calle 53 hacia el occidente. Es por ello que esta intersección de la red ha arrojado un nivel de servicio C que en ocasiones tiene algunos inconvenientes de colas muy largas debido al alto volumen que realiza estas maniobras generando congestiones cerca al semáforo.

Para la intersección de la CR 30 – Cll 53B, se evidencia la demora máxima hacia el oriente giro a la derecha (movimiento 9(2)) con un tiempo de 26 sg, posiblemente por el tránsito peatonal y de la ciclovía que atraviesa el giro desde el pompeyano que se encuentra ubicado en esa zona, otro factor determinante es el entrecruzamiento que se genera por el carril rápido de la CR 30 para tomar la salida hacia la Cll 53B; mientras que en la intersección de la TV 28 – Cll 53B el tiempo máximo de demora es de 73.6 sg sobre el movimiento 8 , debido a la prelación que tiene el acceso occidental ya que el volumen es mucho mayor al que proviene del acceso oriental, esa prelación se expresa en el tiempo semafórico que hay en la intersección y que implementa un tiempo de 47 segundos en

verde para despejar el acceso oriental de un ciclo semafórico de 120 segundos sobre la intersección.

La velocidad media en horario pico según los resultados de la modelación es de 43.8 Km/h sobre la intersección entre la CR 30 y la TV 28 – Cll 53B, demostrando que es substancial la demora que se ocasiona en este periodo del día sobre la intersección, dado que en comparación a la velocidad promedio hallada en horario valle es de 45 Km/h. Siendo un diferencia de tan solo 1.2 Km/h esto quiere decir que en la actualidad el servicio en la intersección no se ve afectada drásticamente por el factor de velocidad casi manteniendo el mismo nivel de servicio en ambos horarios.

7.4 Diseño geométrico

7.4.1 Diseño horizontal.

7.4.1.1 Eje cra 30 al sur.

Teniendo en cuenta los estudios de transito la geometría de los carriles de la Cra 30 al sur tendrán las mismas dimensiones. Para este eje fue necesario diseñar una curva circular simple ya que el Angulo de deflexión es inferior a 6 grados, un empalme en "S" que lo componen dos curvas Espiral-Espiral y una curva circular simple, esta última no cumple con el radio mínimo exigido por el INVIAS (ver Tabla 4.2) como se muestra en la Tabla 6.67.

En la salida del movimiento 8 se evidencia un entrecruzamiento con el movimiento 1, que cuenta con una longitud de 49.24m, incumpliendo con la distancia mínima de entrecruzamientos exigida por el INVIAS que equivale a 75m para un flujo vehicular de 296 Veh/h (ver Tabla 4.1), pero debido a las condiciones de la zona es imposible aumentarla sin causar daños a todas las construcciones adyacentes. Los planos y carteras de

campo se pueden evidenciar en el Anexo 5.1 Planos Planta Perfil Eje 1 y Anexo 4. Carteras de diseño respectivamente.

7.4.1.2 Eje cra 30 a cll 53B bis.

De acuerdo a los parámetros exigidos por el INVIAS (ver Tabla 4.14) se definieron las parámetros de los anchos de calzada, para este eje fue necesario diseñar dos carriles a aceleración tipo paralelo con una longitud de 45m, que tienen la función de incorporar los dos nuevos carriles de la intersección a desnivel, estos carriles fueron diseñados sobre el rio Arzobispo para no causar afectaciones sobre los predios aledaños. También se definió que esta nueva calzada drenara a un agua hacia el rio Arzobispo para no causar mayores afectaciones a las calzadas existentes. Los criterios de diseño y las geometrías utilizadas para el diseño horizontal de este eje se pueden evidenciar en la Tabla 6.69. Los planos y carteras de campo se pueden evidenciar en el Anexo 5.3 Planos Planta Perfil Eje 2 y Anexo 4. Carteras de diseño respectivamente.

7.4.1.3 Eje cll 53B bis a cra 30 al sur.

Para este eje se tomaron los mismos anchos de calzada que en el Eje Cra30 a Cll 53B Bis, cuenta con dos carriles de incorporación de tipo paralelo que serán diseñados sobre la isleta divisoria existente para no tener afectaciones en los espacios públicos del sector, los criterios de diseño y parámetros exigidos por el INVIAS se pueden observar en la Tabla 6.68. Los planos y carteras de campo se pueden evidenciar en el Anexo 5.5 Planos Planta Perfil Eje 3 y Anexo 4. Carteras de diseño respectivamente.

7.4.2 Diseño vertical.

Los criterios del diseño vertical de los ejes que componen la intersección se pueden observar en la Tabla 6.70, Tabla 6.71 y Tabla 6.72 donde se evidencia que todas las geometrías están en concordancia con los parámetros exigidos por el INVIAS. Las carteras

de campo y planos se pueden evidenciar en el Anexo 4. Carteras de diseño y Anexo 5. Planos respectivamente.

7.4.3 Peraltes.

Los peraltes de todos los alineamientos fueron definidos y calculados de acuerdo a la Tabla 4.11, estos se pueden evidenciar en el ANEXO 4. Carteras de Diseño.

7.4.4 Secciones transversales

En las secciones transversales se puede evidenciar que en el movimiento que va de la Cll 53B Bis a la Cra 30 en el momento de intersectarse con la Cra 30 presenta una sección transversal no típica, esto se debe a que para satisfacer el movimiento 9(1) fue necesario realizar el empalme de dos curvas verticales, dando como resultado secciones con un bombeo en esta parte de un máximo del 3.01%, las secciones transversales de todos los alineamiento se pueden evidenciar en el Anexo 5. Planos

7.5 Señalización

Por ser una intersección a desnivel, esta intersección en su mayoría cuenta con señalización horizontal, mostrando las direcciones de cada carril y en general ninguna señalización peatonal ni horizontal ni vertical.

Para la señalización vertical, esta intersección muestra un ceda el paso sobre la carrera 30, que le da prioridad a los vehículos que vienen por la salida de la Y que comunica la calle 53b con la carrera 30 al sur. También muestra las direcciones que posee cada carril del nuevo diseño, para que los conductores estén informados y sepan qué dirección tomar en presencia de esta nueva solución.

8. CONCLUSIONES

Es fundamental la planeación, organización y ejecución tanto antes, durante y después de realizar el aforo, tener claro el esquema base de giros presentados en la intersección para la asignación correspondiente de tareas, ya que para la labor de recolección de datos en campo, que como en este caso son continuos, hay que estar permanentemente capturando información por lo cual tener planeado cualquier tipo de imprevisto y así evitar pérdida de información para así no trabajar con datos errados.

En la intersección de la Carrera 30 con calle 53 b bis, hay tránsito de ciclistas y peatones en gran medida, es de gran importancia tenerlos en cuenta pues su flujo es constante.

El diseño geométrico de la intersección no permite que vehículos pesados de gran tamaño (>C4) realicen giros sin irrumpir el flujo vehicular normal, en ningún punto de la intersección es posible realizar el giro normal, poniendo en peligro la vida de peatones y ciclistas. Debe realizarse un estudio en el diseño geométrico para evaluar la posibilidad de mejorar los radios.

En una zona de estudio con características como las de la carrera 30 se recomienda realizar un estudio de tiempos de recorrido ya que debido a la gran cantidad de intersecciones samaforizadas aledañas que presenta no es posible obtener resultados confiables realizando mediciones por medio de estudio de velocidad puntual. Con el otro tipo de estudio se podría analizar el comportamiento de los vehículos frente a todas las paradas que tienen que realizar en esta zona y no se tendría que analizar la velocidad solo en un punto en el cual vienen los vehículos de una aceleración y van hacia una desaceleración debido a los ciclos semafóricos.

Cuando halla presencia de dispositivos de control del tránsito, se recomienda registrar los tiempos puntuales de los vehículos aproximadamente cuando todos los semáforos estén dando vía a los vehículos en el sentido en el cual se está realizando el estudio, esto con el fin de tomar las velocidades de punto que presenta el tránsito a flujo libre y no condicionados por dichos dispositivos.

Es recomendable también tomar una muestra amplia para que a la hora de calcular el tamaño mínimo de la muestra, no esté por debajo de la requerida, y sea necesario volver a tomar la información de campo. Y en cuanto el proceso de oficina, es mejor realizar un chequeo por dispersión de los datos tomados en campo para que los datos atípicos no influyan en los resultados finales de las velocidades y produzcan análisis erróneos del estudio realizado.

Es importante destacar que debido a las rutas de buses de transporte público que transitan por la NQS de sur a norte y que paran antes y después de la intersección con la calle 53 b bis, la operación de esta vía arterial principal se ve afectada, reduciendo a si su nivel de servicio.

Debido a los grandes volúmenes vehiculares que transitan sobre la avenida NQS y a las grandes congestiones que se presentan por su bajo nivel de servicio, es propicio recomendar algunas soluciones de diseño que mejoren las condiciones en esta intersección. Debido a que esta avenida es una de las arteriales principales de la ciudad, se deben proponer soluciones que no detengan el flujo del tránsito para permitir a los vehículos realizar movimientos de giro de forma fácil, rápida y que no influya en la velocidad de los autos que van en movimiento directo sobre la avenida.

Los software que actualmente son empleados para simular las condiciones del tránsito no tienen en cuenta el volumen de motocicletas, no poseen dentro de su configuración ni

programación de estos vehículos y debido al alto porcentaje de este tipo de vehículos en la ciudad y en este estudio, se realizó una simulación de estas con una relación de 3:1 en la que 3 motocicletas correspondían a un automóvil. Cabe destacar que las motos tienen comportamientos totalmente diferentes a los autos y que las simulaciones deberían tener en cuenta las motocicletas debido al alto aumento en la presencia de estas.

Es importante que para realizar un buen modelamiento, se realice una visita de campo previa con el fin de determinar aspectos esenciales para un correcto desarrollo como la geometría existente de los corredores e intersecciones, se recomienda realizar una medición previa de anchos de carril y de todos los componentes de la intersección. También es necesario realizar un estudio a los ciclos semafóricos que controlen el tránsito y de la misma forma realizar un inventario de la señalización que halla en la zona para simularla en el modelamiento. Es recomendable que con esta recolección de datos se realice un bosquejo a una escala adecuada en AutoCAD para luego exportarlo hacia el software de modelación de tránsito y obtener mejores resultados con dimensiones reales.

En algunos casos se presentan imprudencias de conductores como no respetar señales de ceda el paso, pare y lapsos de amarillo o todo rojo que se vuelven frecuentes entre la población de conductores debido a las mismas condiciones de tránsito de las zonas. Es importante tener en cuenta estas situaciones ya que podrían aportar a la red datos erróneos y producir malos resultados que incidan en la toma de decisiones y presentación de productos finales.

Finalmente es posible concluir que el diseño geométrico que se planifica en este trabajo para la intersección de la Carrera 30 con calle 53 B con respecto al desempeño en el tránsito vehicular mejorará considerablemente en cuanto al nivel de servicio en los diferentes periodos del día, aumentando el promedio de velocidad de operación en la red

entre 3 – 5 kilómetros/hora, es decir que la intersección mantendrá su velocidad de diseño en 60 kilómetros pero aquellas afectaciones que se derivan de una intersección controlada semafóricamente y aquellos movimientos que no se lograban realizar en las condiciones existentes se verán superados mediante la implementación geométrica descrita en el presente trabajo. Otras afectaciones como las longitudes de cola, demora, y capacidad también se verán mejoradas de forma que la intersección tenga un nivel de servicio A.

Es necesario que se lleven a cabo estudios complementarios a partir de la fecha en la que se proyecta este trabajo con el ámbito de conocer cuáles características deben ser mejoradas y especialmente que todos los tipos de vehículos cuenten con la garantía de mantener un nivel de servicio cómodo, seguro y eficiente para el usuario.

Hay que resaltar que para la hora pico en la intersección no se solucionó el conflicto que se genera por los diferentes tipos de vehículos que toman la divergencia proveniente del acceso Sur (Carrera 30) para tomar la calle 53 B y los peatones y bici conductores que toman la ciclo ruta, para este caso no se logró cambiar la prioridad para los usuarios que utilizan la ciclo ruta y este paso peatonal debido al alto volumen vehicular que toma la divergencia y que al ser restringido su flujo libre se vería afectado todo la carrera 30 bajando su nivel de servicio y generando longitudes de cola que disminuirían la eficiencia y el nivel operación de esta sección. Bajo estas condiciones se recomienda la implementación de un puente peatonal y de ciclo ruta que este ubicado sobre la calle 53 B en el costado oriental, además de implementar actividades y campañas que promuevan la cultura ciudadana para incentivar el uso de este tipo de estructuras seguras para los usuarios no motorizados.

Para la realización del diseño geométrico fue necesario mover el acceso oriental del puente peatonal y trasladarlo 30m hacia el norte cambiando la entrada sur a la estación de

Transmilenio El Campin, esto con el fin de poder manejar los pasos a desnivel de la manera más adecuada sin causar mayores afectaciones a las infraestructuras existentes.

En la intersección de la Cll53B bis con Cra 28 donde actualmente se ubica un semáforo para el paso peatonal se decidió implementar un nuevo puente peatonal en remplazo de este para garantizar que los peatones puedan seguir transitando por esta zona sin poner en riesgo sus vidas.

Tanto en el eje de la Cra 30 a Cll 53B Bis al oriente como en el de la Cll 53B Bis a Cra 30 al sur se hace necesario la implementación de isletas divisorias para orientar el tráfico a los nuevos accesos sin generarle cambios abruptos al conductor, para la implementación de estas primero se deberán ir demarcando los nuevos carriles progresivamente, cuando estos dos carriles estén completando su ancho total se deberá demarcar las isletas con pintura en el suelo y posteriormente cuando se complete el ancho de calzada de los diferentes ejes se deberán demarcar con superficies duras: primero tachas y después bordillos.

Para el diseño del empalme del eje de la Cll 53B Bis con el de la Cra 30 al sur fue necesario ajustar la curva vertical del segundo eje, causándole una variación a la geometría de esta, ya que era la única alternativa para que estas dos empalmaran.

Para la incorporación del eje de la Cra 30 a la Cll 53B Bis fue necesario intervenir 2020.042 m² del parqueadero, ya que por las geometrías de los diseños era la mejor alternativa teniendo en cuenta que no hay ninguna construcción en este, y la compra de la parte del predio sería la más económica de todo el sector. En este mismo predio se ubicara el puente peatonal que reemplazara el dispositivo de control anterior correspondiente a un semáforo.

No se diseñó un eje sobre la Cra 30 sentido Sur-Norte hacia la Cll 53B Bis ya que este movimiento existe en la actualidad y además este cuenta con un carril de desaceleración

para realizar este giro a la derecha, por consiguiente se determinó mantener la curva diseñada sobre el bordillo que cuenta con un Radio de 17m.

En el momento en que se intersecta el movimiento 8 con el 9(1) se observa en las secciones transversales que no se mantiene un bombeo constante, esto se debe a que se intersectan dos curvas verticales convexas, esto se realizó con el fin de igualar las dos rasantes de estos ejes para tener una mayor distancia a la cll 53, ya que el 0.03% de los vehículos que vienen por la Cra 30 quieren realizar este giro a la derecha, y de todas formas no se logró cumplir con la longitud mínima de entrecruzamiento exigida por el INVIAS.

No se realizaron planos y carteras de los ejes complementarios en la intersección ya que se consideró que estos no se intervendrían en la solución a la problemática de movilidad existente en esta.

Para los lugares con un relleno superior a 0.5m se decidió usar un yersy por seguridad de los usuarios, esto se debe a que si se implementara un bordillo típico los conductores en caso de un accidente correrían el riesgo descarrilarse y salirse de la vía, en cambio con el yersy se podrían minimizar las consecuencias de los accidentes de tránsito que pueda presentar los diferentes ejes de esta intersección.

No se realizaron reportes de líneas de chaflanes ya que sobre los ejes de las vías los cortes y rellenos son mínimos, y con respecto a este segundo los puntos donde estos se incrementa es porque empieza un paso a desnivel o en el caso del eje de la Cra 30 al sur se sobrepone al canal existentes, los detalles de estos puntos deberán ser consultados con un especialista en estructuras.

Como conclusión final basada en el estudio de tránsito y en su respectivo análisis de resultados, consideramos que el diseño geométrico planteado en el presente texto cumple satisfactoriamente el objetivo principal de resolver todos los movimientos sobre la

intersección de la Carrera30 con Calle 53b con un nivel de servicio final "A" ver tabla 7-61. Sin embargo optamos por recomendar que no es necesario ejecutar el presente proyecto al término de satisfacer los objetivos que se plantearon inicialmente ya que el análisis de resultados obtenidos en el apartado 7 -10 cumplen en gran medida los alcances del proyecto en cuanto a satisfacer un nivel de servicio mínimo a "D" para un tiempo de inferior a 20 años sobre la intersección y complementado con un estudio adecuado de señalización que garantizaría las rutas que se puedan desarrollarse si la intersección contara con todos los movimientos permitidos, es decir que si se optimiza la sección vial de un kilómetro (1,02 Km) comprendida entre la calle 63 y la calle 53 siguiendo los siguientes parámetros:

1) Satisfacer la salida hacia el Oriente desde la NQS acceso Norte se optaría por tomar el puente de la calle 63, como actualmente lo hace pero resolviendo el movimiento 8 de la intersección semafórica de la transversal 25 con la Calle 57.

2) La salida hacia la NQS acceso Sur desde la calle 53b actualmente se toma por la Carrera 28 girando por la 53 y realizando un retorno por la carrera 36 A con calle 57, la adecuada señalización de esta ruta, permitiría que el usuario se desplazara de forma rápida, segura y cómoda, Sería necesario establecer estudios de tránsito y diseño geométrico que permitan mejorar la capacidad de la sección vial sobre todo en el retorno de la carrera 36 A – Calle 57.

3) Mejorar la señalización actual tanto la vertical como la horizontal y establecer un cambio en el ciclo semafórico de la transversal 28 con Carrera 28, optimizando el acceso Sur-Occidental de la intersección.

Finalmente se lograría manejar el tránsito vehicular que se espera para los próximos 20 años teniendo en cuenta las recomendaciones anteriormente mencionadas, pero sobre todo realizando con anterioridad los estudios propuestos, las recomendaciones propuestas son

con la finalidad de establecer su viabilidad, ya que los parámetros como longitudes de cola, demora media, tiempo de recorrido y nivele de servicio no tienen un impacto significativo sobre la intersección en estudio y mantiene su servicial dad en un nivel “C” como se puede establecer en el apartado 7-13 del presente texto.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO OSPINA, J. (2002) Diseño Geométrico de Vías Ajustado al Manual Colombiano. Extraído 05 de mayo de 2013 desde http://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/disec3b1o-geomc3a9trico-de-vc3adas-john-jairo-agudelo.pdf

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORT OFFICIALS. (2011) A policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington.D.C., 2011

AUTODESK. (2014). Obtenido de http://www.autodesk.es/products/autocad-civil-3d/overview

AVILA, C. (2012). Transito en Bogota: mucha corrupcion y poca tecnica. Unimedios.

BENTLY. (2015). Obtenido de http://www.bentley.com/es-MX/Products/microstation+product+line/

CAL, R. & REYES, M. (2007) Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones. Ed. Alfaomega. 8ª Edición.

CAL Y MAYOR ASOCIADOS. (1998) Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte en santa fe de Bogotá, Manual para estudios de tránsito y transporte. Tomo II

CERQUERA ESCOBAR, F. (2007). Capacidad y niveles de servicio de la Infraestructura vial. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia.

CHOCONTA ROJAS, P. (2004). Diseño Geométrico de Vías. Bogotá: Ed. Escuela Colombiana de Ingenieros. 2ª Edición.

Codigo nacional del transito. (2002). Articulo 2 ley 769 . Bogota.

FERNANDEZ, C. (1997). Puentes y pasos elevados para carreteras y vías urbanas. Barcelona: Reverte.

GONZÁLEZ VERGARA, C. (2013). Notas de Clase de Diseño Vial Urbano II. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. Colombia.

IDU, I. d. (2012). IDU.GOV.CO. Recuperado el Mayo de 2013, de http://www.idu.gov.co/web/guest/construcciones_trans_f2_nqs

SECRETARIA DISTRITAL DE MOVILIDAD. Alimentación de equipos GE y MP en la central.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. (2012). Ingeniería de Tránsito: Conceptos básicos. Bogotá D.C.: Wilson Ernesto Vargas Vargas, Mario Arturo Rincón Villalba, Carlos Javier González Vergara. Facultad Tecnológica.

Instituto Nacional de Vías. (2006). Conteos Manuales de Transito.

PTOLOMEO.UNAM. (2012). Recuperado el mayo de 2013, de http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A6.pdf?sequence=6

VARGAS VARGAS, W. E., & RINCÓN VILLALBA, M. A. (2010). Ejercicios Prácticos de Diseño y Localización de Vías. Bogotá: Editoriales Universitarias de Colombia.

GONZALEZ,C. RINCÓN, M. VARGAS, W (2012). Diseño geométrico de vías. Bogotá: Editorial UD.

Listado de Anexos.

ANEXO 1. Información Base.

Anexo 1.1. Planos I.D.U

Anexo 1.2. Registro Histórico Volúmenes de Tránsito

Anexo 1.3 Registros Secre. Mov. y FENALCO parque automotor

Anexo 1.4 Geodatabase IDECA

ANEXO 2. Estudio de Transito

Anexo 2.1. Aforos

Anexo 2.2. Cálculos Aforos

ANEXO 3. Modelación de transito

Anexo 3.1. Modelación transito Actual

Anexo 3.2. Reportes Modelación transito Actual

Anexo 3.3. Modelación transito Futuro

Anexo 3.4. Reportes Modelación transito futuro

ANEXO 4. Carteras de Diseño

Anexo 4.1 Carte. Coord. y Cotas rojas eje de diseño

Anexo 4.2. Cartera de rasante

Anexo 4.3. Cartera de peraltes

Anexo 4.4. Carteras de volúmenes

ANEXO 5. Planos

Anexo 5.1 Planos Planta Perfil Eje 1

Anexo 5.2 Planos Secciones Transversales Eje 1

Anexo 5.3 Planos Planta Perfil Eje 2

Anexo 5.4 Planos Secciones Transversales Eje 2

Anexo 5.5 Planos Planta Perfil Eje 3

Anexo 5.6 Planos Secciones Transversales Eje 3

Anexo 5.7 Plano señalización