

DISEÑO DE UNA INTERSECCIÓN EN “T” A DESNIVEL UBICADA EN LA CALLE
53 B-Bis CON AVENIDA NQS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

GINA MARCET BARACALDO ORTIZ
CARLOS EDUARDO DÍAZ QUIMBAYA
JAIME ENRIQUE LASTRA ZULUAGA
ANGIE NATALIA PATIÑO SALAZAR

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

DISEÑO DE UNA INTERSECCIÓN EN “T” A DESNIVEL UBICADA EN LA CALLE
53 B-Bis CON AVENIDA NQS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

GINA MARCET BARACALDO ORTIZ
CARLOS EDUARDO DÍAZ QUIMBAYA
JAIME ENRIQUE LASTRA ZULUAGA
ANGIE NATALIA PATIÑO SALAZAR

TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
GRADO COMO ESPECIALISTA EN DISEÑO VÍAS URBANAS TRÁNSITO Y
TRANSPORTE

DIRECTOR:
WILSON ERNESTO VARGAS VARGAS
MAGISTER EN INGENIERÍA DE TRANSPORTE

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

Nota de Aceptación

Firma de Jurado

Firma de Jurado

"El futuro pertenece a aquellos que creen en la belleza de sus sueños."

Eleanor Roosevelt

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, que me ha dado la fortaleza, seguridad y empeño para conseguir cada uno de mis logros, a mi familia que con su esfuerzo han sido un gran apoyo incondicional en cada paso que doy y son el pilar de mi vida, porque han creído en mí a pesar de mis tropiezos, a mis docentes que han sido guías en el proceso de formación académica y a mis compañeros con los que compartí y con los que hombro a hombro trabajamos para que este fuera una realidad. Muchas gracias a todos que sin ustedes este logro no sería una realidad hoy

Gina Marcet Baracaldo Ortiz

A:

Dios, por apoyarme y bendecirme durante este camino, en el cual he descubierto que su tiempo es perfecto; las cosas no se dan cuando y como nosotros lo deseamos sino en el momento que con su gracia él dispone y este proyecto es prueba de eso.

Mi familia, porque con su apoyo me dieron la fortaleza necesaria para continuar y no desfallecer ante las dificultades que se me presentaron en la consecución de este sueño.

Mis amigos, por la confianza y seguridad que me brindaron para que paso a paso lograra mis propósitos.

Mis compañeros de estudio, porque a pesar de los obstáculos que tuvimos que enfrentar, supimos darnos apoyo unos a otros para así juntos lograr alcanzar esta meta.

Angie Natalia Patiño Salazar

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
RESUMEN	18
ABSTRACT	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
JUSTIFICACIÓN	21
CAPÍTULO 1. OBJETIVOS	22
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	22
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 VÍAS URBANAS	24
2.1.1 Jerarquía de las vías urbanas.....	24
2.1.2 Tipo de terreno:.....	25
2.2 PARAMETROS DE ESTUDIO DE TRANSITO.....	26
2.2.1 Estudio de volúmenes vehiculares	26
2.2.2 Ajuste de volúmenes.....	31
3.3 ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO	32
2.3.1 Alineamiento horizontal.....	32
2.3.2 Cálculo de la deflexión por coordenadas.....	34
2.3.3 Alineamiento vertical	36
2.4 ESTUDIOS DE VELOCIDAD	37
2.4.1 Clasificación de velocidad.....	38
2.4.2 Estudio de velocidad puntual	39
2.4.3 Aplicaciones del estudio de velocidad	39
2.4.4 Tamaño de la muestra	40
2.4.5 Desviación estándar.....	41
2.4.6 Error estándar de la media.....	41
2.4.7 Intervalo de confianza	41
2.4.8 Tamaño apropiado de la muestra (n).....	42
2.4.9 Percentiles	43

2.4.10	Determinación de la velocidad a flujo libre	45
2.4.11	Determinación de la tasa de flujo.....	46
2.4.12	Criterios para el análisis de capacidad y niveles de servicio	48
2.5	DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS	48
2.5.1	Parámetros de diseño	48
2.5.2	Diseño de alineamiento horizontal.....	62
2.5.3	Parámetros y criterios del diseño de secciones transversales	73
2.5.4	Parámetros y criterios del diseño vertical	87
2.6	INTERSECCIONES A NIVEL.....	95
2.6.1	Criterios generales	95
2.6.2	Intersecciones a nivel.....	96
2.7	INTERSECCIÓN A DESNIVEL	103
2.7.1	Criterios básicos de diseño	103
CAPÍTULO 3	METODOLOGIA.....	106
3.1	CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN	106
3.1.1	Avenida NQS	107
3.1.2	Calle 53 b bis	108
3.2	ESTUDIO DE TRANSITO.....	109
3.2.1	Resumen de movimientos.....	113
3.3	ESTUDIO DE VELOCIDADES	123
3.3.1	Avenida NQS	123
3.3.2	Transversal 28	130
3.3.3	Proyección del volumen de diseño	135
CAPÍTULO 4	MODELACIÓN DE LA INTERSECCIÓN	141
4.1	MODELACIÓN SITUACIÓN ACTUAL VOLÚMENES ACTUALES	141
4.1.1	Procedimiento	141
4.1.2	Análisis del reporte.....	153
4.2	PROYECCION DEL VOLUMEN DE DISEÑO	154
4.2.1	Proyección vehicular intersección.....	155
4.2.2	Proyección por movimiento.....	157
4.3	MODELACIÓN CORREDOR SITUACIÓN ACTUAL VOLÚMENES FUTUROS.....	159
4.3.1	Modelación intersección.....	159

4.3.2 Volúmenes	161
4.3.3 Velocidades.....	163
4.3.4 Nivel de servicio	165
4.4 MODELACION INTERSECCION 2D.....	167
4.5 MODELACION INTERSECCION 3D.....	168
4.5.1 Análisis del reporte.....	170
4.6 MODELACIÓN CORREDOR SITUACIÓN FUTURA VOLÚMENES ACTUALES.....	171
4.6.1 Modelación intersección.....	171
4.6.2 Volúmenes	173
4.6.3 Velocidades.....	175
4.6.4 Nivel de servicio	177
4.7 MODELACIÓN INTERSECCIÓN 2D.....	179
4.8 MODELACIÓN INTERSECCIÓN 3D.....	180
4.8.1 análisis del reporte	183
4.9 MODELACION CORREDOR SITUACIÓN FUTURA VOLÚMENES FUTUROS.....	185
4.9.1 Modelación intersección.....	185
4.9.2 Volúmenes	186
4.9.3 Velocidades.....	188
4.9.4 Nivel de servicio	190
4.10 MODELACIÓN INTERSECCIÓN 2D.....	192
4.11 MODELACIÓN INTERSECCIÓN 3D.....	193
4.11.1 Análisis del reporte.....	196
4.12 ANALISIS FINAL DE RESULTADOS	197
CAPÍTULO 5 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN	199
5.1 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	199
5.1.1 Velocidad de diseño.....	199
5.1.2 Peralte máximo y radio mínimo	200
5.1.3 Vehículo de diseño.....	200
5.1.4 Radio mínimo de giro para el vehículo de diseño.....	200
5.1.5 Velocidad en enlaces y ramales	201
5.1.6 Ancho de carril en los enlaces	201
5.1.7 Longitud de carril de aceleración y desaceleración	201

5.1.8 Pendiente longitudinal.....	202
5.1.9 Curvas verticales.....	202
5.2 DISEÑO DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL.....	203
5.2.1 Creación del modelo de superficie.....	203
5.2.2 Identificación de infraestructura existente.....	204
5.2.3 Dimensionamiento y diseño preliminar de la intersección.....	207
5.2.4 Corredor 1: Transversal 28 – Calle 53 b Bis – Av. NQS Norte Sur.....	208
5.2.5 Corredor2: NQS Norte Sur – Calle 53 b Bis – Transversal 28.....	208
5.2.6 Corredor 3: Av. NQS Norte Sur.....	209
5.2.7 Corredor 4: Av. NQS Sur Norte.....	209
5.2.8 Corredor 5: Calle 53 b Bis – NQS Sur Norte.....	210
5.2.9 Corredor 6: Av. NQS Sur Norte – Calle 53 b Bis.....	210
5.2.10 Otros corredores.....	210
5.3 PERALTES Y BOMBEO NORMAL DE LOS CORREDORES.....	211
5.3.1 Bombeo normal y peraltes en el corredor 3.....	211
5.3.2 Bombeo normal y peraltes en el Corredor 1.....	213
5.3.3 Bombeo normal y peraltes del corredor 4.....	214
5.3.4 Bombeo normal y peralte del corredor 6.....	216
5.3.5 Bombeo normal y peralte del corredor 2.....	216
5.3.6 Bombeo normal y peralte del corredor 5.....	218
5.4 DISEÑO DEL ALINEAMIENTO VERTICAL.....	219
5.4.1 Diseño en perfil del corredor 3.....	220
5.4.2 Diseño en perfil del corredor 4.....	220
5.4.3 Diseño en perfil del corredor 2.....	220
5.4.4 Diseño en perfil del corredor 1.....	221
5.4.5 Diseño en perfil del corredor 5.....	221
5.4.6 Diseño en perfil del corredor 6.....	222
5.5 SECCIONES TRANSVERSALES Y SUBASSEMBLY.....	222
5.5.1 Secciones del corredor 1.....	223
5.5.2 Secciones del corredor 2.....	223
5.5.3 Secciones del corredor 3.....	224
5.5.4 Secciones del corredor 4.....	225
5.5.5 Secciones del corredor 5.....	225
5.5.6 Secciones del corredor 6.....	226

5.5.7 Otras secciones	226
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	228
BIBLIOGRAFÍA	231
ANEXOS	232

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Composición por intervalo de tiempo acceso norte	114
Gráfica 2 Composición vehicular acceso norte	115
Gráfica 3 Composición por intervalo de tiempo acceso sur	117
Gráfica 4 Composición vehicular acceso sur	117
Gráfica 5 Composición por intervalo de tiempo acceso este	119
Gráfica 6 Composición vehicular acceso este	120
Gráfica 7 Composición por intervalo de tiempo intersección	121
Gráfica 8 Composición vehicular intersección.	122
Gráfica 9 Movimiento máximo horario intersección	122
Gráfica 10 Velocidad vs Frecuencia acumulada Avenida NQS	128
Gráfica 11 Gráfica. Velocidad vs Frecuencia valores relativos Avenida NQS	129
Gráfica 12 Velocidad vs Frecuencia acumulada Transversal 28	134
Gráfica 13 Velocidad vs Frecuencia valores relativos Transversal 28	134
Gráfica 14 Proyección lineal intersección	137
Gráfica 15 volumen máximo horario de diseño de la interseccion	140
Gráfica 16 Gráfica. Proyección lineal intersección	156
Gráfica 17 Movimiento máximo horario intersección	159

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 velocidad especifica de calzada.....	34
Tabla 2 Nivel de confiabilidad	42
Tabla 3 radios para curvas circulares simples	50
Tabla 4 borde de calzada mínimo para giros en las intersecciones.....	50
Tabla 5 Dimensiones vehículo de diseño	52
Tabla 6 Radios de giro mínimos en las trayectorias vehiculares (metros)	54
Tabla 7 Sobrecanchos para los diferentes vehículos de diseño en función del radio interno de giro	55
Tabla 8 Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una calzada principal con ancho 7. 30 m, con dispositivo de control en la calzada secundaria	62
Tabla 9 Radio- Velocidad específica –Peralte, Vías urbanas	66
Tabla 10 Grados de curvatura máximos para diferentes velocidades de diseño y peraltes máximos.....	67
Tabla 11 Tasas de peraltes para determinados radios, velocidades y peraltes máximos.....	68
Tabla 12 Máximas pendientes relativas.....	69
Tabla 13 Valores máximos y mínimos recomendados para bermas urbanas.....	81
Tabla 14 Clasificación de anchos de andén según escala urbana de implementación.....	87
Tabla 15 Pendientes máximas permitidas en proyectos nuevos.	89
Tabla 16 valores de K para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación.	92
Tabla 17 pendiente media máxima de ruta (%) en función de la velocidad de diseño	94
Tabla 18 relación entre pendiente máxima (%) y la velocidad especifica de la tangente vertical.....	94
Tabla 19 Longitud mínima de la tangente	95
Tabla 20 longitud mínima del carril de aceleración	100
Tabla 21 longitud mínima del carril de desaceleración	101
Tabla 22 ancho de calzada en ramales de salida o entrada enlace en funcion del radio interno	103

Tabla 23 velocidad especifica del segmento central del ramal de enlace (Vre) cuando $\Delta < 180^\circ$	105
Tabla 24 velocidad especifica del segmento central del ramal de enlace (Vre) cuando $\Delta \geq 180^\circ$ (km/h)	105
Tabla 25 Movimiento 1 en la Calzada izquierda acceso Norte	113
Tabla 26 Movimiento 1 en la calzada centra acceso norte	113
Tabla 27 Movimiento 5 (puente de la 53) en la calzada centra acceso norte	114
Tabla 28 Total flujo vehicular acceso norte.....	114
Tabla 29 Composición vehicular acceso norte	115
Tabla 30 Movimiento 2 acceso sur	116
Tabla 31 Movimiento 9-2 acceso sur	116
Tabla 32 Total volumen vehicular acceso sur	116
Tabla 33 Composición vehicular acceso sur.....	117
Tabla 34 Movimiento 9-4 acceso este	118
Tabla 35 Movimiento 8 acceso este.....	118
Tabla 36 Total flujo vehicular acceso este	119
Tabla 37 Composición vehicular acceso este	119
Tabla 38 Total flujo vehicular intersección	120
Tabla 39 Composición vehicular intersección	121
Tabla 40 Tabla. Datos de campo velocidades Avenida NQS	124
Tabla 41 Datos estadísticos velocidades Avenida NQS	125
Tabla 42 Tabla. Valor desviación estándar para diferentes tipos de tránsito y de vías.	126
Tabla 43 Valor de N. fuente, diapositivas del clase	127
Tabla 44 Intervalo y frecuencia de velocidades Avenida NQS	128
Tabla 45 Velocidades Avenida NQS.....	129
Tabla 46 Datos de campo velocidades Transversal 28	130
Tabla 47 Datos estadísticos velocidades Transversal 28	132
Tabla 48 Intervalo y frecuencia de velocidades Transversal 28	133
Tabla 49 Tabla. Proyección de población Bogotá.....	136
Tabla 50 Tasa de crecimiento poblacional para Bogotá	136
Tabla 51 Proyección vehicular al año 2021 intersección	136

Tabla 52 Volumen vehicular año 2036 intersección.....	138
Tabla 53 Porcentajes de volúmenes por movimiento	139
Tabla 54 Volúmenes futuros por movimiento.....	139
Tabla 55 Tabla. Proyección de población Bogotá.....	155
Tabla 56 Tasa de crecimiento poblacional para Bogotá	155
Tabla 57 Proyección vehicular al año 2021 intersección	156
Tabla 58 Volumen vehicular año 2036 intersección.....	157
Tabla 59 Tabla. Porcentajes de volúmenes por movimiento	158
Tabla 60 Tabla. Volúmenes futuros por movimiento.....	158

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1 . Ubicación zona de intersección	107
Imagen 2 Avenida NQS sentido norte-sur	108
Imagen 3 distancia de referencia para toma de información	130
Imagen 4.Modelación Intersección	141
Imagen 5.Ingreso valores Volúmenes de la parte norte de la intersección	142
Imagen 6 ingreso de valores de los volúmenes del sur de la intersección	143
Imagen 7. Fases Semafóricas presentes.....	144
Imagen 8. Distancias y velocidades de la parte norte de la intersección.	145
Imagen 9 Distancias y velocidades de la parte sur de la intersección	146
Imagen 10. Niveles de servicio de la Intersección actualmente.....	147
Imagen 11 Capacidad de utilización de la intersección (ICU).....	148
Imagen 12. Modelación en 2D de la Intersección.	149
Imagen 13.Modelación 3D Kra.30- Col 53 B BIS.....	150
Imagen 14.Modelación 3D, Trasversal 28- CLL 53 B BIS.....	151
Imagen 15.Modelación 3D, Puente CII 63- Kra 30.....	152
Imagen 16 geometría de la intersección	160
Imagen 17 ingreso de valores proyectados de 20 años de la parte norte de la intersección.....	161
Imagen 18 ingreso de valores proyectados de 20 años de la parte sur de la intersección.....	162
Imagen 19 comprobación de velocidades de la parte norte de la intersección	163
Imagen 20 comprobación de velocidades de la parte norte de la intersección	164
Imagen 21 definición nivel de servicio	165
Imagen 22 capacidad de utilización de la intersección (ICU).....	166
Imagen 23 modelación de la intersección con las nuevas condiciones	167
Imagen 24 primera modelación 3D	168
Imagen 25 detalle modelación	169
Imagen 26 definición del diseño en “T”	172
Imagen 27 Volúmenes actuales de la parte norte de la intersección	173
Imagen 28 Volúmenes actuales de la parte sur de la intersección	174

Imagen 29 parte norte del nuevo corredor	175
Imagen 30 parte sur del nuevo corredor	176
Imagen 31 nivel de servicio nuevo corredor	177
Imagen 32 capacidad de utilización de la intersección (ICU).....	178
Imagen 33 modelación de la intersección con las nuevas condiciones	179
Imagen 34 modelación 3D nuevo corredor	180
Imagen 35 detalle de la parte sur del nuevo corredor	181
Imagen 36 detalle de la parte norte del nuevo corredor.....	182
Imagen 37 corredor futuro con volúmenes futuros.....	185
Imagen 38 comprobación de diseño de la parte norte de la intersección	186
Imagen 39 comprobación de diseño de la parte sur de la intersección	187
Imagen 40 modelación de la parte norte de la intersección con las mismas velocidades	188
Imagen 41 modelación de la parte sur de la intersección con las mismas velocidades	189
Imagen 42 nivel de servicio futuro de la intersección.....	190
Imagen 43 capacidad de utilización de la intersección (ICU).....	191
Imagen 44 modelación 2d de la nueva interseccion	192
Imagen 45 modelación 3D intersección futura	193
Imagen 46 modelación 3D futura intersección 2.....	194
Imagen 47 modelación 3D futura intersección 3.....	195

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo denominado “Estudio de tránsito y diseño geométrico para la intersección a desnivel en la avenida NQS con calle 53 b-bis ubicado en Bogotá D.C”, pretende brindar información directa de los estudios de tránsito y el diseño geométrico de la intersección.

El proyecto contempla la identificación general del entorno de la intersección, como anchos de carril, separadores, velocidades de operación, volumen vehicular, y vehículo de diseño, para poder identificar cuáles son los factores que impiden un flujo continuo de los vehículos.

La metodología empleada durante la ejecución del presente proyecto, se dividió en cuatro fases principales; una primera fase que consistió en la recopilación de información y estudios como información secundaria del área de tránsito; una segunda fase, que se relaciona con labores de campo; continuó una tercera fase con el análisis e interpretación de la información obtenida y finalmente una fase de modelación de la información analizada, y diseño geométrico.

Este proyecto se propone dar solución acorde a esos giros dando paso a la mejora de la infraestructura con el diseño de una intersección en T con paso a desnivel dando así armonización y flujo continuo en esta intersección, cumpliendo todos los estándares de la normatividad de diseño en vías urbanas, dando como prioridad la seguridad, comodidad, y estética, para ello se debe cumplir todos los parámetros normativos.

RESUMEN

La atracción que genera la ciudad de Bogotá, para la población en busca de unas mejores oportunidades de trabajo, salud, educación, recreación, etc. Hace que la ciudad tenga una problemática de crecimiento disperso, y desproporcionado, mientras la falta de planeación de los nuevos asentamientos, hace que la metrópoli tenga que llevar los servicios públicos a cada zona, como derecho constitucional. Esto conlleva a la realización de estudios y diseños de infraestructura vial, para cumplir estos propósitos.

La carencia y la falta de un diseño vial integro, que cuente con diseños de tránsito, velocidades de diseño adecuadas, distancias de visibilidad, pasos peatonales convenientes, generan conflictos en la seguridad vial, llevando a esta aun conflicto de salud pública sabiendo que las muertes ocasionadas por un mal diseño o una intervención preventiva es la quinta causa de muertes en el mundo.

Este trabajo se realiza como alternativa de una intersección la ubicada en la avenida NQS con calle 53 b-bis en la ciudad de Bogotá, utilizando los manuales para vías urbanas, HCM 2000 y AASTHO 2004

Esto con el fin de desarrollar un proyecto cumpliendo todos los parámetros de la norma aplicada para vías urbanas, llevando a cabo todos los conceptos académicos y técnicos, determinado condiciones actuales y garantizando situaciones futuras.

ABSTRACT

The attraction that generates Bogota, for people in search of better job opportunities, health, education, recreation, etc. It makes the city has a problem of sprawl, and disproportionate, while the lack of planning new settlements, makes the metropolis need to bring public services to each area, as a constitutional right. This leads to the studies and designs of road infrastructure to meet these goals.

Lack and the lack of a road design integral, that has designs transit speeds appropriate design, sight distances, convenient pedestrian crossings, generate conflicts on road safety, even taking this public health conflict knowing that deaths caused by poor design or preventive intervention is the fifth leading cause of deaths worldwide.

This work is done as an alternative to an intersection located on the NQS Avenue and 53rd Street b-bis in the city of Bogota, using manuals for urban roads, HCM 2000 and 2004 AASTHO

This in order to develop a project fulfilling all the parameters applied to urban road standards, carrying out all academic and technical, given current conditions and future situations ensuring concepts.

PALABRAS CLAVES

Tránsito, Tráfico, Intersección, Dispositivos De Control, Volumen, Tasa De Flujo, Demanda Capacidad, Hora Pico, Velocidad De Diseño, Visibilidad, Vehículo De Diseño, Transición De Peralte, Tangente Vertical, Separador, Rasante, Nivel De Servicio, Sección Transversal, Curva Vertical, Curva Horizontal, Carril.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta que la troncal NQS, es una vía arterial principal (INVIAS, 2008) con unas características particulares, ya que es el acceso desde el sur (empezando desde la autopista sur) hasta el norte (conectando con la autopista norte) de la ciudad, y es por donde transita la mayoría de ciudadanos que desean atravesarla, esto hace desear un flujo continuo y sin restricciones.

La carrera 53 b bis es la vía que conecta la calle 63 con la carrera 24 y con la avenida NQS. Los movimientos actuales no permiten una fluidez en el tránsito de los vehículos que se quieran dirigir de la carrera 53 b bis a la NQS hacia el sur, teniendo que desviar su recorrido por la carrera 28, luego dirigirse por la calle 53b hasta la carrera 24, para luego hacer un giro por la calle 53 hacia el occidente hasta la carrera 36a, para luego hacer un nuevo giro en la calle 53 a bis hasta la avenida NQS hacia el sur; o los vehículos que vienen por la av NQS sentido norte sur y quieran dirigirse hacia el oriente por la carrera 53 b bis deben hacer un giro hacia el occidente por la calle 53 y hacer el retorno en la carrera 46 para tomar la calle 53 hacia el occidente, luego hacer un giro en la carrera 28 hacia el norte para luego girar por la calle 52 hacia el oriente hasta la carrera 27, luego hacer un giro hacia el occidente por la diagonal 53 c para así tomar la calle 53b bis que en este punto es la transversal 28, y así continuar el recorrido hacia el oriente.

Por tanto, se da paso a la mejora de la infraestructura con el diseño de un cruce en "T" con paso a desnivel, dando así la armonización y flujo continuo en esta intersección

JUSTIFICACIÓN

La planeación del transporte y la movilidad es un instrumento donde la desigualdad social desaparece y potencia la sostenibilidad de la ciudad, teniendo en cuenta que el crecimiento del parque automotor es casi exponencial, se ve reducida la movilidad.

La situación se agudiza si a ello le sumamos el aumento de la población, el incremento de las actividades económicas, la constante búsqueda de una mejor calidad de vida, lo cual genera conflictos y una creciente demanda cada vez más pero limitada infraestructura vial.

Dando paso a mejorar la movilidad y flujo continuo en la intersección de la avenida NQS con calle 53 b-bis, se planteó una intersección a desnivel, con carriles de aceleración y desaceleración cumpliendo con la norma AASTHO 2004, HCM2000 e INVIAS 2008

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño geométrico de una intersección en “T” a desnivel en la calle 53b bis con avenida NQS, que cumpla con la normatividad actual para el diseño de vías urbanas y los niveles de servicio adecuados.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Hacer un estudio de tránsito que implica trabajo de campo (aforos) y análisis de la información.
- Hacer el diseño geométrico de nuestra propuesta con base en el estudio de tránsito y la normatividad vigente.
- Realizar una modelación en Synchro de la intersección en las condiciones actuales.
- Recolectar información de tránsito, volúmenes vehiculares, horas pico, posibles movimientos del sitio y de los vehículos procedentes de las vías conjuntas (avenida NQS, calle 63, calle 53 y calle 57) con el fin de tener información sobre las características del tránsito.
- Establecer los parámetros de diseño geométrico como velocidades de diseño, y vehículos de diseño a partir del estudio de tránsito.
- Definir las características geométricas para el diseño de la intersección vial, teniendo en cuenta las condiciones establecidas en la normatividad.

- Garantizar los elementos geométricos necesarios para establecer las condiciones de seguridad, comodidad y estética de la intersección de la avenida NQS con la calle 53 b bis
- Determinar y ajustar los niveles de servicio que permiten un flujo constante y cómodo para los usuarios.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 VÍAS URBANAS

Las vías urbanas son infraestructuras creadas y acondicionadas, para el transporte público y privado dentro de la ciudad, generando para la adquisición de bienes y servicios, garantizando comodidad, seguridad.

Dando facilidad a los accesos de la urbe siendo utilizado por el tráfico urbano. Por el cual existe una característica esencial que cuenta las vías urbanas la movilidad y la accesibilidad.

2.1.1 Jerarquía de las vías urbanas

La clasificación de las vías urbanas dadas por el POT (Bogotá, 2004) estableció las siguientes:

2.1.1.1 Malla vial arterial principal:

Son las vías de rango, se caracterizan por transportar altos volúmenes de tráfico, estas infraestructuras integran el desarrollo del área urbana y la conectan con el área rural. Y sostiene el sistema de transporte masivo.

2.1.1.2 Malla vial arterial menor:

Esta dada por la distribución del tráfico, alimentando la malla vial principal, facilitando la movilidad en medianas y largas distancias, con una mediana accesibilidad ya que no entra a los barrios

2.1.1.3 Vías colectoras y caminos o calles locales:

Compone el sistema de vías con accesos a los domicilios.

2.1.2 Tipo de terreno:

Determinado por la medición del grado inclinación transversal y longitudinal del terreno natural, produciendo tramos de igual pendientes óseas tramos homogéneos. En Colombia clasifican en terreno plano, ondulado, montañoso.

2.1.2.1 Terreno plano:

Es aquel que tiene un mínimo de movimiento de tierras tiene pendientes transversales entre 0% a 5% siendo su pendiente longitudinal por debajo del 3%

2.1.2.2 Terreno ondulado:

Se combina los alineamientos verticales y horizontales, sus pendientes longitudinales están dadas por 3% a 6% y las pendientes transversales entre 5% y el 25%, obligando a reducir las velocidades a los vehículos pesados

2.1.2.3 Terreno montañoso:

Esta combinación de alineamientos verticales y horizontales hacen que los vehículos circulen a velocidad sostenida, siendo muy fuertes las pendientes longitudinales transversales haciendo más difícil el trazado su pendientes

longitudinales están dadas por 6% a 8% y las pendientes transversales entre 25% y el 75%, obligando a reducir las velocidades a los vehículos pesados

2.2 PARAMETROS DE ESTUDIO DE TRANSITO

2.2.1 Estudio de volúmenes vehiculares

El objetivo de los estudios de volúmenes vehiculares es obtener información con respecto al movimiento de los vehículos ya sea en un punto o en secciones determinadas en un sistema vial. Esta información permitirá a los especialistas tomar decisiones en cuanto a la selección de los componentes que un proyecto vial tendrá, como por ejemplo la estructura de pavimentos, el diseño geométrico, el establecimiento de dispositivos de control de tránsito, entre otros.

Este estudio se realiza en función de conceptos básicos y las características que se mencionarán a continuación.

- Volumen de tránsito. Establece la cantidad de vehículos que pasan por un punto o sección transversal específica durante un periodo de tiempo que puede ser una hora, un día, etc. Este se determina a partir de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{N}{T} \quad (1)$$

Donde N es el número de vehículos y T es el tiempo. El volumen se expresa en vehículos/periodo de tiempo [veh. /Tiempo]

- Volúmenes de tránsito absolutos o totales. Se obtienen a partir del total de vehículos total que pasan por el punto o sección transversal en función del tiempo al cual se refiere. Por esta razón se puede hablar de Tránsito Anual (TA) cuando el periodo de tiempo considerado es un año, Tránsito Mensual (TM) para un mes, Tránsito Semanal (TS) en una semana, Tránsito Diario (TD) que se refiere a un día, Tránsito Horario (TH) para una hora y Tasa de Flujo (q) cuando el periodo de tiempo es menor a 15 minutos.
- Intensidad de tránsito: Expresa la relación entre el volumen horario de máxima demanda y el flujo presentado durante un periodo de la hora. Este se puede obtener a partir de la siguiente expresión:

$$FHP = \frac{VHP}{n \cdot q} \quad (2)$$

Donde VHP es el volumen horario de máxima demanda, n es el número de intervalos en los cuales se registraron los volúmenes en la hora y q el flujo durante un periodo de la hora.

En este sentido se pueden identificar dos tipos de FHP de gran importancia para el estudio de volúmenes vehiculares que son el FHP máximo (FHP_{max}) y mínimo (FHP_{min}) que se obtienen aplicando la ecuación (2) para el flujo máximo y mínimo respectivamente.

- Volúmenes de tránsito promedio diario (TPD). Expresa la cantidad de vehículos que pasan durante un periodo de tiempo en días completos, por cantidad de días del periodo. De esta forma se puede hablar de Tránsito

Promedio Diario Anual (TPDA) cuando el TA se divide en los 365 días del año, Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM) cuando se divide en los 30 días del mes y Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS) al dividirse en los 7 días de la semana.

Por su parte las características de volúmenes de tránsito permiten establecer las variaciones de los volúmenes y así conocer su comportamiento y características. Lo anterior se puede conocer a partir de las siguientes características.

- Distribución del tránsito que puede ser direccional, longitudinal y transversal.
- Composición del tránsito, es decir identificar los tipos de vehículos.
- Variación del volumen según los periodos de máxima demanda horaria (FHP).
- Variación horaria, diaria y mensual del volumen lo que da una idea de la estacionalidad.

De igual forma, es necesario hacer mención a algunos aspectos técnicos de cómo se llevan a cabo el estudio de volumen vehicular como el tipo, método y periodo de conteo, los tipos de movimientos que se presentan en el punto o sección transversal determinada y la clasificación de los vehículos.

En relación al primer aspecto, los conteos se pueden clasificar en:

- Conteos direccionales. Volúmenes clasificados en función de la dirección y sentido del flujo vehicular.

- Conteos de clasificación. Volúmenes clasificados por tipo de vehículo, número de ejes, peso y dimensiones.
- Conteos en intersecciones. En este el volumen se clasifica por tipo de movimiento y por tipo de vehículo.
- Conteos en cordones. Se llevan a cabo alrededor del perímetro de una zona para determinar el volumen vehicular que entran y salen de esta.
- Conteos en barrera o pantalla. Se realizan en una barrera natural o ficticia.
- Conteos de ocupación vehicular. Permite determinar la cantidad promedio de pasajeros que viajan en los diferentes vehículos.

En cuanto a los métodos de conteo se pueden mencionar los de tipo mecánico o manuales. En los primeros, se emplean dispositivos mecánicos portátiles y fijos que permiten realizar el conteo en función del tipo de detección como por ejemplo de neumáticos, magnéticos, entre otros. El método manual emplea personal de campo que puede recolectar información más detallada dependiendo del tipo de estudio y de la capacitación del personal.

Los periodos de conteos se pueden llevar a cabo en una semana, en 24 horas, en 7 o 3 días, en 16 o 12 horas, en periodos picos cuando ocurre la mayor demanda de tránsito y en periodos largos con la ayuda de métodos mecánicos.

Los tipos de movimientos en una intersección típica se pueden observar en la figura 1.

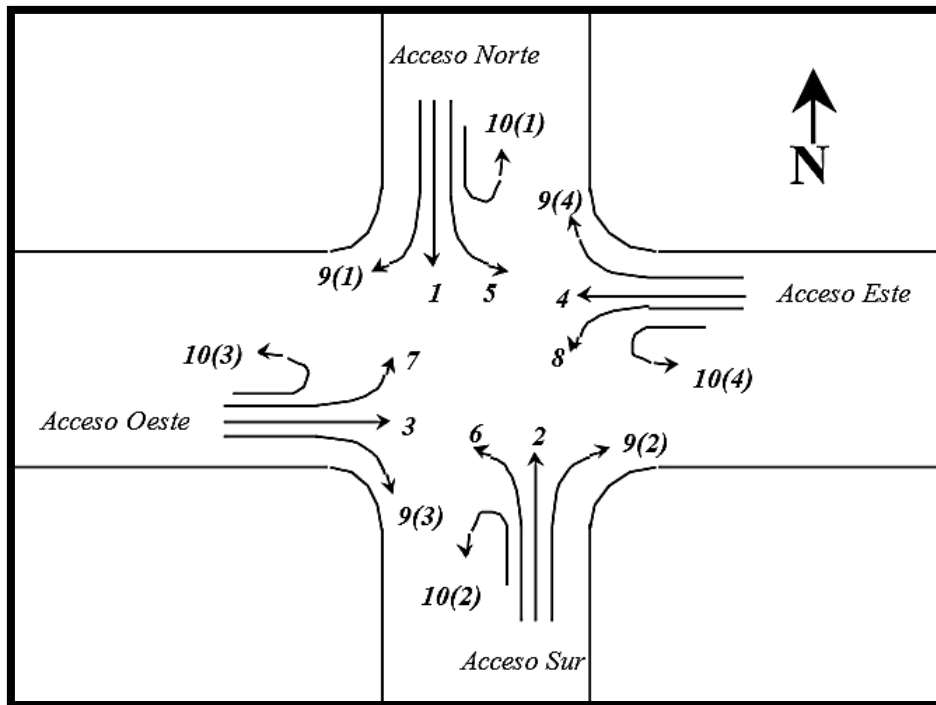


Figura 1 Esquema que ilustra los tipos de movimientos y su designación, de los vehículos en una intersección típica Fuente: (secretaria distrital, 2005).

Con el fin de realizar la clasificación de los vehículos y obtener la composición vehicular, se tuvo en cuenta los automóviles que corresponden a los de peso liviano, los buses y busetas, motos y los camiones, los cuales se clasifican de acuerdo a la figura 2.

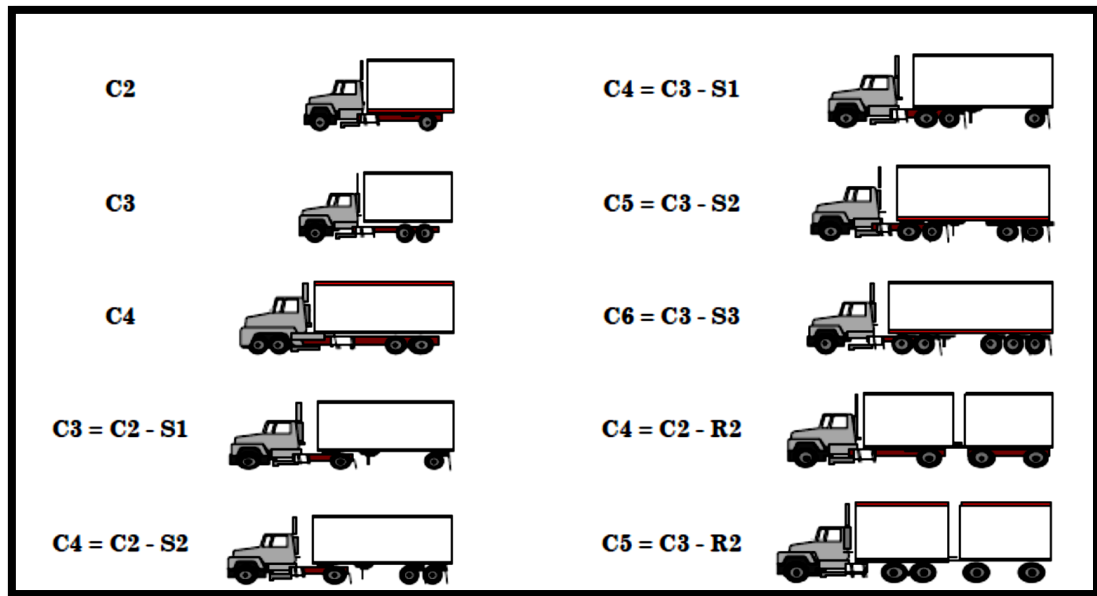


Figura 2 Clasificación de camiones según número y tipo de ejes Fuente: (CAL Y MAYOR ASOCIADOS S.C., 1998)

2.2.2 Ajuste de volúmenes

Se empleará este procedimiento para expandir los volúmenes que se aforaran en la intersección, y también para saber cuál es la hora de máxima demanda. Para hacer esto se debe hacer lo siguiente.

- Con los datos tabulados de la estación maestra que contienen la hora y el volumen, generamos una nueva columna de datos, calculando el porcentaje horario que es la división de del volumen horario entre el total de volumen del día.

$$PH_i = \frac{TH_i}{TD} \quad (3)$$

- Después se calcula el tránsito diario para el aforo que se ha realizado en el proyecto, dividiendo el aforo horario tomado con el porcentaje de la misma hora en la estación maestra.

$$TD = \frac{T}{PH} \quad (4)$$

- Con lo anterior ya se procede a calcular el tránsito de cada hora.

$$THi = (PMm) * TD \quad (5)$$

Si se tienen datos históricos se puede realizar la proyección de tráfico vehicular a un periodo de diseño utilizando regresiones lineales, logarítmicas o exponenciales.

3.3 ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

Para realizar el diseño geométrico se debe trazar el alineamiento que para este caso debe tener en cuenta los diferentes movimientos de tráfico existentes y lo que se desean agregar. Los alineamientos a diseñar se componen de elementos curvos y rectos. Estos a su vez están constituidos de otros elementos geométricos que permiten su desarrollo en el diseño.

2.3.1 Alineamiento horizontal

2.3.1.1 Cálculo de elementos

Se determinan los nueve elementos de la curva circular simple a partir de las siguientes ecuaciones para cada curva.

- Tangente:

$$T = R * \tan \frac{\Delta}{2} \quad (6)$$

- Cuerda larga:

$$CL = 2R \operatorname{sen} \frac{\Delta}{2} \quad (7)$$

- Externa:

$$E = R \left[\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right] \quad (8)$$

$$E = T * \tan \frac{\Delta}{4} \quad (9)$$

- Ordenada media:

$$M = R \left[1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right] \quad (10)$$

- Grado unitario:

$$G = \frac{180 * a}{\pi R} \quad (11)$$

- Longitud de la curva:

$$L = \Delta(\operatorname{rad}) * R \quad (12)$$

- Arco unitario

$$a = 10 \quad (13)$$

- Deflexión

$$\delta = \frac{G}{2} \quad (13)$$

- Deflexión por metro

$$\delta_{metro} = \frac{G}{2a} \quad (14)$$

- Radio y delta. De acuerdo a los datos de la tabla 1.

Tabla 1 velocidad especifica de calzada Fuente: Instituto Nacional De Vías. Manual De Diseño Geométrico Para Carreteras. Bogotá DC 2008

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

2.3.2 Cálculo de la deflexión por coordenadas

Teniendo las coordenadas de los PI se determina el azimut y la distancia entre estos. Para esto, se hallan las diferencias entre norte y este teniendo en cuenta la figura

$$\text{Diferencia de norte} \quad \Delta N = N_2 - N_1 \quad (15)$$

$$\text{Diferencia de este} \quad \Delta E = E_2 - E_1 \quad (16)$$

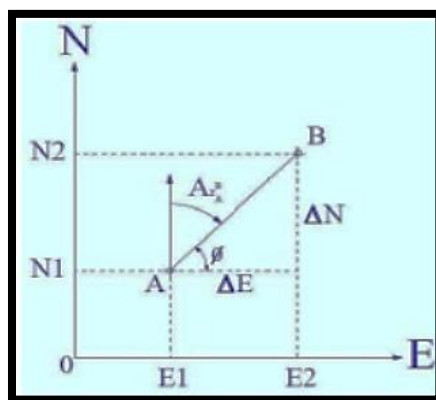


Figura 3. Configuración del plano cartesiano para el cálculo de azimut y distancia. Fuente: Jiménez. (2014)

De acuerdo a la figura anterior se puede determinar el ángulo y la distancia como

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta N}{\Delta E}\right) \quad (17)$$

Distancia de AB

$$d_{AB} = \sqrt{\Delta N^2 + \Delta E^2} \quad (18)$$

Dependiendo del ángulo obtenido se determina el azimut A_z , en el ejemplo anterior que está en el primer cuadrante sería:

$$A_z = 90^\circ - \phi \quad (19)$$

Si el ángulo se encuentra en el segundo cuadrante se obtiene como:

$$A_z = 270^\circ + \phi \quad (20)$$

Si el ángulo se encuentra en el tercer cuadrante se obtiene como:

$$A_z = 270^\circ - \phi \quad (21)$$

Si el ángulo se encuentra en el tercer cuadrante se obtiene como:

$$A_z = 90^\circ + \phi \quad (22)$$

Teniendo las distancias y los azimut se calcula la deflexión Δ como la diferencia entre el azimut de salida y el azimut de entrada:

$$\Delta = A_{z-salida} - A_{z-entrada} \quad (23)$$

Con lo anterior se pueden tener los elementos rectos y curvos para el diseño geométrico horizontal.

2.3.3 Alineamiento vertical

Es la proyección del eje horizontal de la vía sobre una superficie horizontal. De igual forma que el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical está conformado por una sucesión de líneas rectas llamadas tangentes, empalmadas en sus vértices por elementos curvos que en el caso de las carreteras corresponde a una parábola de segundo orden. Algunos de sus elementos son:

Tangente. Segmento recto del alineamiento vertical que tiene una pendiente constante en toda su longitud. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Longitud mínima: se miden entre PIV'S sucesivos, sin tener en cuenta las curvas. Corresponde a la distancia recorrida a la velocidad específica de la tangente vertical en 7 segundos para velocidades de 40km/h hacia abajo y para velocidades mayores a 40km/h de 10 segundos.

- Longitud máxima: se define de acuerdo a la longitud crítica de pendiente, que es la distancia horizontal a lo largo de una pendiente mayor del 3% que se extiende por un tramo de vía mayor a esa longitud mínima. La longitud crítica de pendiente está definida pero no es fácil de obtener. La LCP es aquella en la cual los vehículos pesados ven reducida su velocidad de operación en 25 km/h por debajo de la velocidad media de operación de la vía.
- Pendiente Máxima. Es la pendiente que permite una operación adecuada de los vehículos bajo condiciones del tráfico.

2.4 ESTUDIOS DE VELOCIDAD

La velocidad que pueden desarrollar los vehículos por una vía y el tiempo que tardan en recorrer una distancia dada, se usan con frecuencia para evaluar la calidad del servicio que está prestando esa vía a sus usuarios, especialmente en el medio urbano.

Es de vital importancia conocer la velocidad, ya que a partir de éste concepto se determinan diferentes elementos para el diseño de vías. Así mismo, es un concepto conocido y percibido por los usuarios, lo que lo hace un parámetro de evaluación general del movimiento tránsito en una zona determinada.

Los estudios de velocidad se realizan principalmente en vías de circulación continua, como carreteras de 2 carriles o en vías de múltiples carriles.

En vías de circulación discontinua, se usan estudios sobre tiempo. Gran parte de los estudios acerca de la velocidad están encaminados a la velocidad en un punto

específico de la vía. La velocidad de punto está diseñada para cuantificar y tener la trazabilidad de las características en un lugar específico, bajo ciertas condiciones de tránsito y condiciones de clima presentes en el momento de la captura de la información.

A partir de los estudios de velocidad puntual se pueden identificar los lugares de complejidad, en las que se deben implementar acciones de cambios operacionales que mejoren la movilidad en el sistema.

2.4.1 Clasificación de velocidad

Velocidad puntual: también llamada velocidad instantánea, es la velocidad de un vehículo cuando pasa por un punto dado de una vía.

Velocidad de recorrido: es la relación entre el espacio recorrido por un vehículo y el tiempo que ha requerido para este desplazamiento.

Velocidad de marcha: es la relación entre el espacio recorrido por un vehículo y el tiempo de recorrido, sin tener en cuenta el tiempo que el vehículo estuvo detenido.

Velocidad a flujo libre: es la velocidad teórica libre, es decir cuando la densidad vehicular es cero.

2.4.2 Estudio de velocidad puntual

El estudio de velocidad puntual se desarrolla para determinar las características similares que se tiene de un lugar específico con respecto a la velocidad, bajo circunstancias prevalecientes del estado del tiempo y del tránsito, para así obtener resultados más cercanos a la realidad.

Una de las metodologías para la toma de información de la velocidad puntual es por medio de las mediciones manuales con cronómetro, en la que se fija una distancia base entre 30 y 80 metros, marcando el punto de inicio y final en el tramo vial. Cuando la parte delantera del vehículo pase por la marca inicial, el observador deberá activar el cronómetro hasta que la parte de adelante del mismo vehículo llegue a la marca que le fue asignada al final del tramo. Las observaciones deberán ser anotadas en segundos y en milésimas de segundo, con el fin de calcular la relación espacio – tiempo en metros por segundo, para posteriormente ser expresada en kilómetros por hora.

El estudio de la velocidad de punto requiere de la vinculación de herramientas de la estadística inferencial para la deducción de valores a partir de datos iniciales, pues se incluye la premisa que todos los vehículos no transcurren a la misma velocidad, y que por ende, se presenta una distribución de velocidades para un conjunto de comparación.

2.4.3 Aplicaciones del estudio de velocidad

De acuerdo con Robertson (1994, pp. 33 y 34), entre las aplicaciones de los estudios sobre velocidad puntual se encuentran las siguientes:

- Cálculo para el diseño vial.
- Determinación del valor de variables para la regulación de tránsito.
- Análisis de capacidad vial y nivel de servicio.
- Evaluaciones sobre seguridad vial.
- Estimación de tendencias de velocidades.
- Determinación de la efectividad de medidas para mejorar la circulación del tránsito.

Adicionalmente:

- Generar tendencias de velocidad y proyectar de una muestra a un universo de datos.
- Planeación de tránsito, control y regulación del mismo.
- Evaluar los resultados de tránsito cuando se cambia las condiciones de control existente.
- Evaluar los efectos de las distribuciones de las velocidades reales en las características de los elementos geométricos de la vía.
- Realizar estudios en la teoría del flujo vehicular.

2.4.4 Tamaño de la muestra

El estudio se basa en la toma de una muestra representativa de los vehículos que transitan por el trayecto de caracterización y no con la totalidad de los automotores y si a esto se añade, que todos los vehículos viajan a diferentes velocidades, es necesario tratar estos datos con la ayuda de la estadística. A partir de la constante relacionada con el nivel de confiabilidad deseado.

$$\eta = \left(\frac{K*S}{e} \right)^2 \quad (24)$$

Dónde: n = tamaño de la muestra; e = error permitido en la estimación de la velocidad media de todo el tránsito (entre 8.0 Km/h y 1.5 Km/h); S = desviación estándar.

2.4.5 Desviación estándar

Corresponde la dispersión de todos los datos de velocidad en relación con la media.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [f_i (V_i - \bar{V}_t)^2]}{n-1}} \quad (25)$$

2.4.6 Error estándar de la media

Es el valor con el cual se determina el error que posee la media de la muestra, con media real de la población total de vehículos que pasarían por la sección de la vía durante el periodo de estudio.

$$E = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (26)$$

2.4.7 Intervalo de confianza

El intervalo de confianza hace referencia a los límites que se pueden tener para deducir el valor de la velocidad media real. Para lo anterior, se debe tener en cuenta la relación con el nivel de confiabilidad deseado.

Tabla 2 Nivel de confiabilidad Fuente: Ingeniería de Tránsito (Cal y Mayor R & Cárdenas G, 2007)

Constante K	Nivel de confiabilidad (%)
1.00	68.3
1.50	89.6
1.64	90
1.96	95
2.00	95.5
2.50	98.8
2.58	99
3.00	99.7

2.4.8 Tamaño apropiado de la muestra (η)

Se puede determinar el tamaño mínimo apropiado de la muestra a partir de la constante relacionada con el nivel de confiabilidad deseado.

$$\eta = \left(\frac{K * S}{e} \right)^2 \quad (27)$$

Dónde: e = error permitido en la estimación de la velocidad media de todo el tránsito (entre 8.0 Km/h y 1.5 Km/h).

El histograma y polígono de frecuencia son la representación gráfica de la información obtenida, los cuales son la relación entre las velocidades promedio de los intervalos con las frecuencias observadas relativas, pudiéndose apreciar la distribución de los datos. Por otro lado la curva de frecuencia acumulada relaciona

los límites superiores de los intervalos de las velocidades con las frecuencias acumuladas relativas. Permite determinar de manera gráfica los percentiles.

2.4.9 Percentiles

Los percentiles son la representación porcentual de la muestra que cumple ciertas condiciones. Este es el porcentaje de vehículos de la muestra que transita a cierta velocidad y son calculados para la aplicación a la planeación del tránsito:

Percentil 15: establece el límite mínimo de velocidad.

Percentil 50: es aproximadamente igual al valor de la velocidad media.

Percentil 85: representa el límite máximo de velocidad.

Percentil 98: determina la velocidad de diseño.

Nivel de servicio

El nivel de servicio es un indicador cualitativo utilizado para medir la calidad y las condiciones del flujo vehicular, descrito en factores como velocidad, seguridad, comodidad, libertad del conductor para maniobrar, tiempo de recorrido, entre otros elementos que permitan evaluar el servicio de la vía.

De acuerdo al (HCM, 2000), los niveles de servicio para vías multicarril se describen a continuación:

Nivel de servicio A

Circulación a flujo libre, los conductores poseen la libertad elegir la velocidad y maniobrar, debido a que no se presentan obstrucciones en la autopista. El espaciamiento medio es de 130m y la densidad máxima es de 7 veh/km/carril.

Nivel de servicio B

Circulación razonablemente a flujo libre aunque se perciben los otros vehículos. El espaciamiento medio es de 80m y la densidad máxima es de 11 veh/km/carril.

Nivel de servicio C

Rango dentro del cual queda marcada la influencia de la densidad sobre las operaciones, la presencia de otros vehículos afecta maniobras dentro de la corriente de tráfico. El espaciamiento medio es de 60m y la densidad máxima es de 16 veh/km/carril. Las condiciones de comodidad y seguridad disminuyen.

Nivel de servicio D

Capacidad de maniobra está seriamente restringida debido a la congestión. El espaciamiento medio es de 40m y la densidad máxima es de 22 veh/km/carril. Las condiciones de comodidad y seguridad son bajas, en dicho nivel cualquier afecta sustancialmente el flujo de la vía generando congestiones.

Nivel de servicio E

Funcionamiento a capacidad, la densidad de vehículos es muy alta, por lo que el conductor no está en libertad de maniobrar, cualquier interrupción en el flujo es de gran importancia y ocasiona graves congestiones. Situación en o cerca de la

capacidad, flujo bastante inestable. El espaciamiento es mínimo y la densidad máxima es de 28 veh/km/carril.

Nivel de servicio F

Circulación a flujo forzado, el volumen de la vía excede su capacidad, la libertad de maniobra es extremadamente difícil, las condiciones de seguridad y comodidad son notablemente bajas, se presentan frecuentemente colapsos debido a la alta densidad de vehículos y a la inestabilidad del flujo, conocido como “cuellos de botella”.

2.4.10 Determinación de la velocidad a flujo libre

Para la captura de la velocidad a flujo libre en campo es necesario elegir un tramo representativo de la vía, que presente condiciones de flujo bajo y tomar una muestra de mínimo 100 vehículos livianos seleccionados de manera aleatoria en los diferentes carriles, así que el promedio de los datos capturados se puede utilizar como la velocidad a flujo libre FFS, debido a que dicho valor representa todas las condiciones que influyen en el cálculo y no es necesario realizar ningún ajuste.

Si por el contrario no se tiene la medidas tomadas in situ, es posible estimar la velocidad a flujo libre a partir de un dato base al cual se le deben efectuar ciertos ajustes, debido a que existen condiciones físicas del terreno que deben ser tenidas en cuenta, dichas condiciones son: ancho de los carriles, número de carriles, densidad de intercambiadores y distancia libre lateral derecha. La siguiente ecuación permite determinar la velocidad a flujo libre basada en una velocidad asumida:

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_M - f_{ID} \quad (28)$$

Donde FFS = velocidad a flujo libre estimada (Km/h); BFFS = velocidad a flujo libre base, en el (HCM, 2000) se sugieren valores de 100 Km/h; f_{LW} = ajuste por ancho de carril.; f_{LC} = ajuste por distancia lateral; f_M = ajuste por tipo de separador; f_{ID} = ajuste por puntos de acceso

Los valores de los últimos cuatro parámetros se encuentran contenidos en el capítulo 21 del (HCM, 2000)

2.4.11 Determinación de la tasa de flujo

Es aquella variable que refleja la variación del flujo vehicular dentro la hora de máxima demanda, el efecto de los vehículos pesados y las condiciones de los usuarios de la vía se calcula a partir de la expresión:

$$V_p = \frac{V}{(FHMD)(N)(f_{HV})(f_p)} \quad (29)$$

Dónde: V_p = tasa de flujo para 15 minutos (vehículos livianos/h/carril); V = volumen horario por sentido (vehículos mixtos/h); FHMD = factor de la hora de máxima demanda; N = número de carriles por sentido; f_{HV} = factor de ajuste por vehículos pesados; f_p = factor de ajuste por tipo de conductores

El factor de ajuste por vehículos pesados (f_{HV}) se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1)} \quad (30)$$

Dónde: f_{HV} = factor de ajuste por efecto de vehículos pesados; P_T = porcentaje de camiones en la corriente vehicular; P_B = porcentaje de autobuses en la corriente vehicular; P_R = porcentaje de vehículos recreativos en la corriente vehicular; E_T = automóviles equivalentes a un camión; E_B = automóviles equivalentes a un autobús
 E_R = automóviles equivalentes a un vehículo recreativo;

La densidad se determina a partir de la siguiente expresión:

$$D = \frac{V_p}{S} \quad (31)$$

Donde: D = densidad expresada en vehículos livianos por kilómetro por carril; V_p = tasa de flujo equivalente expresada en vehículos livianos por hora por carril; S = velocidad media de los automóviles en kilómetros por hora.

El nivel de servicio para una vía multicarril nueva, consiste en la determinación del número de carriles requeridos para que la vía permita brindar a los usuarios un nivel de servicio deseado teniendo un volumen y otras condiciones de tránsito definidas. Para lo anterior se debe suponer un N , y calcular con éste la tasa de flujo; luego, se elabora la curva velocidad-flujo con base en la velocidad a flujo libre, a partir de dicha curva se calcula la densidad con la cual finalmente se obtiene el nivel de servicio. Si éste último es el valor esperado, el número de carriles empleados será el dato definido para el diseño geométrico, de lo contrario, se realizará de nuevo el procedimiento con un N mayor o menor de acuerdo al resultado

2.4.12 Criterios para el análisis de capacidad y niveles de servicio

Se cuentan los factores externos que afectan el nivel de servicio y pueden ser medidos en cualquier momento por ser factores físicos. Existen también factores internos que son variable y deben ser medidos durante el periodo de mayor flujo (hora o periodo de máxima demanda).

En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede circular por una vía (flujo de servicio).

2.5 DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS URBANAS

2.5.1 Parámetros de diseño

2.5.1.1 Vehículo de diseño

En la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, 2012) se plantea que del vehículo de diseño se debe considerar el tipo de vehículo con las mayores exigencias, que posiblemente hará uso de la infraestructura vial con una frecuencia importante. Al respecto, se debe contar con información sobre la composición vehicular típica del elemento vial objeto de diseño, la clasificación funcional de la vía y los usos del suelo en que se enmarca el proyecto; lo anterior con el fin de considerar el vehículo tipo que condicione los aspectos más críticos en el diseño geométrico.

El proceso de selección del vehículo de diseño parte de un análisis por niveles que incluye identificar el tipo de vehículo según sea la jerarquía funcional de la vía, el

uso del suelo, el patrón de composición vehicular y condiciones especiales así como el manejo operacional de suministros y servicios.



Figura 4 Variables influyentes en la selección del vehículo de diseño. Fuente: Guía de Diseño Urbano de Bogotá.

2.5.1.2 Clasificación y tipologías

Según la Guía para el diseño de vías de la AASHTO (2004) los vehículos de diseño son los automotores más representativos en el tránsito existente o proyectado, debido a que demandan mayores exigencias respecto a la configuración geométrica de las vías en función de sus dimensiones y sus trayectorias en maniobras y recorridos. Su importancia radica en que a partir de sus características se tipifican algunas dimensiones y características asociadas con radios de giro (tabla 3) y sobrecanchos, pero sobretodo realizar diseños coherentes y racionales frente a las trayectorias vehiculares reales.

Tabla 3 radios para curvas circulares simples Fuente. AASHTO (2004)

Angulo De Giro (Grados)	Vehículo De Diseño	Curva Simple Radio (m)	Radio De Curva Simple Con Abocinamiento		
			Radio (m)	Desplazamiento (m)	Abocinamiento (m)
75	P	11	8	0.6	10-1
	SU	17	14	0.6	10-1
	WB-12	-	18	0.6	15-1
	WB-15	-	20	1.0	15-1
	WB-19	-	43	1.2	20-1
	WB-20	-	43	1.3	20-1
	WB-29	-	26	1.0	15-1
WB-35	-	42	1.7	20-1	
90	P	9	6	0.8	10-1
	SU	15	12	0.6	10-1
	WB-12	-	14	1.2	10-1
	WB-15	-	18	1.2	15-1
	WB-19	-	36	1.2	30-1
	WB-20	-	37	1.3	30-1
	WB-29	-	25	0.8	15-1
WB-35	-	35	0.9	15-1	
105	P	-	6	0.8	8-1
	SU	-	11	1.0	10-1
	WB-12	-	12	1.2	10-1
	WB-15	-	17	1.2	15-1
	WB-19	-	35	1.0	30-1
	WB-20	-	35	1.0	30-1
	WB-29	-	22	1.0	15-1
WB-35	-	28	2.8	15-1	
120	P	-	6	0.6	10-1
	SU	-	9	1.0	10-1
	WB-12	-	11	1.5	8-1
	WB-15	-	14	1.2	15-1
	WB-19	-	30	1.5	25-1
	WB-20	-	31	1.6	25-1
	WB-29	-	20	1.1	15-1
WB-35	-	26	2.8	15-1	

Tabla 4 borde de calzada mínimo para giros en las intersecciones Fuente. AASHTO (2004)

Angulo De Giro (Grados)	Vehículo De Diseño	Radio Compuesta 3 Centros		Radio Compuesta 3 Centros	
		Radio (m)	Desplazamiento Simétrico(m)	Radio (m)	Desplazamiento Asimétrico(m)
75	P	30-8-30	0.6	-	-
	SU	36-14-36	0.6	-	-
	WB-12	36-14-36	1.5	36-14-60	0.6-2.0
	WB-15	45-15-45	2.0	45-15-69	0.6-3.0
	WB-19	134-23-134	4.5	43-30-165	1.5-3.6
	WB-20	128-23-128	3.0	61-24-183	0.3-3.0
	WB-29	76-24-76	1.4	30-24-91	0.5-1.5
WB-35	213-38-213	2.0	46-34-168	0.5-3.5	
90	P	30-6-30	0.8	-	-
	SU	36-12-36	0.6	-	-
	WB-12	36-12-36	1.5	36-12-60	0.6-2.0
	WB-15	55-18-55	2.0	36-12-60	0.6-3.0
	WB-19	120-21-120	3.0	48-21-110	2.0-3.0
	WB-20	134-20-134	3.0	61-21-183	0.3-3.4
	WB-29	76-21-76	1.4	61-21-91	0.3-1.5
WB-35	213-34-213	2.0	30-29-169	0.6-3.5	

De acuerdo con lo anterior, la Guía citada señala que los vehículos de diseño se clasifican en cinco clases, según sus características generales y su impacto en el diseño geométrico de la infraestructura vial. A continuación se presenta la tipología y la descripción de las clases de vehículos de diseño aplicados:

Vehículos Livianos (V.L)

Este grupo de vehículos hace referencia principalmente a automóviles convencionales de dos ejes simples, con sistema de rueda simple, cuyas trayectorias no inciden drásticamente en la configuración geométrica de la infraestructura vial. También se incluyen en este grupo a las motocicletas, las cuales se consideran un vehículo de diseño fundamental en temas como el diseño de elementos de contención vehicular, que requieren dimensionamientos especiales cuando el porcentaje de motos es alto (mayor al 5%).

Vehículos Pesados (V.P)

Dentro de los vehículos pesados se incluye a los automotores de carga, específicamente a los tractocamiones. Para el caso del diseño geométrico, la configuración tipo simple, tándem o triple no es incidente como sí lo es, a nivel de tránsito y pavimentos. En el caso del diseño geométrico, independientemente de las tipologías C2-S2, C3-S1, C3-S2 y C3-S3, las variables influyentes son la longitud total del vehículo y la distancia entre ejes pues de estas se deriva la fórmula del sobreechancho como se verá más adelante. Por tal motivo la nomenclatura otorgada a cada tipo de vehículo pesado corresponde solamente al nombre del vehículo según la AASHTO, seguido de la longitud total en metros, p.e. WB-12, se refiere a un tracto-camión de 12m de longitud y no a la nomenclatura tipo INVIAS.

2.5.1.3 Elementos geométricos de los vehículos de diseño

De acuerdo a la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (INVIAS 2008) se establece la tabla 3 en la que se muestra los valores geométricos más relevantes de los diferentes vehículos de diseño, requeridos para el cálculo de los sobrecanchos.

Tabla 5 Dimensiones vehículo de diseño Fuente. INVIAS (2008).

	CATEGORÍA	a (m)	b (m)	d (m)	e(m)	L (m)
	Vehículo liviano	2.90	0.80	1.30	1.80	3.70
	Bus mediano	6.49	0.76	3.66	2.44	7.25
	Bus grande	7.00	2.70	3.30	2.60	9.70
2	Camión de dos ejes	6.60	1.40	3.20	2.50	8.00
3	Camión de tres ejes o dobleroque	6.55	1.25	3.20	2.50	7.80

2.5.1.4 Trayectorias mínimas de diseño

La selección del vehículo de diseño, en la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012), no se realiza de cara a la estimación solo de un radio mínimo, sino a la configuración de una trayectoria de diseño. Las dimensiones principales que afectan el diseño son: el mínimo Radio de Giro en el Eje vehicular (RGE), el ancho de calzada en el inicio de la curva, la distancia entre ejes y la trayectoria de la rueda trasera interior (AASHTO, 2011). Así, los límites de las trayectorias de giro de cada vehículo de diseño se establecen a partir de la traza exterior de la saliente frontal (RSF) y el recorrido de la rueda trasera interior (RRI).

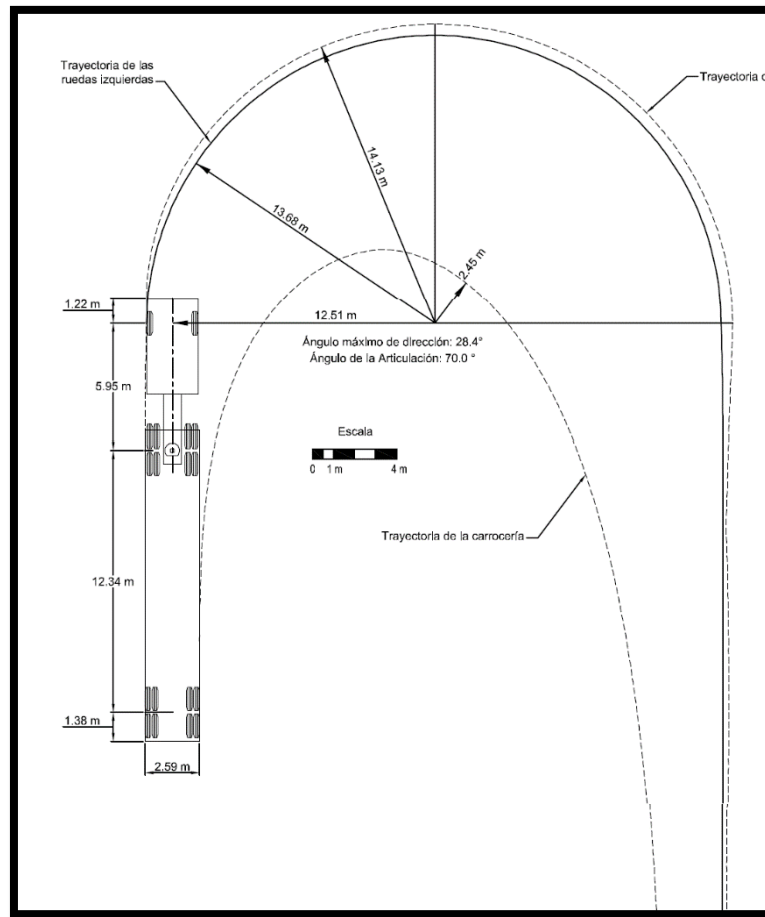


Figura 5 Trayectoria vehicular de un camión de 3 ejes. Fuente. Guía de Diseño Urbano de Bogotá.

Basados en la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012), se tiene que para la estimación de las trayectorias de giro se asume que la traza exterior de la saliente frontal sigue un arco circular definido por el mínimo Radio de Giro en el Eje vehicular (RGE), el cual es determinado con base en el mecanismo de dirección del automotor. Los valores de RGE y los radios mínimos de giro sobre las trayectorias exteriores e interior del vehículo se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 6 Radios de giro mínimos en las trayectorias vehiculares (metros) Fuente.
Guía de Diseño Urbano de Bogotá.

	Auto (PM-5.79M)	TRACTO CAMIÓN (WB-12M)	TRACTO CAMIÓN (WB-15M)	TRACTO CAMIÓN (WB-19M)	CAMIÓN C2 - G (SUM - 9.15 M)	MICROBUS (19 PAS - 6.28 M)	BUSETA (40 PAS - 7.59 M)	BUSETÓN (50 PAS - 8.42 M)	PADRON (80 PAS - 12.20M)	ARTICULADO (160 PAS - 18.29 M)	BIARTICULADO (240 PAS - 27.57 M)
Radio Mínimo de Giro en el Eje vehicular	6.39	10.98	12.53	12.61	11.58	5.98	7.64	9.00	11.90	8.69	10.81
Radio mínimo en la trayectoria exterior de la saliente frontal	7.74	12.43	13.97	14.15	13.20	7.48	9.26	10.61	14.10	11.18	13.20
Radio mínimo en la trayectoria de la rueda trasera interior	4.53	5.89	6.23	2.55	8.83	4.16	5.44	6.62	9.06	3.51	

Adicionalmente, se definen que estos valores mínimos de ocupación, deben incrementarse en función de aislamientos de seguridad, como la distancia transversal entre vehículos y entre la trayectoria y el borde de calzada, las cuales se recomiendan por seguridad vial, entre 0.6-0.9 y 0.45-0.6, respectivamente.

2.5.1.5 Sobreanchos

En vías urbanas el sobreancho se establece en tres casos, tabulados en la Tabla 3-50 de la AASHTO 2004:

Caso 1: Un carril de operación sin carril de sobrepaso.

Caso 2: Un carril de operación con carril de sobrepaso.

Caso 3: dos carriles de operación con el mismo tipo de vehículo en ambos carriles.

Tabla 7 Sobranchos para los diferentes vehículos de diseño en función del radio interno de giro Fuente. Tabla 3-50 AASTHO 2004

Radius on Inner Edge of Pavement- R (m)	Case I, One-Lane, One-Way Operation, No Provision for Passing a Stalled Vehicle																		
	P	SU	BUS-12	BUS-14	CITY-BUS	S-BUS11	S-BUS12	A-BUS	WB-12	WB-15	WB-19	WB-20	WB-20D	WB-30T	WB-33D	MH	P/T	P/B	MH/B
15	4.0	5.5	6.8	7.2	6.5	5.7	5.5	6.7	7.0	9.7	13.3	15.7	6.8	11.6	--	5.5	5.7	5.4	6.5
25	3.0	5.0	5.7	5.0	5.8	5.1	5.0	5.7	5.8	7.2	9.5	0.0	6.8	7.0	12.0	5.0	5.1	4.0	5.5
30	3.8	4.0	5.4	5.7	5.4	5.0	4.0	5.5	5.5	6.7	7.7	9.1	6.3	7.3	10.4	4.0	5.0	4.8	5.3
50	3.7	4.8	5.0	5.2	5.0	4.7	4.8	5.0	5.0	5.7	8.3	8.5	5.5	8.1	7.7	4.8	4.7	4.6	4.9
75	3.7	4.5	4.8	4.9	4.8	4.5	4.5	4.9	4.8	5.3	5.7	5.9	5.2	5.8	8.7	4.5	4.5	4.5	4.7
100	3.7	4.5	4.8	4.9	4.8	4.5	4.5	4.9	4.8	5.3	5.7	5.9	5.2	5.8	8.7	4.5	4.5	4.5	4.7
125	3.7	4.5	4.8	4.9	4.8	4.5	4.5	4.9	4.8	5.3	5.7	5.9	5.2	5.8	8.7	4.5	4.5	4.5	4.7
150	3.7	4.5	4.8	4.9	4.8	4.5	4.5	4.9	4.8	5.3	5.7	5.9	5.2	5.8	8.7	4.5	4.5	4.5	4.7
Tangent	3.5	4.2	4.4	4.4	4.4	4.2	4.2	4.4	4.2	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.2	4.2	4.2	4.2
Radius on Inner Edge of Pavement- R (m)	Case II, One-Lane, One-Way Operation, with Provision for Passing a Stalled Vehicle by Another of the Same Type																		
	P	SU	BUS-12	BUS-14	CITY-BUS	S-BUS11	S-BUS12	A-BUS	WB-12	WB-15	WB-19	WB-20	WB-20D	WB-30T	WB-33D	MH	P/T	P/B	MH/B
15	5.0	9.2	11.9	13.1	11.7	9.4	9.7	12.4	11.8	17.3	24.7	29.5	15.4	20.9	--	9.2	9.3	8.7	11.0
25	5.5	7.9	9.6	10.2	9.5	8.0	8.2	9.9	9.3	12.1	14.9	16.0	11.2	13.5	21.7	7.9	7.9	7.6	8.9
30	5.5	7.0	9.0	9.5	9.0	7.7	7.8	9.3	8.8	11.1	13.3	14.2	10.4	12.2	18.4	7.0	7.0	7.4	8.4
50	5.3	7.0	8.0	8.3	7.9	7.0	7.1	8.1	7.7	9.1	10.4	10.9	8.7	9.8	13.1	7.0	7.0	6.8	7.5
75	5.2	6.7	7.4	7.6	7.4	6.7	6.8	7.5	7.1	8.2	9.0	9.3	7.9	8.8	10.8	6.7	6.7	6.6	7.0
100	5.2	6.5	7.2	7.3	7.1	6.6	6.6	7.2	6.9	7.7	9.3	9.8	7.5	9.1	9.7	6.5	6.5	6.6	6.9
125	5.1	6.4	7.0	7.1	7.0	6.5	6.5	7.1	6.7	7.5	9.0	9.1	7.3	7.7	9.0	6.4	6.4	6.4	6.6
150	5.1	6.4	6.0	7.0	6.0	6.4	6.4	7.0	6.6	7.3	7.7	7.9	7.2	7.5	8.8	6.4	6.4	6.3	6.5
Tangent	5.0	6.1	6.4	6.4	6.4	6.1	6.1	6.4	6.1	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.1	6.1	6.1	6.1
Radius on Inner Edge of Pavement- R (m)	Case III, Two-Lane Operation, Either One or Two-Way (Same Type Vehicle in Both Lanes)																		
	P	SU	BUS-12	BUS-14	CITY-BUS	S-BUS11	S-BUS12	A-BUS	WB-12	WB-15	WB-19	WB-20	WB-20D	WB-30T	WB-33D	MH	P/T	P/B	MH/B
15	7.8	11.0	13.7	14.9	13.5	11.2	11.5	14.2	13.6	19.1	26.5	31.3	17.2	22.7	--	11.0	11.1	10.5	12.8
25	7.4	9.7	11.4	12.0	11.3	9.8	10.0	11.7	11.1	13.9	16.7	17.8	13.0	15.3	23.5	9.7	9.7	9.4	10.7
30	7.3	9.4	10.8	11.3	10.8	9.5	9.6	11.1	10.6	12.9	15.1	16.0	12.2	14.0	20.2	9.4	9.4	9.2	10.2
50	7.1	8.8	9.8	10.1	9.7	8.8	8.9	9.9	9.5	10.9	12.2	12.7	10.5	11.6	14.9	8.8	8.8	8.6	9.3
75	7.0	8.5	9.2	9.4	9.2	8.5	8.6	9.3	8.9	10.0	10.8	11.1	9.7	10.4	12.6	8.5	8.5	8.4	8.8
100	7.0	8.3	9.0	9.1	8.9	8.4	8.4	9.0	8.7	9.5	10.1	10.4	9.3	9.9	11.5	8.3	8.3	8.3	8.6
125	6.9	8.2	8.8	8.9	8.8	8.3	8.3	8.9	8.5	9.3	9.8	9.9	9.1	9.5	10.8	8.2	8.2	8.2	8.4
150	6.9	8.2	8.7	8.8	8.7	8.2	8.2	8.8	8.4	9.1	9.5	9.0	8.0	9.3	10.4	8.2	8.2	8.1	8.3
Tangent	6.8	7.9	8.2	8.2	8.2	7.9	7.9	8.2	7.9	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	7.9	7.9	7.9	7.9

2.5.1.6 Velocidad

La velocidad es el elemento básico y primordial para el diseño geométrico de vías, ya que a partir de este parámetro se realiza el cálculo de los principales elementos geométricos y componentes del proyecto. En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad y comodidad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos o muy

frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido. Por lo tanto, la velocidad debe ser una variable estudiada, regulada y controlada.

El objetivo principal del diseño geométrico de una vía deberá ser el de proveer el servicio (oferta) para satisfacer el volumen de tránsito (demanda), de una manera segura, cómoda y económica, con una velocidad adecuada, que supuestamente hayan de seguir la mayoría de los conductores.

Velocidad General: es la relación entre el espacio recorrido y el tiempo de tarda en recorrerlo, usualmente se expresa en (km/h).

$$v = \frac{d}{t} \quad (32)$$

Donde,

v = velocidad constante (km/h); d = distancia recorrida (km); t = tiempo recorrido (h)

En su libro González, Vargas, Rincón, (2012), se presentan los siguientes conceptos básicos de la velocidad de un proyecto vial.

2.5.1.6.1 Velocidad de diseño VTR

Es la velocidad guía o de referencia que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de comodidad y seguridad. Se define como 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.

2.5.1.6.2 Velocidad de operación

Es la velocidad segura y cómoda a la que un vehículo aislado circularía por él, sin condicionar la elección de la velocidad por parte del conductor ningún factor relacionado con la intensidad de tránsito, ni la meteorología, es decir, asumiendo un determinado nivel de velocidad en función de las características físicas de la vía y su entorno, apreciables por el conductor.

2.5.1.7 Visibilidad

Es la distancia sobre la vía que el conductor puede observar delante de él. La distancia de visibilidad mínima que dispone un conductor debe ser lo suficientemente larga, para que le permita transitar a una velocidad cercana a la de diseño y que al divisar un objeto al frente de su trayectoria pueda detenerse o ejecutar una determinada acción sin incurrir en maniobras difíciles que afecten sus condiciones de seguridad (AASHTO, 2011).

El diseño de una vía debe garantizar una óptima visibilidad en cualquier tramo de su recorrido y así ofrecer a los usuarios, una circulación cómoda y segura.

2.5.1.7.1 Distancia de Visibilidad de Parada (Dp)

Se considera como distancia de visibilidad de parada de un determinado punto de una carretera, la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria al circular a la velocidad específica del elemento (VCH, VETH, VCV o VTV) en el cual se quiere verificar esta distancia de visibilidad.

La longitud requerida para detener el vehículo será la suma de dos distancias: la distancia recorrida durante un tiempo de percepción y reacción y la distancia recorrida durante el frenado.

La distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción (adoptado en dos y medio segundos (2.5 s) para efectos del proyecto) se mide desde el momento en que se hace visible el obstáculo hasta el instante en que se aplican los frenos. En esta distancia se supone que el vehículo circula con movimiento uniforme a la velocidad específica del elemento.

La distancia recorrida durante el frenado se mide desde la aplicación de los frenos hasta el momento en que el vehículo se detiene totalmente, circulando con movimiento uniformemente desacelerado con velocidad inicial igual a la velocidad específica del elemento. El valor de la desaceleración asumida es tal que no implica el bloqueo de las llantas al realizar el trabajo de frenado, aun en condiciones de pavimento húmedo. Este estudio fue realizado por la AASHTO y presentado en el Manual de Diseño Geométrico de AASHTO – 2004.

$$D_p = 0.695 * V_e + \frac{V_e^2}{254 * \left(\frac{a}{9.91} + \frac{p}{100} \right)} \quad (33)$$

Donde,

D_p = distancia de visibilidad de parada, (m); V_e = velocidad específica del elemento sobre el cual se está determinando la distancia de visibilidad, (km/h); a = Rata de aceleración, igual a 3.4 m/seg²; p = Pendiente en tanto por uno

2.5.1.7.2 Distancia de visibilidad en Intersecciones

La presencia de intersecciones a nivel, hace que potencialmente se puedan presentar una diversidad de conflictos entre los vehículos que circulan por una y otra calzada. La posibilidad de que estos conflictos ocurran, puede ser ampliamente reducida mediante la provisión apropiada de distancias de visibilidad de cruce y de dispositivos de control acordes.

El conductor de un vehículo que se aproxima por la calzada principal a una intersección a nivel, debe tener visibilidad, libre de obstrucciones, de toda la intersección y de un tramo de la calzada secundaria de suficiente longitud que le permita reaccionar y efectuar las maniobras necesarias para evitar una colisión.

La distancia mínima de visibilidad de cruce considerada como segura, bajo ciertos supuestos sobre las condiciones físicas de la intersección y del comportamiento otra calzada. La posibilidad de que estos conflictos ocurran, puede ser ampliamente reducida mediante la provisión apropiada de distancias de visibilidad de cruce y de dispositivos de control acordes.

El conductor de un vehículo que se aproxima por la calzada principal a una intersección a nivel, debe tener visibilidad, libre de obstrucciones, de toda la intersección y de dimensiones menores a la requerida. El triángulo de visibilidad en la aproximación a los accesos de una intersección se muestra en la Figura 6.

Por lo tanto, cualquier objeto ubicado dentro del triángulo de visibilidad, lo suficientemente alto, que se constituya en una obstrucción a la visibilidad lateral, deberá ser removido. Por otra parte, después de que un vehículo se ha detenido en

el acceso de una intersección por la presencia de una señal de "PARE", su conductor deberá tener la suficiente distancia de visibilidad para realizar una maniobra segura a través del área de la intersección, ya sea para cruzar de frente la calzada principal o para girar a la derecha o a la izquierda sobre ella.

Simultáneamente se deberá proveer la suficiente distancia de visibilidad a los conductores que viajan sobre la calzada principal, la cual deberá ser al menos igual a la distancia que recorre el vehículo sobre la calzada principal durante el tiempo que le toma al vehículo de la calzada secundaria realizar su maniobra de cruce o giro. La Figura 4 muestra el triángulo de visibilidad requerido bajo esta condición.

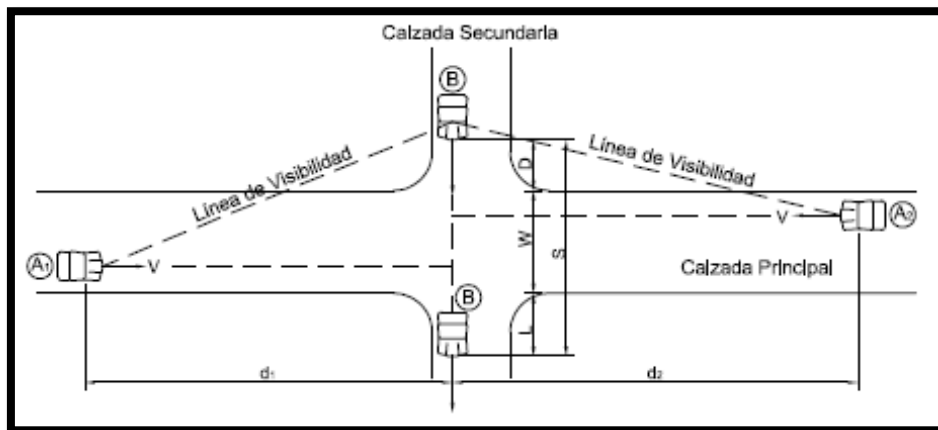


Figura 6 Distancia de visibilidad en intersecciones. Triángulo mínimo de visibilidad

Fuente. INVIAS (2008)

La distancia de visibilidad para una maniobra de cruce de la calzada principal por un vehículo detenido en la calzada secundaria, está basada en el tiempo que le toma a este vehículo en despejar la intersección, y la distancia que recorre un vehículo sobre la calzada principal a la velocidad de diseño durante el mismo tiempo.

La distancia mínima de visibilidad de cruce necesaria a lo largo de la calzada principal se debe calcular mediante la siguiente expresión

$$d = 0.278 * Ve * (t1 + t2) \quad (34)$$

Donde; d= Distancia mínima de visibilidad lateral requerida a lo largo de la calzada principal, medida desde la intersección, en metros. Corresponde a las distancias d1 y d2 de la Figura 6; Ve= Velocidad Específica de la calzada principal, en km/h. Corresponde a la Velocidad específica del elemento de la calzada principal inmediatamente antes del sitio de cruce.; t1= Tiempo de percepción – reacción del conductor que cruza, adoptado en dos y medio segundos (2.5 s); t2= Tiempo requerido para acelerar y recorrer la distancia S, cruzando la calzada principal, en segundos.

En la Tabla 8 se presentan las distancias mínimas de visibilidad, requeridas para cruzar con seguridad la intersección en ángulo recto de una calzada principal de ancho de calzada siete metros con treinta centímetros (7.30 m) y dos sentidos de circulación, partiendo desde la posición de reposo en la calzada secundaria ante una señal de "PARE", para diferentes tipos de vehículos.

Para vías con anchos superiores, o mayor número de carriles, o con separador central, se deberán utilizar las expresiones anteriores, para calcular la distancia mínima de visibilidad lateral.

Tabla 8 Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una calzada principal con ancho 7. 30 m, con dispositivo de control en la calzada secundaria

Fuente. INVIAS 2008

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA CALZADA PRINCIPAL km/h	DISTANCIA A LO LARGO DE LA VÍA PRINCIPAL A PARTIR DE LA INTERSECCIÓN d_1, d_2		
	TIPO DE VEHÍCULO QUE REALIZA EL CRUCE		
	LIVIANO L=5.00 m	CAMIÓN DE DOS EJES L=11.00 m	TRACTO CAMIÓN DE TRES EJES CON SEMIRREMOLQUE DE DOS EJES L=20.89 m
40	80	112	147
50	100	141	184
60	120	169	221
70	140	197	258
80	160	225	295
90	180	253	332
100	200	281	369

2.5.2 Diseño de alineamiento horizontal

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

El alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y curvas de grado de curvatura variable que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal debe permitir una operación segura y cómoda a la velocidad de diseño.

Durante el diseño de una vía nueva se deben evitar tramos en planta con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día,

especialmente en zonas donde la temperatura es relativamente alta. Estas condiciones inciden en generar sueño en el conductor y de esta manera ocasionar accidentalidad.

2.5.2.1 Peralte

Según la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, 2012), cuando el vehículo se mueve en una curva horizontal, experimenta una fuerza centrípeta que lo hala hacia el centro de la curva. Esta aceleración se contrarresta con la fricción lateral y la componente horizontal del peso generada al inclinar la calzada hacia el centro de la curva, así pues, el coeficiente de fricción lateral del pavimento y la inclinación transversal en curva, también denominada peralte, son los elementos que contribuyen a la estabilidad de los automotores en su tránsito por elementos con diferentes grados de curvatura.

Como lo menciona el documento de “Instrucción de la vía Pública” (Ayuntamiento de Madrid, 2000), aunque a escala rural los peraltes mejoran la seguridad de circulación en las curvas y permiten reducir su radio, en áreas urbanas éstos deben utilizarse con precaución porque pueden dificultar un adecuado encaje físico de la vía en el entorno y animar a mayores velocidades de las convenientes.

Por ello, salvo en las vías de orden arterial, en las que se usarán sin más limitaciones que las técnicas, o en los tramos de vías intermedias sin accesos directos, en las que podrán puntualmente ser de utilidad; en el resto, y particularmente en la red vial local, deberá evaluarse expresamente sus posibles impactos negativos y aplicarse sólo excepcionalmente.

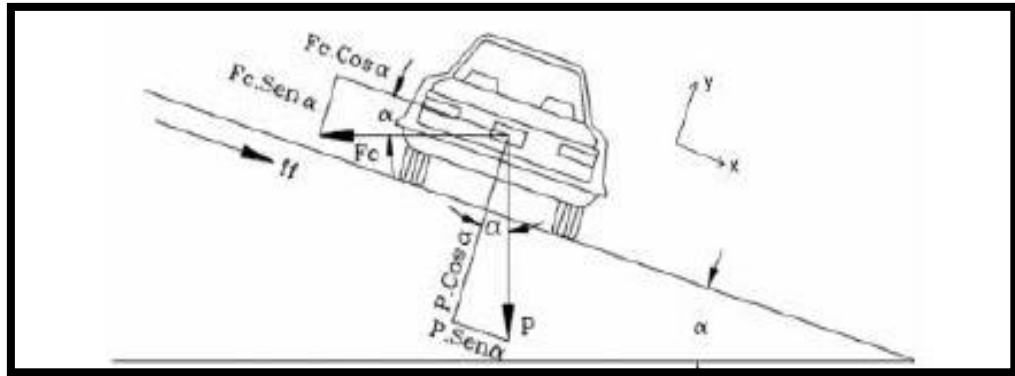


Figura 7 Diagrama de fuerzas que experimenta el vehículo en curva Fuente.
 “Tomado de Diseño Geométrico de Vías - Ajustado al Manual Colombiano” Ing. John Jairo
 Agudelo

$$F = \frac{P \cdot V^2}{g \cdot R} \quad (35)$$

Dónde: P = Peso del vehículo en N; v = Velocidad del vehículo en m/s; g = Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s²; R = Radio de curvatura en m.; F = Fuerza centrífuga en N

Así las cosas, de acuerdo a la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012), se establece que como tan α es la pendiente transversal de la calzada, es decir el mismo peralte e, y además el producto del peralte por el coeficiente de fricción, es un valor que tiende a cero, la ecuación resultante se puede expresar como:

$$e = \frac{V^2}{gR} - f \quad (36)$$

O según (AASHTO, 2011), mediante la ecuación simplificada de equilibrio:

$$f = \frac{V^2}{127R} - 0.01e \quad (37)$$

Donde: f = Coeficiente de fricción lateral; V = Velocidad de diseño (km/h); R = Radio de la curva (m); e = Peralte (%)

2.5.2.1.1 Peralte máximo en vías arteriales e intermedias

En la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012) se definió que el peralte máximo de diseño está determinado, además de la condición de equilibrio, por las limitaciones o impactos sobre la accesibilidad a predios, la comodidad y seguridad en la circulación, el tipo de tránsito, entre otros aspectos.

Es por esto que en la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012) se establece que para el caso de Bogotá, los peraltes máximos recomendados son del 4% y el 6% cuando las calzadas vehiculares estén condicionadas por la franja lateral de espacio público y consiguientemente el acceso a predios, tal como se presentan a continuación:

2.5.2.1.2 Peraltes máximos en zonas urbanas

En vías arteriales con velocidades de diseño mayores o iguales a 30 km/h, el peralte máximo debe ser 4% cuando el control de accesos es limitado o nulo y no existen separadores que delimiten las calzadas vehiculares. También se acepta del 6% si existen separadores que permitan absorber diferencias de altura y si se presenta un control de accesos parcial. Así, se podría por ejemplo diseñar las calzadas rápidas de un corredor arterial con 6% y las de servicio con 4%.

En vías con velocidades inferiores a 30 km/h todo se maneja con bombeo normal.

Tabla 9 Radio- Velocidad específica –Peralte, Vías urbanas Fuente. ASHTO 2004
Exhibit 3-25

e (%)	VCH = 20	VCH = 30	VCH = 40	VCH = 50	VCH = 60	VCH = 70	VCH = 80	VCH = 90	VCH = 100
	Km/h	Km/h	Km/h	Km/h	Km/h	Km/h	Km/h	Km/h	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
2.0	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
3.0	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
4.0	8	22	47	86	135	203	280	375	492

2.5.2.2 Grado de curvatura máximo

El peralte está asociado, según la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, 2012), al Grado de Curvatura Máximo G_{max} , dado que entre mayor sea la curvatura, mayor será la exigencia de peralte, en función de la siguiente ecuación.

$$G_{m\acute{a}x} = \frac{180 \cdot C}{\pi \cdot R_{min}} \quad (38)$$

Así es necesario hallar para cada radio mínimo calculado anteriormente, el grado de curvatura máximo con una cuerda unitaria (c) de 10 m. Los valores se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 10 Grados de curvatura máximos para diferentes velocidades de diseño y peraltes máximos Fuente: Guía de Diseño Urbano de Bogotá.

Velocidad de Diseño Km/h	f _{max}	Grado de Curvatura Máximo		
		e _{max} = 4%	e _{max} = 6%	e _{max} = 8%
30	0.28	25.87	27.49	29.11
40	0.23	12.28	13.19	14.10
50	0.19	6.69	7.28	7.86
60	0.17	4.24	4.65	5.05
70	0.15	2.82	3.12	3.42
80	0.14	2.05	2.27	2.50
90	0.13	1.53	1.71	1.89
100	0.12	1.16	1.31	1.46
110	0.11	0.90	1.02	1.14
120	0.09	0.66	0.76	0.86

2.5.2.3 Consideraciones prácticas

Con la fórmula que se relaciona a continuación, en la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012), se calcula el peralte para las velocidades dadas, los peraltes máximos y los radios probables, así:

$$e = e_{\text{máx}} - e_{\text{máx}} * \left(\frac{G_{\text{máx}} - G}{G_{\text{máx}}} \right)^2 \quad (39)$$

En los resultados a utilizar en el diseño geométrico plateados en la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012), se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11 Tasas de peraltes para determinados radios, velocidades y peraltes máximos Fuente. AASHTO, 2011.

R m	G(°)	emax=4%										emax=6%										
		Vd=30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
3000	0,191	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,03	2,64
2500	0,229	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,39	3,08
2000	0,286	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,14	2,73	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,34	2,89	3,68
1500	0,382	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,19	2,67	3,30	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,38	2,99	3,65	4,52		
1400	0,409	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,32	2,81	3,43	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,53	3,16	3,84	4,73		
1300	0,441	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,46	2,95	3,57	2,00	2,00	2,00	2,00	2,10	2,70	3,36	4,06	4,95		
1200	0,477	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,11	2,61	3,11	3,70	2,00	2,00	2,00	2,00	2,26	2,89	3,58	4,30	5,18		
1100	0,521	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,26	2,78	3,29	3,83	2,00	2,00	2,00	2,00	2,43	3,10	3,82	4,56	5,41		
1000	0,573	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,44	2,97	3,47	3,93	2,00	2,00	2,00	2,00	2,64	3,35	4,10	4,84	5,64		
900	0,637	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,10	2,64	3,18	3,65	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,20	2,89	3,64	4,42	5,15	5,85	
800	0,716	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,31	2,87	3,41	3,83		2,00	2,00	2,00	2,00	2,44	3,18	3,98	4,77	5,46	5,98	
700	0,819	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,56	3,14	3,65	3,97		2,00	2,00	2,00	2,00	2,74	3,54	4,37	5,16	5,76		
600	0,955	2,00	2,00	2,00	2,00	2,25	2,86	3,44	3,87	3,99		2,00	2,00	2,00	2,21	3,11	3,98	4,84	5,56	5,97		
500	1,146	2,00	2,00	2,00	2,00	2,59	3,23	3,75	4,00			2,00	2,00	2,00	2,59	3,60	4,52	5,35	5,91			
400	1,432	2,00	2,00	2,00	2,24	3,03	3,64	3,98				2,00	2,00	2,13	3,13	4,25	5,18	5,84	5,95			
300	1,910	2,00	2,00	2,00	2,79	3,58	3,98					2,00	2,00	2,74	3,92	5,10	5,85	5,92				
250	2,292	2,00	2,00	2,27	3,15	3,86						2,00	2,00	3,18	4,46	5,58	6,00					
200	2,865	2,00	2,00	2,69	3,58	4,00						2,00	2,32	3,79	5,12	5,96						
180	3,183	2,00	2,00	2,90	3,75	3,93						2,00	2,55	4,10	5,40	6,00						
160	3,581	2,00	2,00	3,13	3,90							2,00	2,82	4,45	5,68							
140	4,093	2,00	2,22	3,40	3,99							2,00	3,15	4,85	5,91							
120	4,775	2,00	2,51	3,67	3,94							2,00	3,56	5,29	6,00							
100	5,730	2,00	2,86	3,92	3,51							2,24	4,08	5,73								
110	5,209	2,00	2,67	3,80	3,79							2,06	3,80	5,52								
100	5,730	2,00	2,86	3,92	3,51							2,24	4,08	5,73								
90	6,366	2,00	3,07	3,99								2,46	4,39	5,91								
80	7,162	2,00	3,31	3,98								2,72	4,75	6,00								
70	8,185	2,13	3,56									3,04	5,14									
60	9,549	2,41	3,80									3,44	5,54									
40	14,324	3,20	3,89									4,62	5,96									
30	19,099	3,73										5,44										
20	28,648	3,95										5,99										
10	57,296																					

2.5.2.4 Transición del peralte

La Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012) plantea que a lo largo del tramo de carretera que precede al alineamiento curvo, para pasar de una sección con bombeo a otra con peralte, es necesario efectuar un cambio de la inclinación transversal de la calzada. Este

cambio no puede efectuarse bruscamente, sino que debe hacerse a través de una variación gradual de la pendiente de la calzada. (Carciente, 1980).

Por confort y apariencia, la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012) recomienda que la longitud del tramo donde se efectuó la transición del peraltado, debe ser tal que la pendiente del borde exterior de la plataforma, relativa al eje de la misma, no debe ser superior a 1:250 (Carciente, 1980). En función de la velocidad de diseño, las siguientes deben ser las máximas pendientes relativas:

Tabla 12 Máximas pendientes relativas. Fuente: AASHTO, 2011.

Velocidad de Diseño km/h	mpr max
30	1:133
40	1:143
50	1:154
60	1:167
70	1:182
80	1:200
90	1:213
100	1:227
110	1:244
120	1:250

De acuerdo con la consideración de las pendientes relativas, de la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012), permite establecer la longitud de la transición del peraltado, la cual será proporcional al peralte.

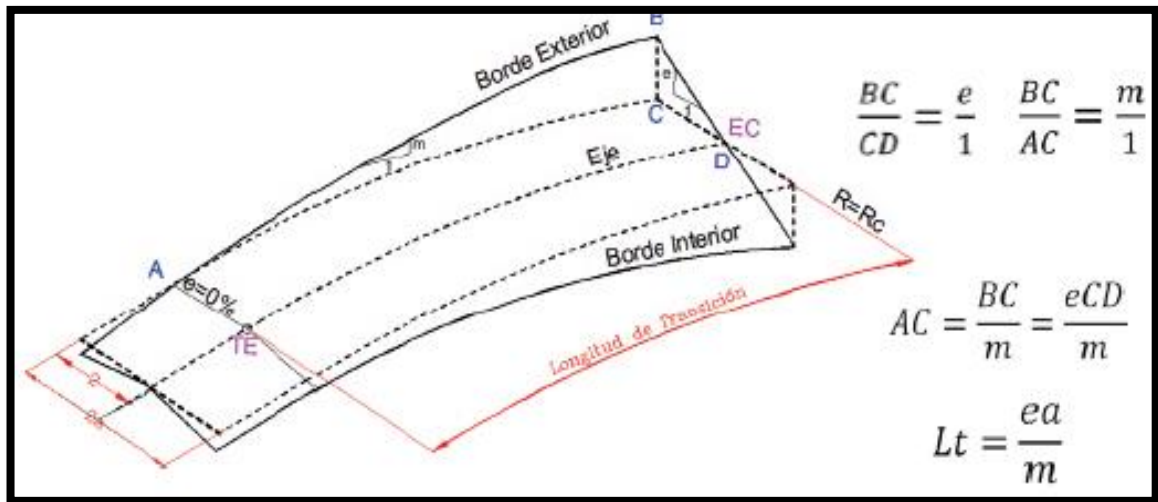


Figura 8 Cálculo de la longitud de transición. Fuente. Guía de Diseño Urbano de Bogotá.

De la fórmula anterior, la pendiente m , es una medida relativa de la pendiente que se eleva, por unidad de longitud y por lo tanto:

$$\Delta H = emax^a \quad (40)$$

$$m = \frac{\Delta H}{Lt} \quad (41)$$

$$mpr = \frac{1}{m} \quad (42)$$

La variable a , hace referencia a la distancia mayor desde el eje de diseño hasta uno de los bordes de la calzada.

La siguiente figura muestra un diagrama de peralte típico:

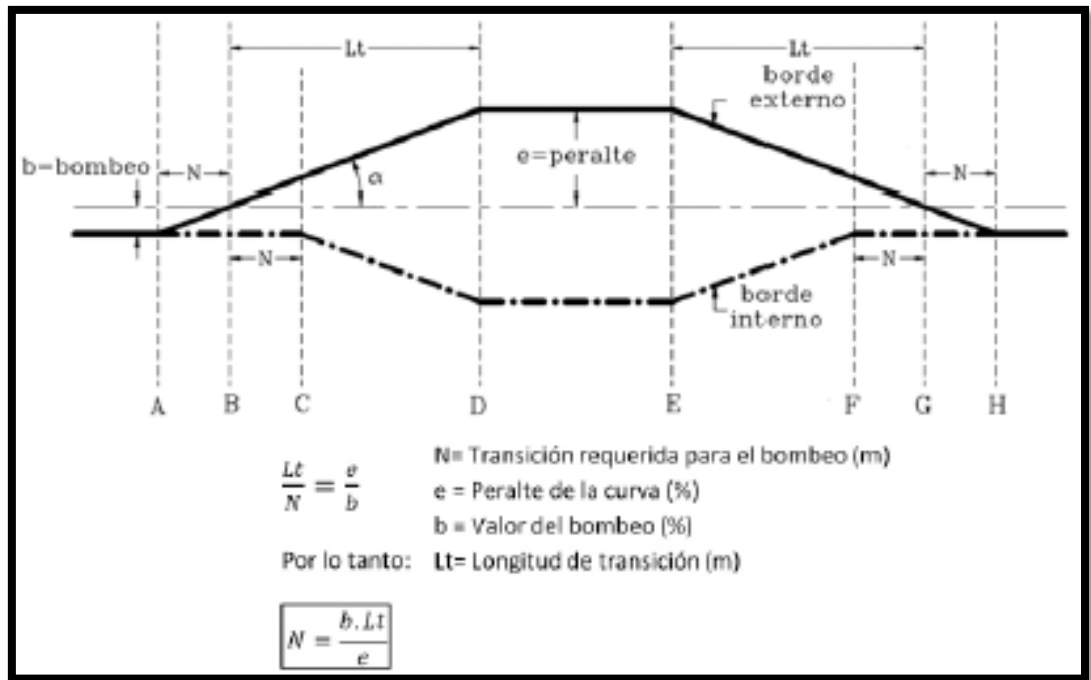


Figura 9 Diagrama de peraltes típico Fuente: Diseño Geométrico de Vías. Ing. John Jairo Agudelo

Debe tenerse presente que el bombeo normal en tramo recto no debe ser inferior al +2%. Además, la selección del esquema de bombeo dependerá de los condicionamientos del drenaje superficial y de los requerimientos urbanísticos al manejo transversal y altimétrico de las calzadas.

En el área urbana no existe la libertad con la que se cuenta a nivel rural para independizar las calzadas; en este caso, deben usarse los separadores para absorber la diferencia de altura entre calzadas dejándolos tan horizontales como sea posible para favorecer los cruces peatonales, a no ser que, por el contrario, se pretenda evitar el tránsito transversal de peatones.

En la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012), se citan las siguientes concatenaciones:

Concatenaciones E-C-E

Cuando el proyecto ha empleado curvas de transición, la transición del peraltado se realiza conjuntamente con la de la curvatura. En todo caso, debe verificarse el cumplimiento de las pendientes relativas máximas de la Tabla 9, en función de la velocidad de diseño y cuando la longitud de espiral seleccionada represente una pendiente mayor, debe asumirse la recomendada y recalcular con este valor, la longitud de transición; que en este caso sería menor que la longitud de espiral.

Concatenaciones E-E

El proceso es semejante al que se realiza en concatenaciones E-C-E, pero la longitud de transición debe ajustarse, sin afectar la pendiente relativa, para garantizar que la zona de aplanamiento del peralte, o distancia DE en la Figura 12, permita recorrer por 3 segundos la zona de peralte máximo, a la velocidad de diseño.

Concatenaciones C

En los casos en que no se emplean curvas de transición, la transición del peraltado se realiza en la tangente y parte de la curva circular. Se recomienda distribuir 2/3 de la longitud en la tangente y 1/3 en la curva circular, de manera que la curva comienza con 2/3 del peralte.

2.5.3 Parámetros y criterios del diseño de secciones transversales

En la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012) se tiene que una sección transversal incluye diferentes componentes apreciables en función de un plano dispuesto perpendicularmente al eje, en un punto cualquiera del trazado.

Igualmente, el diseño de secciones transversales hace parte integral del diseño de un proyecto vial, pues en conjunto con la planta y el perfil, permiten la visualización tridimensional de la infraestructura, mediante la incorporación de elementos del diseño geométrico como la inclinación transversal para garantizar la seguridad en curva y el drenaje superficial. El valor agregado en el diseño de las secciones transversales radica en la incorporación de las zonas peatonales, de ciclistas, la señalización, el mobiliario urbano, obras de drenaje, y en general el esquema de integración a la estructura urbana de la zona. Además facilitan la cuantificación de las cantidades de obra.

En este sentido la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012), establece que la visualización de la sección transversal permite conocer las características físicas de la vía y de su entorno, sumado a esto la sección determina la capacidad de la vía e influye notablemente en la percepción que el conductor tiene de la misma, estimulándolo a ir a mayor velocidad u obligándolo a reducirla.

2.5.3.1 Dimensionamiento de la sección transversal

Como ya se mencionó, siguiendo la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012), la sección trasversal de una

vía urbana debe contemplar numerosos factores que afectan o intervienen directamente en sus especificaciones. Dentro de los criterios más importantes se resaltan los siguientes:

Jerarquía vial y velocidad del proyecto. El tipo de vía que se planea construir según reglamentación urbana (POT, Plan Vial y Plan de Movilidad, véase Tabla 9) y la velocidad de diseño de la misma, permite conocer las dimensiones reglamentadas, la disposición de las calzadas, y los anchos de las mismas. Basado en (MOPT, 1992).

Tráfico. Como es bien sabido, el número de carriles que constituyen la calzada vehicular en una vía urbana, influye directamente en la capacidad de la vía y en su nivel de servicio. También es importante conocer el tipo de tráfico que circula por la vía, para determinar los anchos mínimos de los carriles (MOPT, 1992), el modelo de ocupación del territorio y los usos del suelo. Estudios de densidad urbana y gestión de suelo pueden incidir en mayores requerimientos de capacidad y consiguientes modificaciones a la sección transversal, en casos de intersecciones. Análisis urbanísticos vinculados, por ejemplo, al efecto barrera pueden exigir la incorporación de vías de servicio bidireccionales, con determinados aislamientos respecto a las calzadas principales, y tratamientos peatonales especiales.

Gradualidad en los planteamientos, en función de las necesidades de ampliación o modificaciones futuras, todo, de acuerdo con el POT vigente.

2.5.3.2 Elementos de diseño de las secciones transversales

A nivel urbano, se tiene que en la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, 2012) establece que las secciones transversales pueden incluir:

Zonas vehiculares, entre bordes de vía:

- Calzadas: De servicio, Principales, Solo Bus, Ciclorruta
- Separadores: Laterales, Centrales
- Taludes, terraplenes o muros de contención

Zonas de circulación exclusiva: Carriles exclusivos para Transporte Público, Estaciones de Transporte Público sobre separador central.

Zonas Laterales: entre borde vía y paramento:

Zonas de Protección Ambiental: Andenes, Ciclorrutas, Zonas abordadoras, Zonas verdes.

Zonas Complementarias: Paraderos o Zonas de ascenso y descenso de pasajeros laterales, Estacionamientos



Figura 10 Sección típica en planta Fuente. Guía de Diseño Urbano de Bogotá.

2.5.3.3 Calzadas vehiculares

La Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012) expone las calzadas vehiculares como una franja física y geoméricamente definida mediante un eje en planta, una rasante, peraltes y un ancho total determinado por el ancho y cantidad de carriles y las dimensiones de las bermas (las bermas solo aplican para el caso de Autopistas Urbanas). Su función es soportar un determinado tráfico vehicular y permitir desplazamientos cómodos y seguros.

Las calzadas comúnmente están formadas por dos o más carriles, aunque bajo determinadas excepciones pueden constar solo de un carril, dependiendo de la longitud, el tráfico y la necesidad de adelantamiento.

Así mismo, las calzadas pueden considerarse bidireccionales o unidireccionales. El primer caso atiende a la situación en la que los flujos pueden circular en ambos sentidos, sin que exista separación física de los mismos. El segundo, se refiere a circulación en un único sentido.

A continuación, tomado de la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012), se describen los componentes de las calzadas vehiculares: carriles, calzadas y bermas.

2.5.3.3.1 Carriles de circulación

Los carriles son las franjas en las que se puede subdividir una calzada para permitir el tránsito de una fila de vehículos circulando en un sentido.

- Los carriles de circulación corresponden al área destinada para el tránsito exclusivo de los vehículos.
- El número y ancho de los carriles está directamente relacionado con la clasificación funcional de la vía según el POT o el Plan Vial, en donde se establecen los valores mínimos.
- De acuerdo a lo anterior, el POT de la ciudad de Bogotá, establecen que el ancho mínimo para los diferentes tipos de vías vehiculares del sistema vial será de 3.0 m, mientras en los carriles derechos con tránsito de camiones será de 3.25 metros como mínimo. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, 2004). Además, si se están diseñando carriles exclusivos para transporte público, el ancho recomendado es de 3.5 metros como mínimo.

En relación con los tipos de calzada, se pueden resaltar básicamente las siguientes en función de su vocación: principales, de servicio, complementarias y solo bus.

2.5.3.3.2 Calzadas Principales

Son aquellas destinadas al tránsito vehicular en general, con las restricciones de tráfico que impone la vocación de la vía. En vías de varias calzadas, corresponden a las más rápidas, con control parcial o total de accesos. Para efectos de diseño, se abscisan en una sola dirección, independientemente del sentido del flujo.

2.5.3.3.3 Calzadas de Servicio

Corresponden a vías paralelas, por lo general, a las calzadas principales, cuya velocidad de diseño no debe ser mayor a 40 Km/h ni la reglamentaria mayor a 30 km/h. Adicionalmente, debe estar dispuestas cuando se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- I. El acceso al centro generador de tránsito se realiza por una vía arterial.
- II. Cuándo la restricción o control de accesos genera efectos barrera y se requieren vías para garantizar accesibilidad y conectividad.
- III. Cuándo las demandas y los niveles de servicio deseables lo exigen. En el caso II, pueden ser bidireccionales para otorgar mayor fluidez y poder generar conexión entre los dos costados de la sección transversal. Las calzadas de servicio, pueden estar en un nivel diferente al de las calzadas principales, generalmente al mismo en el que se encuentren los flujos peatonales, las zonas de estacionamiento, así como las de ascenso y descenso de pasajeros. Al igual que en el caso anterior, el abscisado en este

tipo de calzadas, va también en un solo sentido, independientemente del sentido del flujo.

2.5.3.3.4 Calzadas complementarias

Corresponden a calzadas paralelas a las principales, que aparecen y desaparecen en la zona de influencia directa de las intersecciones, para generar la recolección y conexión de las diferentes corrientes vehiculares a las rampas y enlaces. El abscisado de este tipo de calzadas puede coincidir con el sentido de circulación vehicular.

2.5.3.3.5 Calzadas solo bus

Son aquellas con tránsito exclusivo de buses de transporte público colectivo o masivo, pueden ser centrales o laterales dependiendo del sistema de ascenso y descenso a los buses, es decir, puerta derecha, puerta izquierda, o ambas. Independientemente de que se segreguen del tránsito mixto mediante un separador físico o mediante tachas; deben contar con un eje de diseño independiente debido a dos situaciones: La dependencia transversal de otras calzadas podría afectar la accesibilidad a predios o los esquemas de drenaje superficial, además, requiere de tratamientos especiales por ejemplo en zona de estaciones, en donde los bordes de calzada adjuntos a la estación deben ser completamente horizontales longitudinal y transversalmente.

Según la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, 2012), la geometría longitudinal en planta y perfil de los carriles de circulación, está definida por el eje de diseño, su localización depende de la cantidad de carriles que

tenga la calzada, esto para implementar una distribución favorable de la inclinación transversal de la misma. Cuando las calzadas tengan más de dos carriles, el eje de diseño debe localizarse por una de las líneas de demarcación de carril y drenar de la siguiente manera: para 3, carriles 2 hacia un costado y 1 hacia el otro, 4 carriles 2-2 y 5 carriles 3-2. Para los casos unidireccionales, siempre deberá existir un eje de diseño por calzada; a nivel urbano no se aceptan ejes de diseño por separador para el manejo conjunto de calzadas. En calzadas bidireccionales, el eje de diseño coincidirá con la línea de demarcación que separa los sentidos de circulación.

Así, la pendiente transversal en tramos rectos (Bombeo Normal BN) según la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012) debe ser de 2%, como mínimo, y máximo de 8%, para garantizar el drenaje superficial y la eliminación de fenómenos de hidroplaneo en épocas de lluvia. Por su parte, los tramos curvos deben incluir el peralte de acuerdo con las especificaciones del subcapítulo

2.5.3.4 Peraltes.

Un tema de especial consideración es la transición de anchos de calzada que puede presentarse por cualquiera de las siguientes condiciones:

- a. Variación del número de carriles.
- b. Variación del ancho de carril en recta.
- c. Transición a zonas con sobreancho.

Todos los casos anteriores requieren efectuar una transición de forma normalizada, segura, estética, cómoda y funcional. Las variables básicas a considerar dependen

de la longitud de transición y la variación del ancho. A continuación se describen las metodologías de diseño para cada caso (MINVU, 2009).

2.5.3.5 Bermas

Aunque no se acostumbra la demarcación de bermas en corredores de escala urbana, en la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, 2012) establece que en proyectos de Arteriales Regionales, Autopistas Urbanas y Vías Rápidas Urbanas, su uso es acertado y cumple básicamente con tres funciones: incrementar la capacidad de la vía al generar en el conductor la sensación de amplitud en la sección, albergar vehículos que por razones de emergencia tengan que salirse de la vía principal y así no interrumpir el flujo continuo de la vía, y por condiciones de seguridad vial tendientes a habilitar zonas de desvío en el caso de eventualidades que alteren el tránsito normal.

Así se requiere que el ancho de la berma externa debe estar libre de cualquier obstáculo lateral y tener las mismas condiciones de rodadura de la calzada adyacente. En cuanto a las bermas internas, su función es simplemente la de otorgar un mayor gálibo lateral con respecto al separador y disminuir la exposición al riesgo derivada de la posición adyacente entre el separador y/o andén y el carril rápido de la calzada.

Tabla 13 Valores máximos y mínimos recomendados para bermas urbanas.

Fuente. Guía de Diseño Urbano de Bogotá.

	Berma Externa (m)	Berma Interna (m)
Autopistas Urbanas	1.5 - 2.5	0.6 - 1.0
Vías Rápidas Urbanas	1.0 - 2.0	0.0 - 0.6

La pendiente transversal que llevan las bermas, depende de la calzada de las que se derivan, manteniendo siempre la misma pendiente y separándola de la vía solo con señalización (INVIAS, 2008).

2.5.3.6 Separadores

En cuanto a los separadores que se emplean en vías con varias calzadas, o en los casos donde se pretenda establecer jerarquías en la operación de la vía, la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012) señala que este elemento aumenta la seguridad de los vehículos y además, permite la instalación de barreras de seguridad, iluminación, mobiliario, ciclorrutas, alamedas, vegetación, entre otros, siempre y cuando que no afecten la visibilidad de la vía.

Desde el punto de vista de su ubicación en la sección, existen dos tipos básicos de separadores:

- Centrales: son aquellos que separan sentidos opuestos de circulación.
- Laterales: son aquellos que separan circulaciones del mismo sentido, resolviendo los conflictos entre el tráfico de paso de las calzadas principales y el local que circula por las vías de servicio.

Por su configuración, pueden clasificarse en:

- Normales: es el tipo más frecuente en vías urbanas, que constituyen plataformas situadas por encima de la rasante de la calzada, acondicionadas y normalmente equipadas con bordillos.

- A nivel: es habitual en vías locales, constituidas, bien sea por terreno natural con plantaciones y sin bordillos o bien por una franja de calzada con demarcación en el pavimento.
- Barreras: es el separador más frecuente en Autopistas Urbanas y Vías Rápidas Urbanas con fuertes condicionantes de espacio disponible, constituidos por un elemento vertical, de diversos materiales, cuyo objetivo es separar circulaciones.

Para su implementación; es recomendable un manejo peatonal seguro, que canalice los flujos peatonales a atravesar las calzadas solo en sitios seleccionados para tal fin.

Criterios para la implementación de separador: Basados en la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, 2012) se tiene que todas las vías Arterias urbanas con velocidad de diseño mayor a 60 km/h estarán provistas de separadores para la canalización de circulaciones. Si existen accesos directos, los separadores laterales definirán vías de servicio.

La mencionada Guía recomienda la utilización de separadores laterales en todas las vías urbanas, con alta intensidad de tráfico e importante proporción de tráfico de paso, cuando atraviesen áreas de alta densidad (grandes áreas de vivienda) o zonas de alta generación de viajes (áreas comerciales, centros terciarios, etc). De lo contrario, vías multicarril sin disposición de separadores se convertirán en barreras urbanas que aumentan la exposición a la accidentalidad y a los conflictos de tipo peatón vehículo.

En cuanto a los separadores centrales, la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012) recomiendan siempre que la cantidad de carriles sea dos o más y que exista tránsito peatonal entre costados de la sección transversal. O cuando las recomendaciones de los estudios de tránsito proyecten ampliación de carriles a futuro.

Los anchos de separador mínimos reglamentados por el Plan de Ordenamiento Territorial se muestran en la Tabla 9, sin embargo existen algunos condicionamientos:

- Si el separador debe servir de refugio peatonal, el ancho mínimo es de 2.0 m.
- En Intersecciones semaforizadas, si se habilita bahía de giro izquierdo el separador debe tener un ancho mínimo de 5.50 m para garantizar un carril de giro de 3.50 m y un separador de 2.00 m.
- Si el separador incluye estaciones de transporte masivo de mínimo 5.0 m de ancho para estaciones con ascenso y descenso en los dos sentidos, o mínimo 3.5 m para ascenso y descenso por un solo costado. Estos valores son mínimos y en todo caso podrán incrementarse en función de los estudios de tránsito y transporte.
- Si el separador dispone de redes eléctricas, el ancho dependerá de los aislamientos por campo magnético legislados en la normatividad vigente.

2.5.3.7 Taludes y terraplenes y muros de contención en vías urbanas

La Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, Instituto de Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, 2012)

establece que se deberá realizar un análisis detallado de las características geológicas y geotécnicas de la zona el cual servirá de base para determinar las condiciones de estabilidad y variables como la pendiente del talud. En el caso de los terraplenes, su diseño debe considerar pendientes aptas, cobertura vegetal y obras de drenaje, y un manejo estético que reduzca su impacto en los habitantes de sectores cercanos.

En vías urbanas, la Guía menciona que, el uso de muros de contención es habitual debido al menor espacio que se requiere para lograr la estabilización del terreno y de la vía, estos también deben considerar, aspectos urbanísticos, de accesibilidad, seguridad vial, obras de drenaje, etc. A nivel del diseño geométrico, es perentorio que los muros de contención y de separación de calzadas que se encuentran segregadas altimétricamente, cuenten con un guardarruedas de mínimo 0.6 m y/o andén del ancho mínimo recomendado.

2.5.3.8 Espacio Lateral: Zonas Peatonales, Zonas para Ciclistas y Espacio Libre

Los elementos que componen el contexto urbano como son la infraestructura del espacio público, el equipamiento urbano, el mobiliario y la señalización, deben cumplir con requisitos mínimos que garanticen la movilidad para todos los usuarios del espacio público, tal como lo establece la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012).

Con el objeto de mejorar la oferta existente de infraestructura para modos no motorizados, se debe incluir, desde las fases iniciales de diseño, los espacios correspondientes y a su vez, tener en cuenta, su relación con los demás modos, en especial al momento en que se generen conflictos en pasos y zonas específicas.

A continuación, y tomado de la Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C. (Corporación Andina de Fomento, 2012), se presentan los conceptos básicos de los componentes del espacio lateral:

2.5.3.8.1 Zonas Peatonales

La accesibilidad al espacio público es derecho de todos, se requiere crear condiciones favorables de acceso a cruces, andenes, parques, etc., determina la frecuencia del uso que hacen los usuarios de estos espacios, en especial para aquellas personas que padecen algún tipo de discapacidad permanente o temporal: personas en silla de ruedas, en muletas, con problemas de movilidad, con discapacidad auditiva o visual al igual que las personas que utilizan coches, andadores, bastones, carros de mano o bicicletas. En este sentido, aspectos como el ancho de las circulaciones, las pendientes longitudinales y transversales, la localización del mobiliario urbano y la arborización, aportan además de la claridad y continuidad de la circulación, la posibilidad de una óptima transitividad por el espacio público.

La aplicación e implementación de estos principios en los proyectos, garantizará los peatones la libre locomoción y desarrollo de sus actividades.

Complementariamente, se sugiere tener en cuenta los estándares existentes sobre anchos mínimos para una circulación de peatones. A continuación se presentan los anchos establecidos según el tipo de escala urbana a intervenir, extraídos de (IDU, Instituto de Desarrollo Urbano, 2005) en cualquier caso predomina, como mínimo, lo establecido por el POT en la siguiente Tabla; valores mayores deberán sustentarse con base en los estudios de tráfico peatonal:

Tabla 14 Clasificación de anchos de andén según escala urbana de implementación. Fuente: Guía de Diseño Urbano de Bogotá

GEOMETRÍA	ESCALA METROPOLITANA	ESCALA ZONAL	ESCALA LOCAL
Ancho mín. franja de circulación	13,5 – 7.0 m	7.0 – 4.0	1.5

2.5.4 Parámetros y criterios del diseño vertical

En el sector urbano, el diseño altimétrico debe satisfacer condiciones especiales que garanticen toda la seguridad y comodidad necesaria para los actores de la vía, de manera que se adapte lo mejor posible a la topografía y entorno del proyecto buscando además una integración de los distintos elementos que componen la sección transversal de la vía de una manera armónica y estética.

La topografía, suele ser el condicionante principal de los diseños altimétricos de vías urbanas, debido a que en muchos casos los diseños se deben acomodar a los distintos condicionantes y retos que la topografía impone. Sumado a esto, la presencia de predios consolidados a los cuales se les debe garantizar la accesibilidad de una forma segura y cómoda, es la topografía del terreno existente la que determine el diseño altimétrico. Lo mismo sucede con el manejo de accesos y empalmes existentes, los cuales se convierten en controles primarios del proyecto, y condicionarán todo el diseño de rasantes.

2.5.4.1 Pendiente mínima

En vías urbanas, la pendiente mínima está gobernada por los problemas de drenaje, pues se debe garantizar el rápido y eficiente escurrimiento de las aguas lluvias en la superficie de rodadura, de forma que se eviten fenómenos de hidropneumático. De acuerdo con lo anterior la pendiente mínima que se utilizará en el diseño vertical de

vías urbanas es de 0.3%; estas pendientes deben ir acompañadas de las respectivas obras de drenaje a fin de garantizar la evacuación del agua.

2.5.4.2 Pendiente máxima

En cuanto a las pendientes máximas, los límites están condicionados por la velocidad de diseño, la jerarquía funcional de las vías, el tipo de terreno y las condiciones propias del entorno y el urbanismo de la zona. En Bogotá existen zonas producto de desarrollos informales, y otras donde los criterios de diseño no se han cumplido a cabalidad; sin embargo, en estas zonas cualquier mejoramiento en términos altimétricos podría impactar negativamente condiciones de accesibilidad, adquisición predial, redes de servicios públicos y costos principalmente.

Así, en zonas consolidadas, las soluciones de mejoramiento deben propender por medidas de tráfico calmado, señalización, generación de espacio público, entre otras que permitan mitigar los riesgos.

Así, el diseño altimétrico de las vías urbanas debe acomodarse a la topografía existente debido a condicionantes urbanos que exigen que así sea. No obstante en vías arteriales y en otro tipo de vías en donde exista la posibilidad de elegir la pendiente del alineamiento vertical, como es el caso de puentes, túneles y corredores con control total de accesos, las pendientes longitudinales no deben superar el 5% o el 6%, según los condicionantes de la siguiente Tabla.

Por su parte, para proyectos nuevos en vías locales, se sugiere una pendiente máxima del 18%, con tránsito de vehículos livianos, exclusivamente, y con velocidades de diseño de 20 km/h.

Tabla 15 Pendientes máximas permitidas en proyectos nuevos. Fuente. Guía de diseño Urbano de Bogotá.

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

2.5.4.3 Gálidos

Las distancias libres verticales o gálidos verticales deben ser mínimo de 5.0 m medidos a partir de la superficie de rodadura hasta la cota inferior de la estructura y a lo largo de toda la calzada; en zonas con pasos sobre líneas férreas, el gálido vertical debe ser de 5.5 m.

2.5.4.4 Curvas verticales

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, permitiendo la transición de pendientes entre el alineamiento de entrada y el alineamiento de salida. Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas, simétricas o asimétricas y están compuestas por los elementos

geométricos que se mencionan a continuación, en función de lo establecido por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de 2008 (INVIAS, 2008).

TIPO	VERTICAL	ELEMENTOS	
		Simétrica	Asimétrica
		$L = L1 + L2; L1 = L2$	$L = L1 + L2; L1 \neq L2$
		$A = S1 - S2 $	
		Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, dada en metros $E = \frac{A \cdot L}{800}$ $E = \frac{A \cdot L1 + L2}{200 \cdot (L1 + L2)}$	
		$X1$ Distancia horizontal a cualquier punto de la primera rama de la curva medida desde el PCV.	
		$X2$ Distancia horizontal a cualquier punto de la segunda rama de la curva medida desde el PTV.	
		Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV. $Y1 = X1^2 \cdot \left(\frac{A}{200 \cdot L}\right)$ $Y1 = E \cdot \left(\frac{X1}{L1}\right)^2$	
		Ordenada vertical en cualquier punto de la segunda rama medida desde el PTV. $Y2 = X2^2 \cdot \left(\frac{A}{200 \cdot L}\right)$ $Y2 = E \cdot \left(\frac{X2}{L2}\right)^2$	

Figura 11 Elementos de las curvas verticales. Fuente. INVIAS 2008.

La longitud de las curvas verticales está directamente relacionada con la distancia de visibilidad de parada considerando una altura del ojo del conductor, de 1.08 m, y una la altura del objeto de 0.6 m sobre la superficie de pavimento (AASHTO, 2011).

Para curvas convexas, la longitud mínima de la circular, por criterios de seguridad vial, estará dada por la siguiente expresión.

$$L = \frac{A \cdot Dp^2}{658} \quad (43)$$

Donde A es la diferencia algebraica de pendientes, Dp la distancia de visibilidad de parada y L, la longitud mínima de la circular.

Para el caso de curvas cóncavas la expresión para determinar la longitud mínima de la curva considera las restricciones que se presentan en la noche y estima la longitud del sector de carretera iluminado hacia adelante, como la distancia de visibilidad. Dicha distancia depende de la altura de las luces delanteras del vehículo, para la cual se asume un valor de sesenta centímetros (0.60 m) y un ángulo de divergencia del rayo de luz hacia arriba respecto al eje longitudinal del vehículo de un grado (1°). Incluyendo dichas constantes, la fórmula a aplicar es:

$$L = \frac{A \cdot Dp^2}{120 + 3.5 \cdot Dp} \quad (44)$$

Donde A es la diferencia algebraica de pendientes, Dp la distancia de visibilidad de parada y L, la longitud mínima de la circular.

No obstante, debe tenerse en cuenta que para evitar un cambio súbito de pendiente, permitiendo que el perfil de la vía tenga una apariencia armoniosa que garantice comodidad, es necesario revisar que la longitud de la curva no sea menor que 0.6 veces la velocidad específica del elemento.

Además, según (INVIAS 2008) para que en el punto más alto de la cresta de una curva vertical convexa, o en el más bajo de la curva cóncava con pendientes, S1 y S2 de diferente signo, se tiene un tramo corto con pendiente igual a 0%, que dificulta el drenaje longitudinal, para lo cual se considera que un valor de A igual a 0.6% en un tramo de la curva igual a 30 m, provee el adecuado drenaje en el sector más plano de la curva, es decir se cumple con: $K=30/0.6=50$.

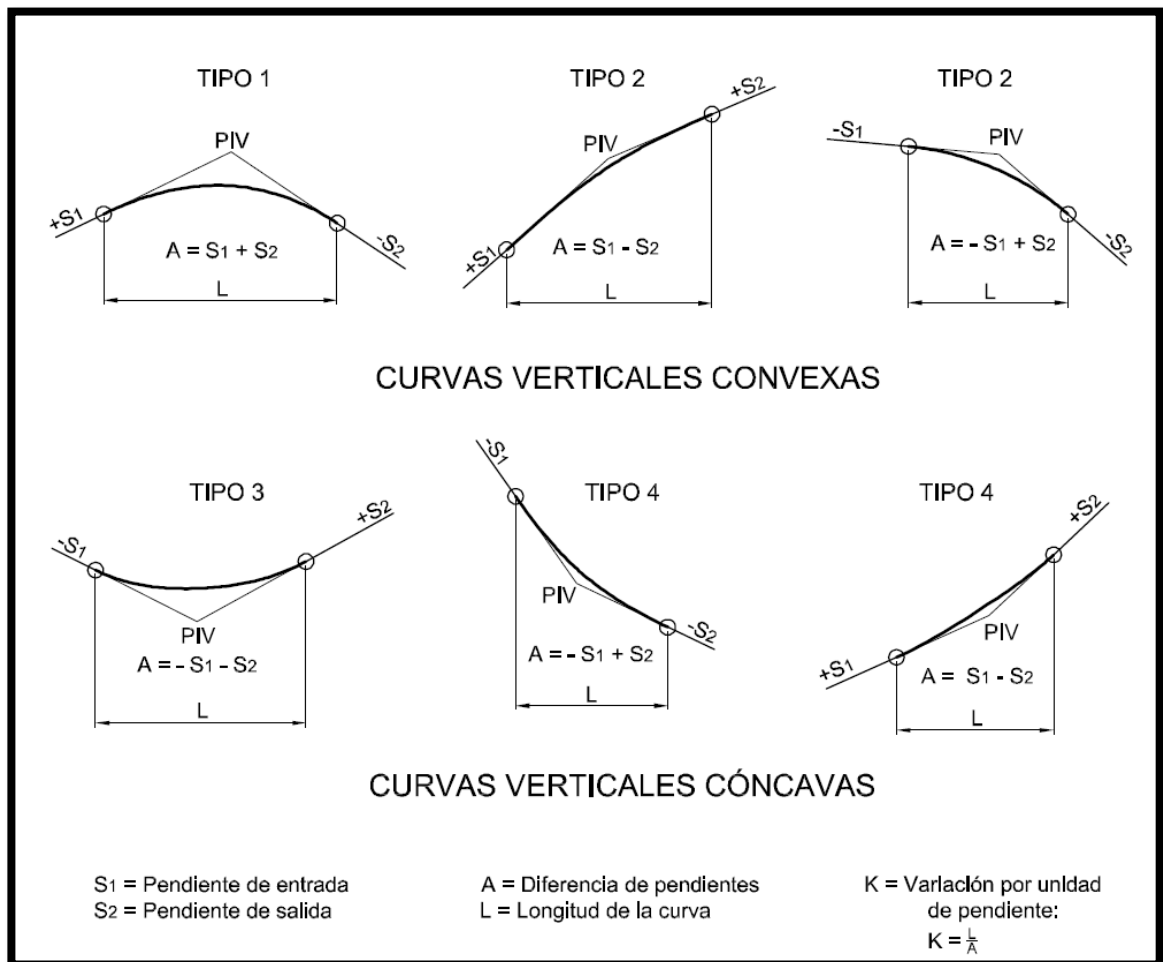
Para garantizar el drenaje adecuado se debe diseñar la curva con un valor de K menor o igual a cincuenta (50).

Tabla 16 valores de K para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación. Fuente. INVIAS (2008)

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

A continuación se muestran los tipos de curvas verticales: convexas y cóncavas.

Figura 12 Tipos de curvas verticales cóncavas y convexas. Fuente. Diseño Geométrico de vías (Carlos Javier González)



2.5.4.5 Tangentes

En el alineamiento vertical una tangente inicia donde termina un arco parabólico "PTV" y termina donde comienza el siguiente arco "PCV", lo anterior determina la longitud de la tangente. El otro valor característico de la tangente es la pendiente

que esta tiene, la cual no es más que la relación del desnivel que existe entre el PTV y el PCV y la longitud de la tangente.

Para la selección de la pendiente máxima es necesario considerar dos aspectos, el primero es que durante el desarrollo de los estudios para la definición de ruta se debe adoptar una pendiente máxima del corredor el cual debe estar en relación con la velocidad de diseño del tramo

Tabla 17 pendiente media máxima de ruta (%) en función de la velocidad de diseño. Fuente INVIAS (2008)

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (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	-	-	-	-	-	-	-

El segundo aspecto hace referencia a la selección de la pendiente máxima de la tangente vertical, en donde la pendiente máxima está en función de la velocidad específica.

Tabla 18 relación entre pendiente máxima (%) y la velocidad específica de la tangente vertical. Fuente INVIAS (2008)

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

Longitud mínima: no se proyectarán longitudes de rampas o pendientes cuya distancia de recorrido a la velocidad de diseño sea inferior a: 10 segundos para

velocidades de diseño superiores a 40 km/h y de 7 segundos para velocidades de diseño iguales o menores a 40 km/h. La longitud se medirá entre vértices contiguos.

Tabla 19 Longitud mínima de la tangente. Fuente INVIAS (2008)

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (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

2.6 INTERSECCIONES A NIVEL

2.6.1 Criterios generales

Se debe garantizar un diseño conveniente y comprensible para los usuarios y según la AASHTO (2008) se debe mantener ciertos criterios

2.6.1.1 Priorización de los movimientos

Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios, limitando los movimientos secundarios por medio de una señalización adecuada.

2.6.1.2 Consistencia con los volúmenes de tránsito

Tener relación con la magnitud del proyecto con respecto a los volúmenes de tránsito de la intersección, para no sobredimensionar ni minimizar el proyecto.

2.6.1.3 Sencillez y claridad

La canalización debe ser sencilla y fácil de comprender para el conductor y no debe obligar a movimientos molestos ni recorridos largos.

2.6.1.4 Separación de los movimientos

Puede ser necesario dar movimientos con vías de único sentido como los carriles de aceleración y desaceleración. Las isletas que se dispongan son con el fin de poner la señalización adecuada.

2.6.1.5 Visibilidad

Los vehículos que acceden a la intersección deben limitarse a la visibilidad que este les brinde, con el fin de visualizar el otro vehículo y hacer la maniobra de cruce, se debe garantizar la distancia de visibilidad de parada.

2.6.1.6 Perpendicularidad de las trayectorias

Las intersecciones en ángulo recto son las que propician menos áreas de conflicto, disminuyendo así los accidentes y unas condiciones más favorables para realizar el cruce.

2.6.1.7 Previsión

Las intersecciones exigen superficies amplias, se debe tener en cuenta las instalaciones al margen de la carretera.

2.6.2 Intersecciones a nivel

2.6.2.1 Sin canalizar

Se deben tener unos criterios básicos de diseño según INVIAS (2008):

- El ángulo de entrada (α) debe estar comprendido entre sesenta y noventa grados ($60^\circ - 90^\circ$).

- El Radio mínimo de las curvas R_1 , R_2 , R_3 y R_4 debe corresponder al Radio mínimo de giro del vehículo de diseño seleccionado.
- La pendiente longitudinal de las calzadas que confluyan debe ser, en lo posible, menor de cuatro por ciento (4.0 %) para facilitar el arranque de los vehículos que acceden a la calzada principal
- Salvo que la intersección se encuentre en terreno plano, se debe diseñar en la calzada secundaria una curva vertical cuyo PTV coincida con el borde de la calzada principal y de longitud superior a treinta metros (30 m).
- La intersección debe satisfacer la Distancia de visibilidad de cruce (D_c).

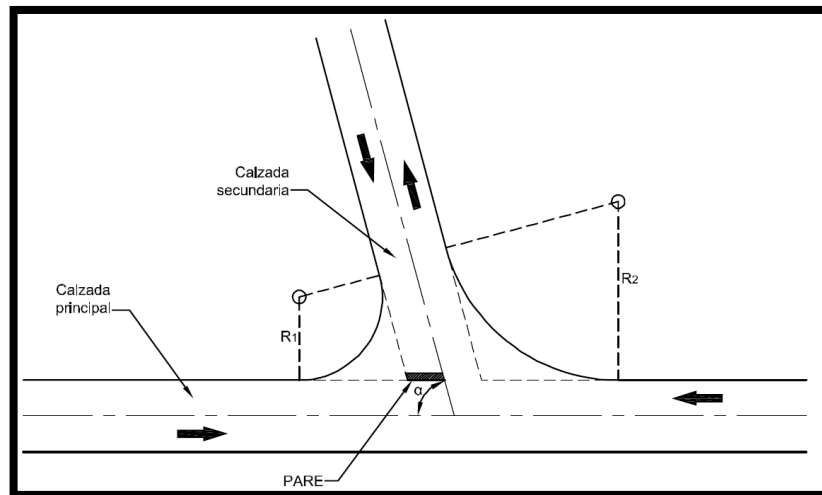


Figura 13 esquema base intersección en “T” o “Y”. Fuente. AASHTO (2008)

2.6.2.2 Canalizadas

Se deben mantener unos criterios básicos según INVIAS (2008) son los siguientes.

- El ángulo de entrada (α) debe estar comprendido entre sesenta y noventa grados ($60^\circ - 90^\circ$).
- El Radio mínimo de las curvas R1, R2, R3 y R4 debe corresponder al Radio mínimo de giro del vehículo de diseño seleccionado.
- La pendiente longitudinal de las calzadas que confluyen debe ser, en lo posible, menor de cuatro por ciento (4.0 %) para facilitar el arranque de los vehículos que acceden a la calzada principal.
- Salvo que la intersección se encuentre en terreno plano, se debe diseñar en la calzada secundaria una curva vertical cuyo PTV coincida con el borde de la calzada principal y de longitud superior a treinta metros (30 m).
- La intersección debe satisfacer la Distancia de visibilidad de cruce (DC).
- Diseño de carriles de cambio de velocidad

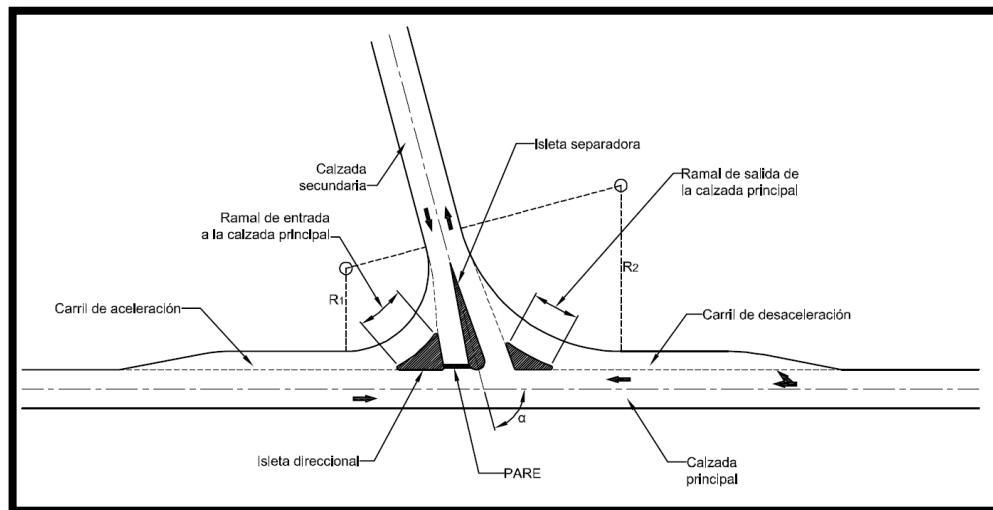


Figura 14 Esquema base intersección en "T" o "Y". Fuente. AASHTO (2008)

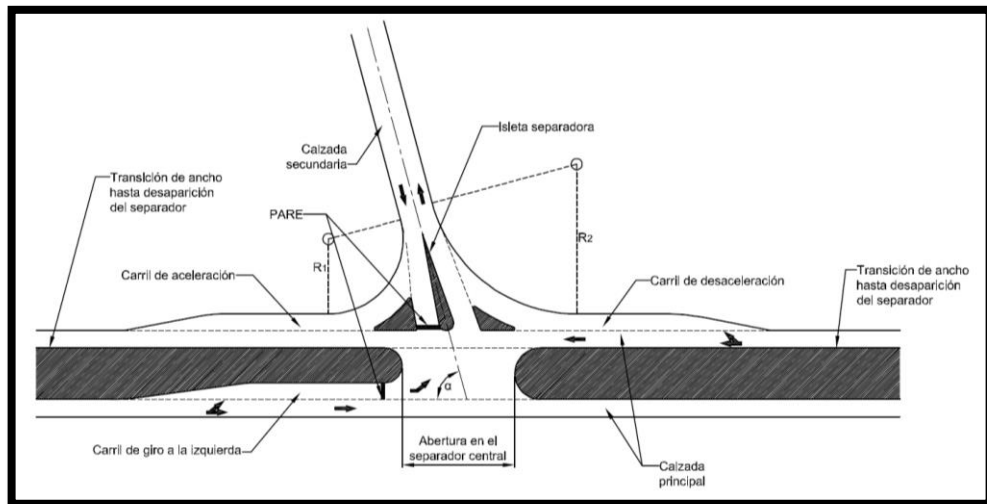


Figura 15 Esquema base intersección a nivel en “T” o “Y” con separador y carril de giro a la izquierda Fuente. AASHTO (2008)

Antes de entrar en un ramal de salida (o de enlace en el caso de intersecciones a desnivel), normalmente los vehículos tienen que frenar, así como acelerar al salir de un ramal de entrada (o de enlace en el caso de intersecciones a desnivel), ya que su velocidad es inferior a la de la vía principal. Para que estos cambios de velocidad no generen fuertes perturbaciones al tránsito, máxime cuando los volúmenes sean altos, se deben habilitar carriles especiales, que permitan a los vehículos hacer sus cambios de velocidad fuera de la calzada.

2.6.2.2.1 Carriles de aceleración

Se diseña un carril de aceleración para que los vehículos que deben incorporarse a la calzada principal puedan hacerlo con una velocidad similar a la de los vehículos que circulan por ésta. Los carriles de aceleración deben ser paralelos a la calzada principal.

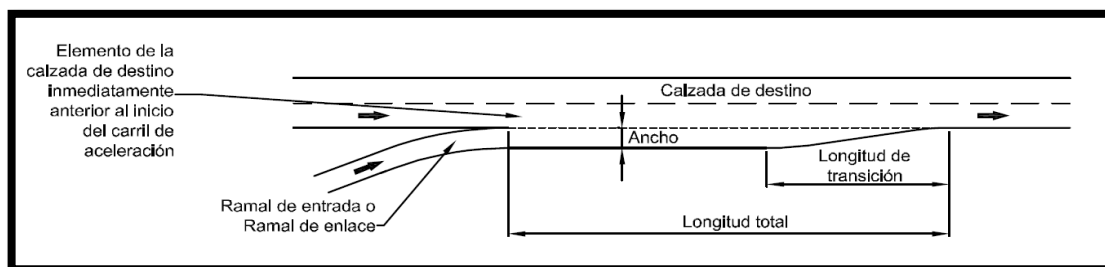


Figura 16 Esquema carril de aceleración Fuente. AASTHO (2008).

Para el dimensionamiento del carril de aceleración se pueden utilizar los criterios consignados en la Tabla 20. En el caso de Ramales de entrada la Velocidad Específica del ramal la podrá asumir el diseñador a buen criterio. En el caso de la Velocidad Específica de un Ramal de enlace (V_{RE}), los criterios para su adopción se presentan en el numeral correspondiente a intersecciones a desnivel.

El ancho de un carril de aceleración debe corresponder al del carril adyacente, pero no menor de tres metros con treinta centímetros (3.30 m).

Tabla 20 longitud mínima del carril de aceleración Fuente. INVIAS (2008)

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

En la Tabla 21 se indica la longitud mínima de los carriles de desaceleración independientemente de su tipo y categoría de la carretera en la que empalman. En el caso del Ramal de salida la Velocidad Específica del ramal la podrá asumir el diseñador a buen criterio. En el caso de la Velocidad Específica del Ramal de enlace (V_{RE}), los criterios para su adopción se presentan en el numeral correspondiente a intersecciones a desnivel.

Tabla 21 longitud mínima del carril de desaceleración Fuente. INVIAS (2008)

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

2.6.2.2.1 Isletas

Las isletas son elementos básicos para el manejo y separación de conflictos y áreas de maniobras en las intersecciones. Las isletas son zonas definidas situadas entre carriles de circulación, cuyo objeto es guiar el movimiento de los vehículos, servir de refugio a los peatones y proporcionar una zona para la ubicación de la señalización y la iluminación. Las isletas pueden estar físicamente separadas de los carriles o estar pintadas en el pavimento.

2.6.2.2.2 Ramal de salida o ramal de entrada

Se deben tener ciertas características

Ancho de calzada. Se debe cumplir con las dimensiones ilustradas en la Figura 17 y consignadas en la Tabla 2.

Peralte. Su valor debe estar entre dos y cuatro por ciento (2% - 4%) de acuerdo con el bombeo de las calzadas enlazadas.

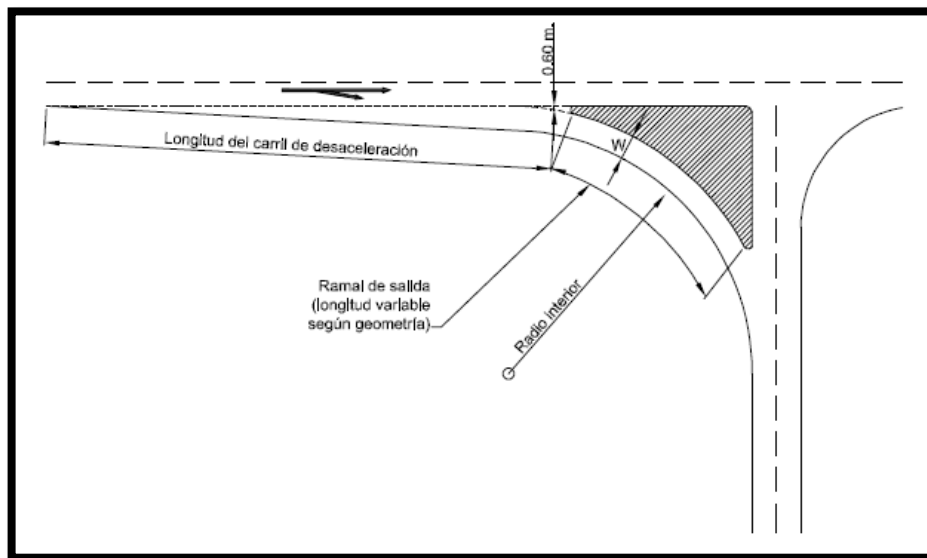


Figura 17 ancho del ramal de salida o de entrada. Fuente AASHTO (2008)

Tabla 22 ancho de calzada en ramales de salida o entrada enlace en funcion del radio interno Fuente AASHTO (2008)

RADIO INTERIOR (m)	ANCHO DE UN CARRIL SENCILLO, W (m)	ANCHO DE CALZADA CON UN ÚNICO CARRIL CON ESPACIO PARA SOBREPASAR UN VEHÍCULO ESTACIONADO, W (m)
15	6,20	9,50
20	5,70	8,90
25	5,30	8,40
30	5,00	8,00
40	4,60	7,40
50	4,50	7,00
75	4,50	6,50
100	4,50	6,20
150	4,50	6,10
Derecho	4,50	6,00

2.7 INTERSECCIÓN A DESNIVEL

2.7.1 Criterios básicos de diseño

Para el diseño geométrico de una intersección a desnivel se debe partir de los resultados del estudio de Ingeniería de Tránsito. Dicho estudio debe establecer los siguientes parámetros:

- Diagrama de flujos vehiculares incluyendo su intensidad, composición vehicular y automóviles directos equivalentes (a.d.e.).
- Factor de Hora de Máxima Demanda (FHMD).
- Proyecciones al año meta.
- Análisis de capacidad.
- Predimensionamiento de cada alternativa propuesta

Los criterios para el diseño geométrico de los elementos de la intersección son los siguientes:

- Carriles de cambio de velocidad.
- Segmento central de un ramal de enlace. Para el diseño del segmento central se debe establecer la Velocidad Específica del segmento central del ramal de enlace (VRE).

Esta velocidad está en función de la Velocidad Específica del elemento geométrico inmediatamente anterior al inicio del carril de desaceleración. Esta velocidad se denomina Velocidad Específica de la Calzada de Origen. Además, está en función de la Velocidad Específica del elemento geométrico inmediatamente siguiente a la terminación del carril de aceleración. Esta velocidad se denomina Velocidad Específica de la Calzada de Destino. En la Tabla 23 se indica la Velocidad Específica en el segmento central del ramal de enlace (VRE) cuando la deflexión total del enlace es inferior a ciento ochenta grados (180°), y en la Tabla 24 cuando la deflexión del enlace es mayor o igual a 180° .

Con el valor de la VRE se debe diseñar el segmento central del ramal siguiendo los criterios generales establecidos en el presente Manual para el diseño en planta, perfil y sección transversal. El único aspecto que es específico para el segmento central del ramal de enlace es el ancho del carril en el evento en que éste sea único. En tal caso su ancho debe ser cinco metros (5.0 m).

Tabla 23 velocidad especifica del segmento central del ramal de enlace (V_{re}) cuando $\Delta < 180^\circ$. Fuente. AASHTO (2008)

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

Tabla 24 velocidad especifica del segmento central del ramal de enlace (V_{re}) cuando $\Delta \geq 180^\circ$ (km/h). Fuente. AASHTO (2008)

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

CAPÍTULO 3 METODOLOGIA

En el presente capítulo se evidencia los trabajos realizados para la captura de información, tratamiento y análisis de los resultados con el fin de obtener todos aquellos elementos que se requieren para el cálculo de velocidades, volúmenes, estimación de volúmenes futuros y niveles de servicio. Lo anterior, para garantizar la operatividad del proyecto en cuestión y soportar la importancia de su realización

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN

La intersección de interés se encuentra ubicada en la Avenida NQS con calle 53 B-Bis. La NQS es una vía principal de Bogotá. La Calle 53B-Bis permite conectar el tráfico proveniente del oriente de la zona y los que vehículos que salen de la Carrera hacia el sector de galerías. El sitio de interés más importante del lugar es el estadio El Campin, donde juegan los equipos de futbol de la ciudad y además sirve como escenario de importantes eventos, a nivel distrital y nacional. Es una zona céntrica de la ciudad, con uso de suelo dotacional (equipamiento deportivo y recreativo) y residencial.



Imagen 1 . Ubicación zona de intersección. Fuente. Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

3.1.1 Avenida NQS

Está compuesta por una calzada de catorce carriles, de los cuales cuatro son uso exclusivo de Transmilenio, y estos a su vez se reducen a un carril más hacia el sur de la intersección. Siete carriles tienen sentido norte-sur, entre los cuales 2 son carriles de tránsito rápido, separados físicamente por el Canal Salitre. Siete carriles van en dirección sur-norte. Dos son uso exclusivo de Transmilenio. Cinco carriles son de uso mixto, que después de cruzar la intersección se reducen a cuatro.



Imagen 2 Avenida NQS sentido norte-sur Fuente. Google. (s.f.) Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6403183,-74.0794426,3a,75y,4.94h,66.84t/data=!3m6!1e1!3m4!1sc6KXGvmMjz7-FsYnQYiq0g!2e0!7i13312!8i6656>

El estado del pavimento se encuentra en muy buenas condiciones permitiendo que los vehículos circulen bajo condiciones seguras.

3.1.2 Calle 53 b bis

Esta calle permite la conexión con la Avenida NQS de los vehículos que se dirigen al oriente en dirección a galerías, y los que se integran a esta avenida.

En el punto de intersección se compone de dos carriles que en dirección al oriente se amplían a tres por sentido. El estado del pavimento es óptimo, siendo su estructura de pavimento flexible.

3.2 ESTUDIO DE TRANSITO

El estudio de tránsito tiene como objetivo determinar las características del flujo vehicular que transita por la intersección, para poder determinar al periodo de diseño cuál será su volumen vehicular. Igualmente es importante saber cuál es la composición vehicular, que será útil en el diseño geométrico de la intersección, brindando la información que nos permita decidir el vehículo de diseño de la estructura.

Se realizaron aforos en los diferentes accesos de la intersección, y en otros puntos que son de utilidad para determinar el volumen vehicular de los nuevos movimientos que se diseñaran, y de las características del tránsito de la intersección.

Los movimientos 1, 2, 9-2 y 9-4 se toman directamente de la intersección.

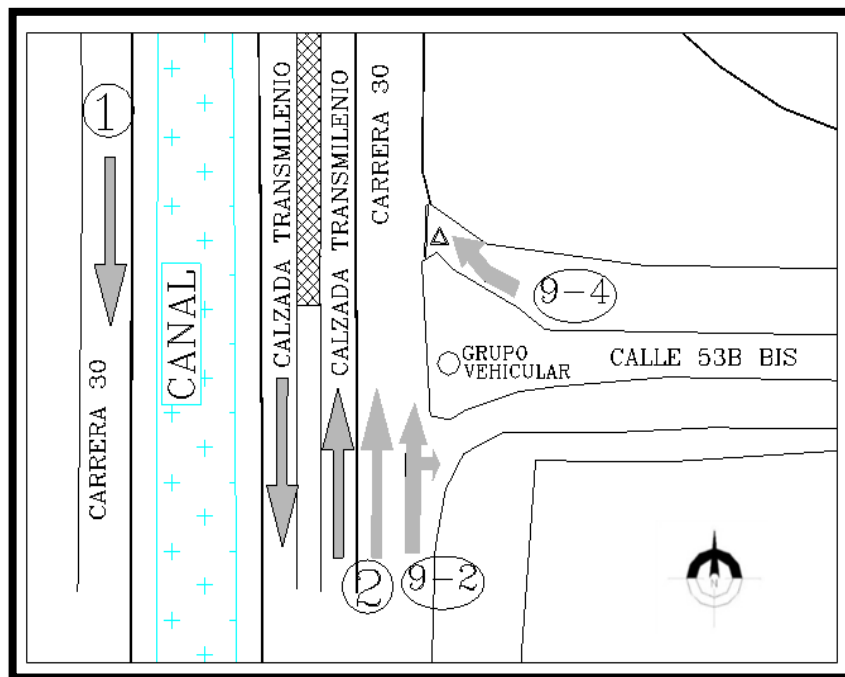


Figura 18 Movimientos aforados Avenida NQS y Calle 53 B-Bis. Fuente. Elaboración propia

Para los movimientos que actualmente no existen en la intersección, se realizaron aforos en los puntos más cercanos que permitan estimar un volumen vehicular cuando la intersección sea construida. El movimiento vehicular que viene del norte e iría al oriente, (movimiento 5), se aforo en el puente vehicular de la Calle 63, que permite este movimiento.

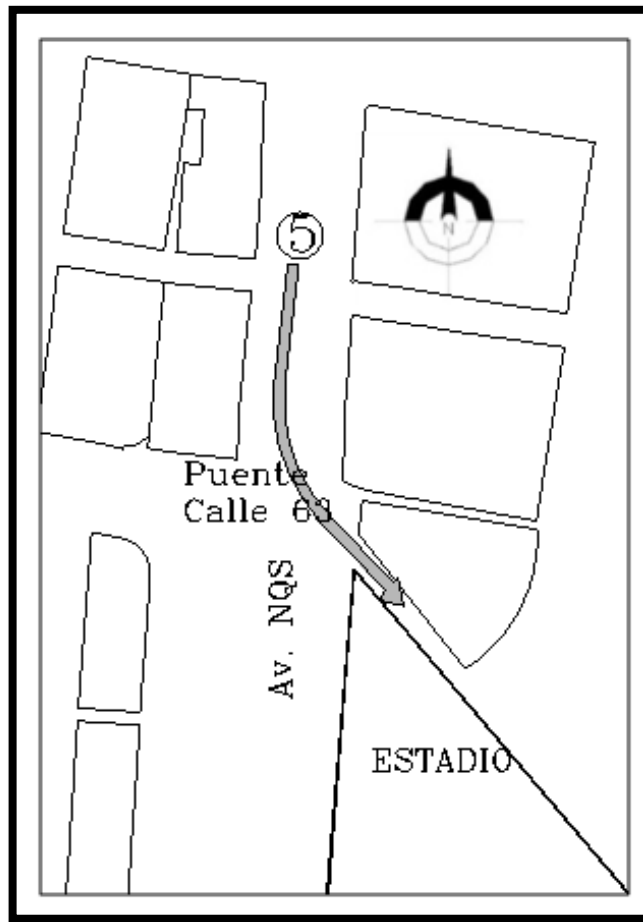


Figura 19 Movimiento 5 puente vehicular Calle 63. Fuente. Elaboración propia

Para los vehículos que vienen de la zona de galerías y quisieran tomar la Avenida NQS hacia el sur se aforo el volumen vehicular entre la Carrera 28 y la Transversal 28.

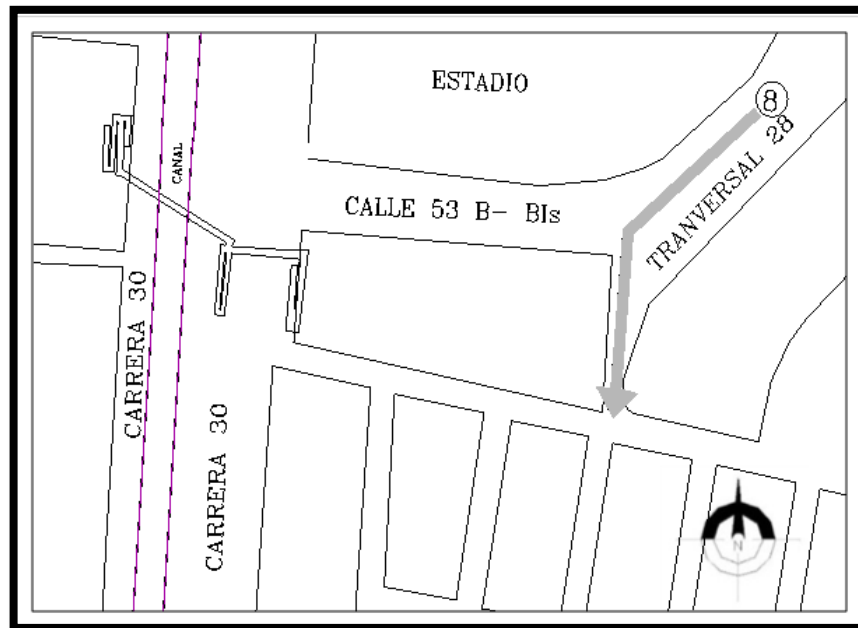


Figura 20 Movimiento 8. Carrera 28 con Transversal 28. Fuente. Elaboración propia



Figura 21 Resumen de movimientos aforados en la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en google Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

Con la información obtenida se tienen todos los movimientos posibles para la intersección. Por motivos logísticos y de tiempo de los integrantes del grupo, no se pudo realizar el aforo en la hora pico de la intersección. La hora de los aforos fue de 7:00 AM a 8:00 AM.

A continuación se presenta el análisis y procesamiento de la información.

3.2.1 Resumen de movimientos

La información obtenida por accesos es la siguiente.

3.2.1.1 Acceso norte

Tabla 25 Movimiento 1 en la Calzada izquierda acceso Norte Fuente. Elaboración propia

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones				Motos
				C2	C3	C5	C6	
7:00 - 7:15	817	8	21	49	2	1	0	142
7:15 - 7:30	849	12	17	69	7	1	0	136
7:30 - 7:45	778	12	28	57	13	3	2	131
8:45 - 8:00	807	9	12	75	13	2	2	155



Tabla 26 Movimiento 1 en la calzada centra acceso norte Fuente. Elaboración propia

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones				Motos
				C2	C3	C5	C6	
7:00 - 7:15	751	42	0	3	0	0	0	141
7:15 - 7:30	734	42	0	0	0	0	0	162
7:30 - 7:45	714	37	0	3	0	0	0	166
7:45 - 8:00	718	36	0	0	0	0	0	157



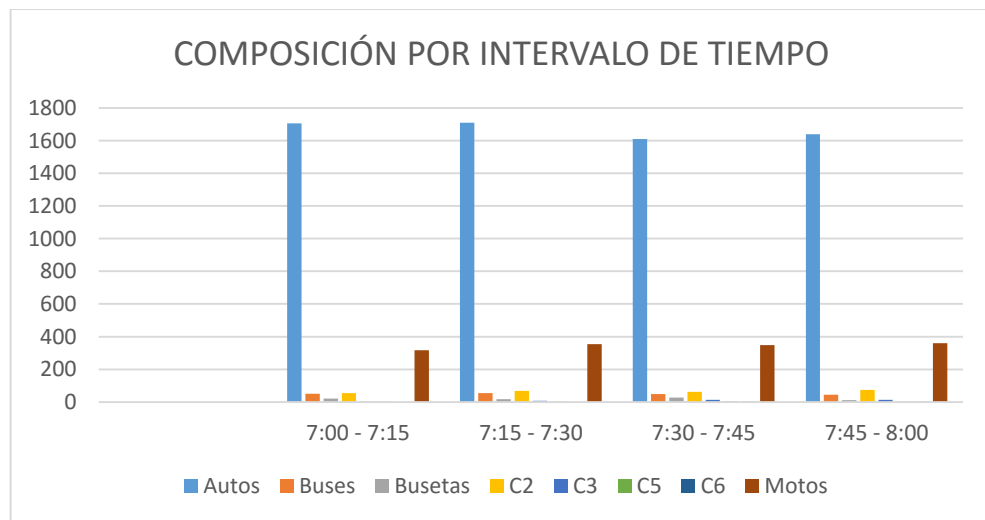
Tabla 27 Movimiento 5 (puente de la 53) en la calzada centra acceso norte.
Fuente. Elaboración propia

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones				Motos
				C2	C3	C5	C6	
7:00 - 7:15	137	0	0	3	0	0	0	33
7:15 - 7:30	126	0	1	0	0	0	0	57
7:30 - 7:45	117	0	0	3	0	0	0	52
8:45 - 8:00	114	0	0	0	0	0	0	49

Tabla 28 Total flujo vehicular acceso norte Fuente. Elaboración propia

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones				Motos	TOTAL VEHI/T	Vol Horario	Aforo Volumen
				C2	C3	C5	C6				
7:00 - 7:15	1705	50	21	55	2	1	0	316	2150		
7:15 - 7:30	1709	54	18	69	7	1	0	355	2213		
7:30 - 7:45	1609	49	28	63	13	3	2	349	2116		
7:45 - 8:00	1639	45	12	75	13	2	2	361	2149	8628	8628

Gráfica 1 Composición por intervalo de tiempo acceso norte Fuente. Elaboración propia

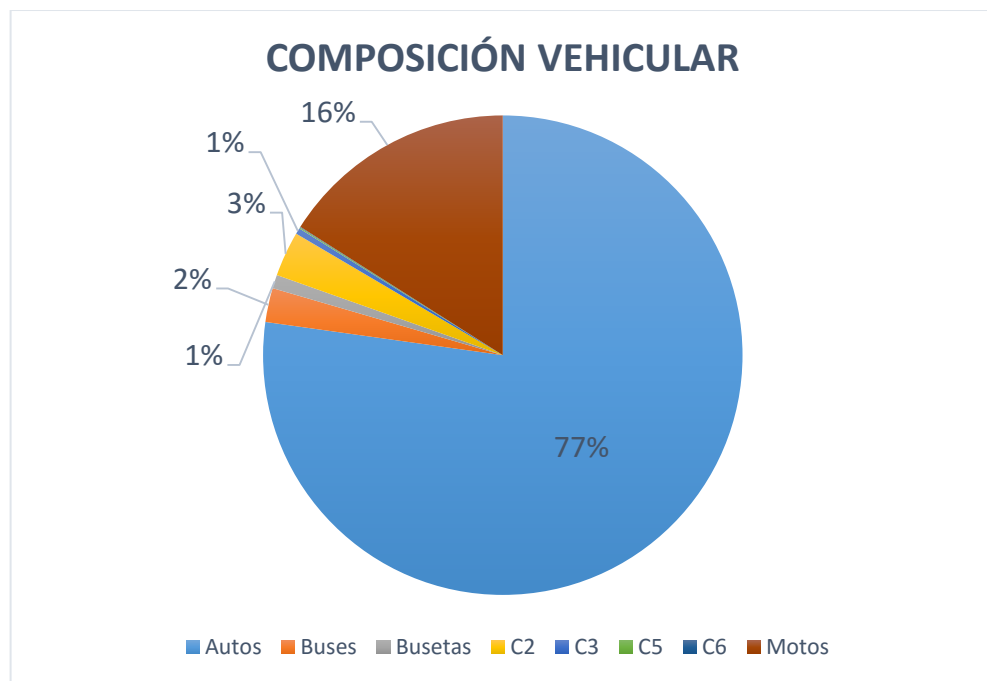


3.2.1.1.1 Composición vehicular

Tabla 29 Composición vehicular acceso norte Fuente. Elaboración propia

TOTAL	6662	198	79	262	35	7	4	1381	8628
Composición Vehicular %	77.21	2.29	0.92	3.04	0.41	0.08	0.05	16.01	100.00

Gráfica 2 Composición vehicular acceso norte. Fuente. Elaboración propia



En la gráfica se aprecia que el carro particular es el que más circula por la vía con un total de 4239 veh/h, que corresponde al 75% del total aforado. En segundo lugar se encuentran las motocicletas, con un 17%, y los buses en tercer lugar con 5%.

3.2.1.1.2 Factor hora pico

El número de intervalos es cuatro, ya que se realizó el conteo cada quince minutos. Con la fórmula mostrada en el capítulo 1 se tiene que:

FHP (max)	0.97
-----------	------

3.2.1.2 Acceso sur

Tabla 30 Movimiento 2 acceso sur. Fuente. Elaboración propia

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones				Motos
				C2	C3	C5	C6	
7:00 - 7:15	763	19	16	24	14	3	2	154
7:15 - 7:30	794	15	21	21	11	4	0	171
7:30 - 7:45	843	19	16	19	9	0	0	184
8:45 - 8:00	901	21	10	16	10	3	0	192




Tabla 31 Movimiento 9-2 acceso sur. Fuente. Elaboración propia

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones				Motos
				C2	C3	C5	C6	
7:00 - 7:15	225	2	2	7	0	0	0	4
7:15 - 7:30	174	4	2	5	0	0	0	6
7:30 - 7:45	185	3	3	7	0	0	0	3
8:45 - 8:00	177	2	4	3	0	0	0	10


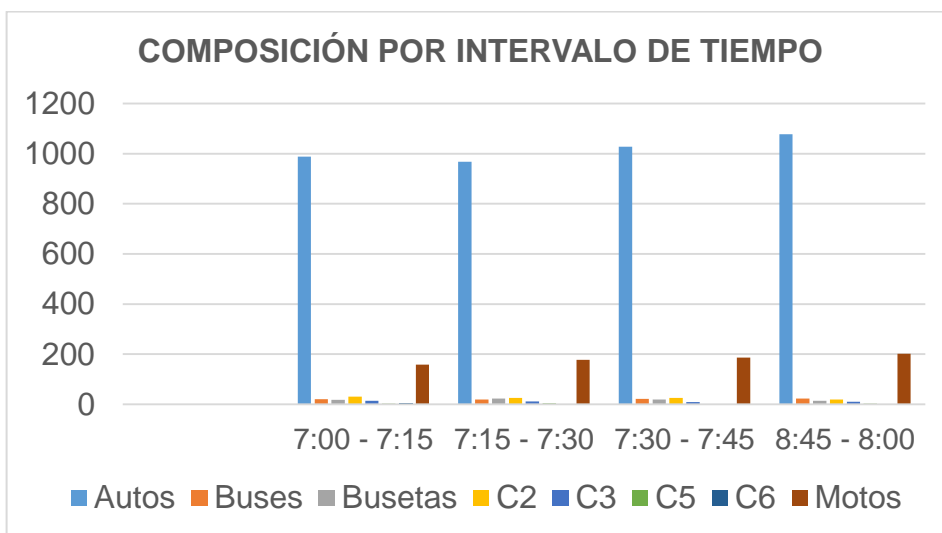


Tabla 32 Total volumen vehicular acceso sur. Fuente. Elaboración propia

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones				Motos	TOTAL VEHI/T	Vol Horario	Aforo Volumen
				C2	C3	C5	C6				
7:00 - 7:15	988	21	18	31	14	3	2	158	1235		
7:15 - 7:30	968	19	23	26	11	4	0	177	1228		
7:30 - 7:45	1028	22	19	26	9	0	0	187	1291		
8:45 - 8:00	1078	23	14	19	10	3	0	202	1349	5103	5103

Gráfica 3 Composición por intervalo de tiempo acceso sur. Fuente. Elaboración propia

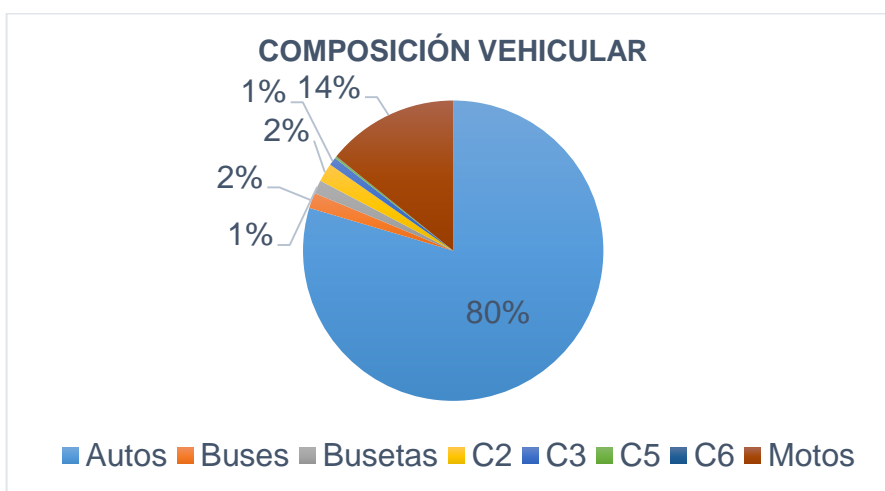


3.2.1.2.1 Composición vehicular

Tabla 33 Composición vehicular acceso sur. Fuente. Elaboración propia

TOTAL	4062	85	74	102	44	10	2	724	5103
Composición Vehicular %	79.60	1.67	1.45	2.00	0.86	0.20	0.04	14.19	100.00

Gráfica 4 Composición vehicular acceso sur. Fuente. Elaboración propia



Al igual que en el acceso norte el vehículo particular representa la mayoría del tráfico del acceso seguido por las motos.

3.2.1.2.2 Factor hora pico

FHP (max)	0.95
-----------	------

3.2.1.3 Acceso este

Tabla 34 Movimiento 9-4 acceso este. Fuente. Elaboración propia

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones				Motos
				C2	C3	C5	C6	
7:00 - 7:15	45	0	0	1	0	0	0	2
7:15 - 7:30	33	0	0	1	0	0	0	1
7:30 - 7:45	30	0	0	0	0	0	0	3
8:45 - 8:00	18	0	0	0	0	0	0	3




Tabla 35 Movimiento 8 acceso este. Fuente. Elaboración propia

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones				Motos
				C2	C3	C5	C6	
7:00 - 7:15	120	0	5	6	0	0	0	27
7:15 - 7:30	108	0	4	7	0	0	0	23
7:30 - 7:45	137	1	4	3	0	0	0	31
8:45 - 8:00	146	1	5	2	0	0	0	37


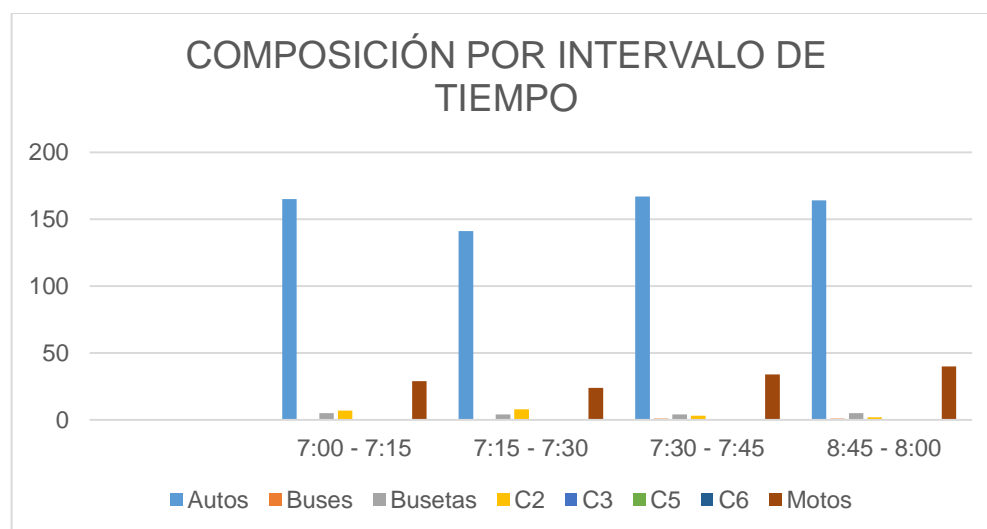


Tabla 36 Total flujo vehicular acceso este. Fuente. Elaboración propia

Hora de inicio	Autos	Buses	Busetas	Camiones				Motos	TOTAL VEH/T	Vol Horario	Aforo Volumen
				C2	C3	C5	C6				
7:00 - 7:15	165	0	5	7	0	0	0	29	206		
7:15 - 7:30	141	0	4	8	0	0	0	24	177		
7:30 - 7:45	167	1	4	3	0	0	0	34	209		
8:45 - 8:00	164	1	5	2	0	0	0	40	212	804	804

Gráfica 5 Composición por intervalo de tiempo acceso este. Fuente. Elaboración propia

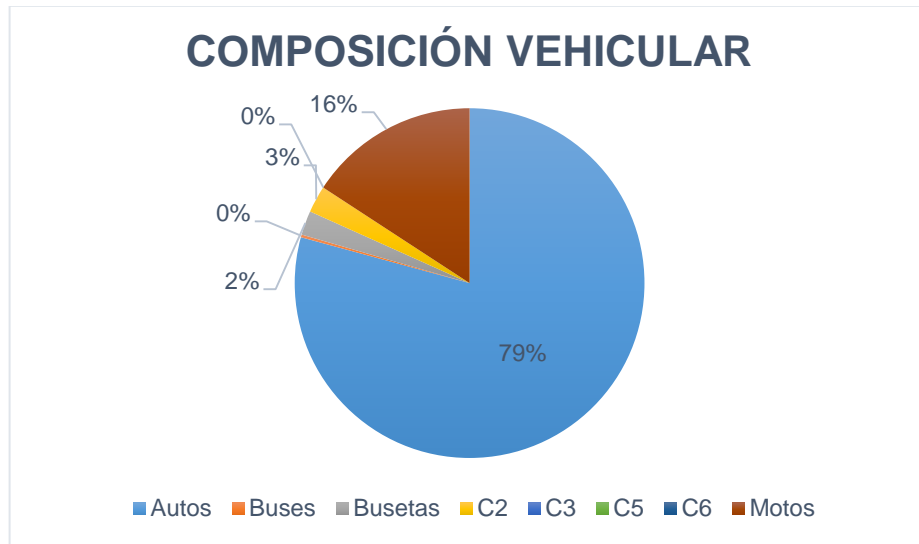


3.2.1.3.1 Composición vehicular

Tabla 37 Composición vehicular acceso este. Fuente. Elaboración propia

TOTAL	637	2	18	20	0	0	0	127	804
Composición Vehicular %	79.23	0.25	2.24	2.49	0.00	0.00	0.00	15.80	100.00

Gráfica 6 Composición vehicular acceso este. Fuente. Elaboración propia



3.2.1.3.2 Factor hora pico

FHP (max)	0.95
-----------	------

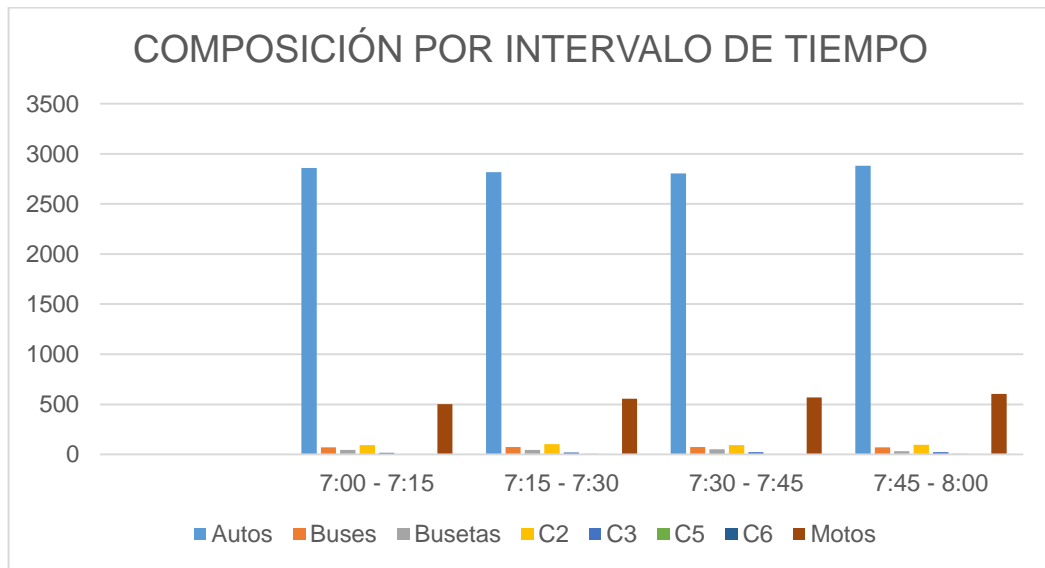
3.2.1.4 Intersección

Con todos los datos de los accesos se obtiene el total de flujo vehicular en la intersección.

Tabla 38 Total flujo vehicular intersección. Fuente. Elaboración propia

Hora de inicio	TOTAL INTERSECCION									TOTAL VEHI/T	Vol Horario	Aforo Volumen
	Autos	Buses	Busetas	Camiones				Motos				
				C2	C3	C5	C6					
7:00 - 7:15	2858	71	44	93	16	4	2	503	3591			
7:15 - 7:30	2818	73	45	103	18	5	0	556	3618			
7:30 - 7:45	2804	72	51	92	22	3	2	570	3616			
7:45 - 8:00	2881	69	31	96	23	5	2	603	3710	14535	14535	

Gráfica 7 Composición por intervalo de tiempo intersección. Fuente. Elaboración propia

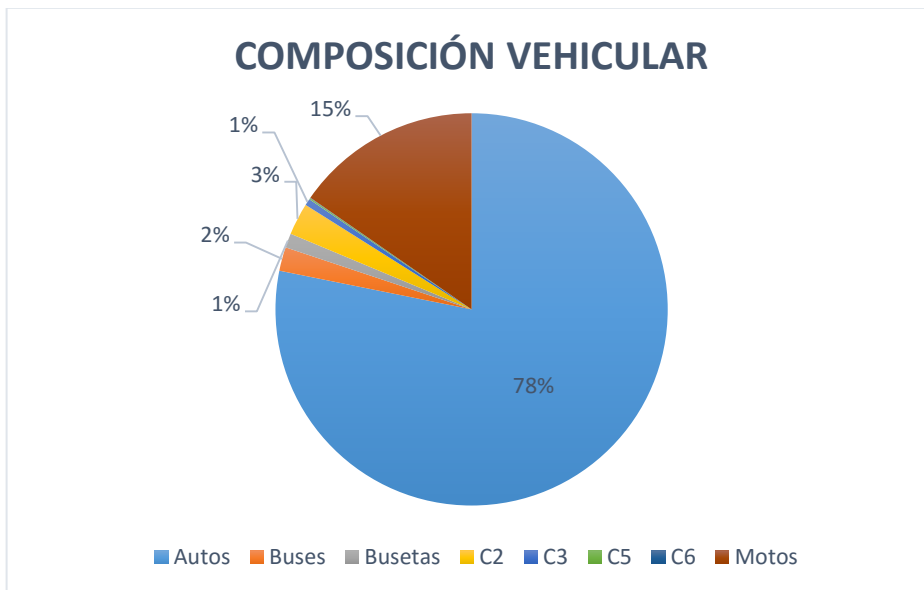


3.2.1.4.1 Composición vehicular

Tabla 39 Composición vehicular intersección. Fuente. Elaboración propia

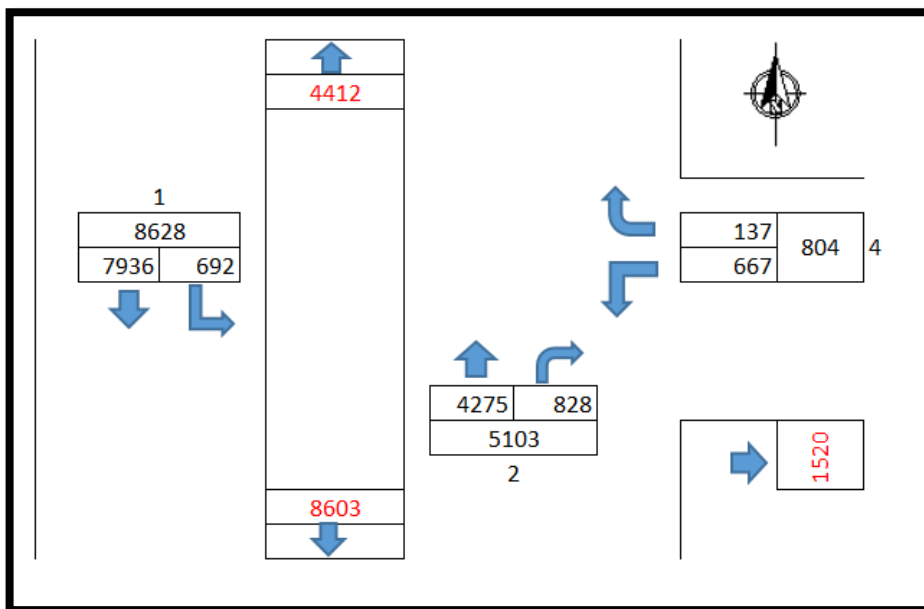
TOTAL	11361	285	171	384	79	17	6	2232	14535
Composición Vehicular %	78.16	1.96	1.18	2.64	0.54	0.12	0.04	15.36	100.00

Gráfica 8 Composición vehicular intersección. Fuente. Elaboración propia



Los volúmenes se resumen en el siguiente gráfico:

Gráfica 9 Movimiento máximo horario intersección. Fuente. Elaboración propia



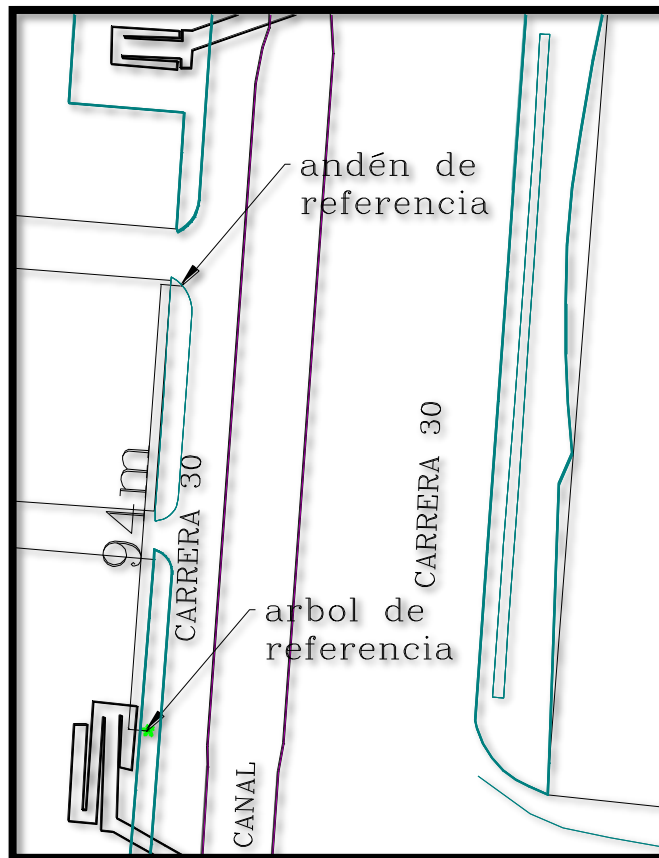
3.3 ESTUDIO DE VELOCIDADES

El estudio de velocidades tiene como fin saber cuál es la velocidad de operación actual de las vías que componen la intersección, para obtener una velocidad de diseño, que dará los parámetros de diseño geométrico de la intersección.

3.3.1 Avenida NQS

Se tomó una distancia base de 94 m para la medición.

Figura 22 Esquema distancia para toma de información. Fuente. Elaboración propia



Se tuvo como referencia el centro de un árbol grande que se encuentra ubicado al lado izquierdo de la avenida, y se midió la distancia a la esquina de la calle 56. Se tomó un total de 100 datos, usando como base de medida el carro particular.

Los datos obtenidos en campo son los siguientes:

Tabla 40 Tabla. Datos de campo velocidades Avenida NQS. Fuente. Elaboración propia

NO VEH	TIEMPO (seg)	VEL. (Km/h)	NO VEH	TIEMPO (seg)	VEL. (Km/h)
1	5.4	62	51	5.56	60
2	5.56	60	52	4.2	80
3	5.29	63	53	4.76	71
4	5.59	60	54	6	56
5	4.34	77	55	5.2	65
6	4.76	71	56	5.24	64
7	5.68	59	57	5.18	65
8	5.79	58	58	4.65	72
9	5.04	67	59	5.49	61
10	6.6	51	60	5.34	63
11	4.81	70	61	6	56
12	4.73	71	62	4.54	74
13	6.46	52	63	5.12	66
14	5.85	57	64	4.24	79
15	5.92	57	65	4.23	80
16	4.92	68	66	5.37	63
17	5.26	64	67	6.04	56
18	5.34	63	68	4.04	83
19	6.56	51	69	5.23	64
20	6.68	50	70	5.34	63
21	4.65	72	71	5.39	62
22	5.18	65	72	5.79	58
23	5.6	60	73	5.54	61
24	5.6	60	74	4.04	83
25	7.24	46	75	4.29	78
26	5.45	62	76	4.62	73
27	7.54	44	77	5.09	66
28	7.04	48	78	4.63	73

29	5.2	65	79	6.07	55
30	4.67	72	80	4.92	68
31	5.76	58	81	5.67	59
32	4.67	72	82	4.92	68
33	5.67	59	83	4.67	72
34	4.9	69	84	5.25	64
35	5.34	63	85	5.39	62
36	5.45	62	86	5.45	62
37	4.73	71	87	6	56
38	5.45	62	88	5.24	64
39	5.18	65	89	6.23	54
40	6.01	56	90	5.92	57
41	5.45	62	91	4.67	72
42	4.51	75	92	6.14	55
43	5.68	59	93	5.51	61
44	3.81	88	94	5.1	66
45	4.31	78	95	5.14	65
46	5.14	65	96	4.79	70
47	4.46	75	97	5.78	58
48	6.26	54	98	5.31	63
49	5.06	66	99	4.6	73
50	5.01	67	100	5.12	66

3.3.1.1 Estadística de la información

Se determinan las diferentes variables estadísticas de la información obtenida.

Tabla 41 Datos estadísticos velocidades Avenida NQS. Fuente. Elaboración propia

<i>estadística descriptiva</i>	
Media	64.36
Error típico	0.830
Mediana	63.5
Moda	62
Desviación estándar	8.297
Varianza de la muestra	68.839
Curtosis	0.229

Coefficiente de asimetría	0.269
Rango	44
Mínimo	44
Máximo	88
Suma	6436
Cuenta	100

Se revisa que los datos tomados en campo sean los suficientes para procesar la información.

3.3.1.2 Tamaño apropiado de la muestra

$$n = \left(\frac{KS}{e} \right)^2 \quad (45)$$

Se asume 1.96 de K, para una confiabilidad del 95%, la desviación estándar para tipo de tránsito urbano de 4 carriles (7.9) y un error de 2 km/h.

Tabla 42 Tabla. Valor desviación estándar para diferentes tipos de tránsito y de vías. Fuente. Elaboración propia

TIPO DE TRÁNSITO	TIPO DE VÍA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Rural	Dos carriles	8.5
Rural	Cuatro carriles	6.8
Intermedio	Dos carriles	8.5
Intermedio	Cuatro carriles	8.5
Urbano	Dos carriles	7.7
Urbano	Cuatro carriles	7.9
Valor redondeado		8.0

Fuente: Box y Oppenlander (1985, p. 86).

$$n = \left(\frac{1.96 * 7.9}{2} \right)^2 = 61 \text{ muestras} \quad (46)$$

El número de observaciones requeridas de acuerdo a lo expuesto es de 61 muestras, que cumple con la cantidad de datos tomados en campo los cuales fueron 100.

Después de la medición recalculamos el tamaño de la muestra, donde cambia el valor de la desviación estándar S, manteniendo el nivel de confiabilidad y el error de 2 Km/h.

$$n = \left(\frac{1.96 * 8.3}{2} \right)^2 = 66 \text{ muestras} \quad (47)$$

Se halla el intervalo para determinar la clase y la frecuencia en que se presentan las velocidades.

$$\text{Intervalo} = \frac{\text{rango}}{N} = 4.4 \text{ km se toma 5 km} \quad (48)$$

El valor de N se toma como 10 de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 43 Valor de N. fuente, diapositivas del clase. Fuente. Elaboración propia

Número de intervalos de clase por tamaño de muestra

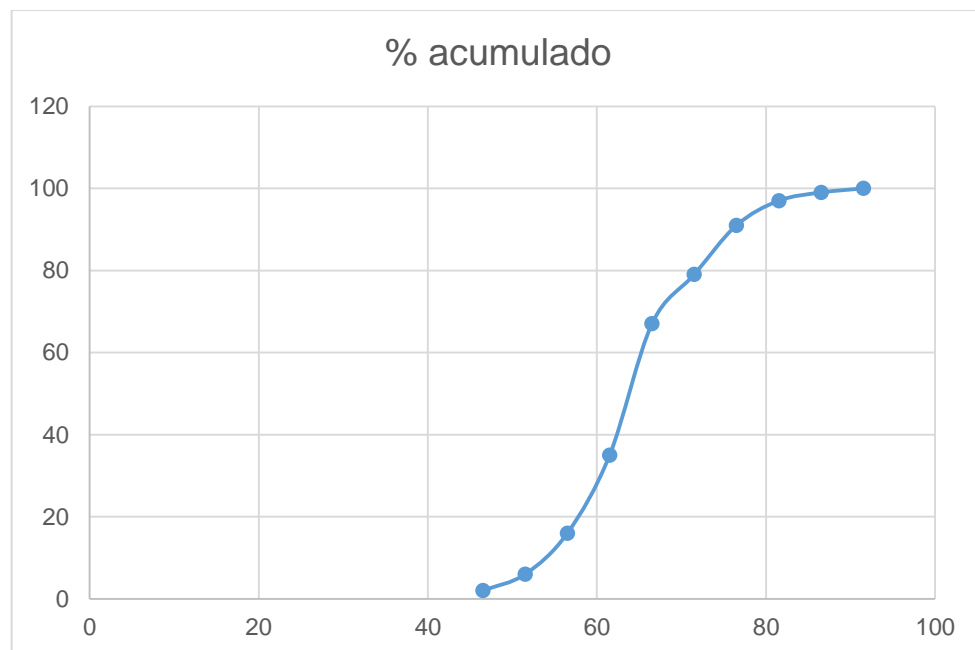
Tamaño de muestra <i>n</i>	Número de intervalos <i>N</i>
50-100	7-8
100-1,000	10-11
1,000-10,000	14-15
10,000-100,000	17-18
Mayor de 100,000	$1 + 3.3 \text{Log}_{10}(n)$

Tabla 44 Intervalo y frecuencia de velocidades Avenida NQS. Fuente. Elaboración propia

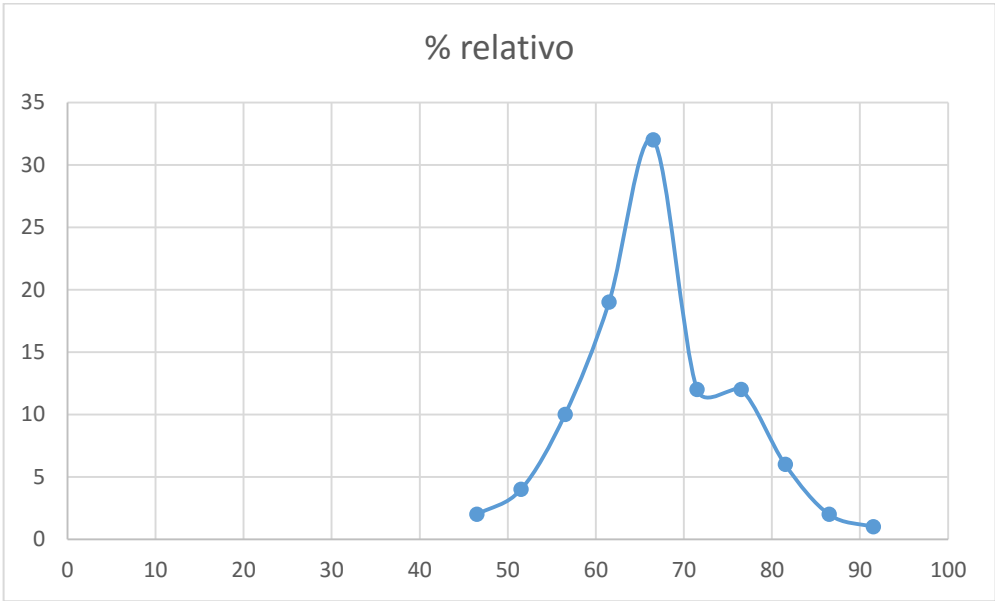
	INTERVALO					
	SUPERIOR	INFERIOR	MEDIO	FRECUENCIA	%RELATIVO	% ACUMULADO
1	47	42	44	2	2	2
2	52	47	49	4	4	6
3	57	52	54	10	10	16
4	62	57	59	19	19	35
5	67	62	64	32	32	67
6	72	67	69	12	12	79
7	77	72	74	12	12	91
8	82	77	79	6	6	97
9	87	82	84	2	2	99
10	92	87	89	1	1	100

Con la información tabulada como se muestra en la tabla anterior, se procede a realizar los gráficos que permitirán hallar las diferentes velocidades.

Gráfica 10 Velocidad vs Frecuencia acumulada Avenida NQS. Fuente. Elaboración propia



Gráfica 11 Gráfica. Velocidad vs Frecuencia valores relativos Avenida NQS.
 Fuente. Elaboración propia



Con las gráficas se interpola para obtener las diferentes velocidades.

- Percentil 15= velocidad de operación mínima.
- Percentil 50= velocidad de operación media
- Percentil 85= Velocidad de operación máxima
- Percentil 98= velocidad de diseño

Se tiene entonces para la Avenida NQS las siguientes velocidades:

Tabla 45 Velocidades Avenida NQS. Fuente. Elaboración propia

56	VEL.OPE MINIMA
63.5	VEL.OPE MEDIA
72.15	VEL.OPE MAXIMA
83	VEL.DISEÑO

3.3.2 Transversal 28

Se realizó el mismo procedimiento para esta calle. La distancia de referencia para la toma de la información fue de 113 m.



Imagen 3 distancia de referencia para toma de información. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

Tabla 46 Datos de campo velocidades Transversal 28. Fuente. Elaboración propia

NO VEH	TIEMPO (seg)	VEL. (Km/h)
1	9.49	42
2	8.57	47
3	8.38	48
4	8.94	45
5	8.55	47
6	9.01	45
7	7.2	56
8	8.65	47
9	8.76	46
10	9.45	43

NO VEH	TIEMPO (seg)	VEL. (Km/h)
56	8.77	46
57	8.34	48
58	8.12	50
59	8.22	49
60	8.4	48
61	8.37	48
62	8.71	46
63	7.64	53
64	8.1	50
65	8.12	50

11	8.9	45
12	8.85	45
13	8.2	49
14	8.15	49
15	8.01	50
16	9.41	43
17	6.78	60
18	8.7	46
19	8.25	49
20	9.01	45
21	9.27	43
22	8.49	47
23	8.4	48
24	8.8	46
25	8.95	45
26	9.4	43
27	8.88	45
28	8.06	50
29	7.93	51
30	8.45	48
31	8.34	48
32	7.95	51
33	9.49	42
34	8.92	45
35	8.07	50
36	7.34	55
37	7.58	53
38	8.15	49
39	6.92	58
40	8.74	46
41	9.08	44
42	8.68	46
43	8.93	45
44	9.94	40
45	7.63	53
46	7.75	52
47	7.25	56
48	8.73	46
49	9.21	44
50	8.99	45
51	8.82	46
52	8.96	45

66	8.31	48
67	7.83	51
68	9.01	45
69	8.88	45
70	7.51	54
71	7.92	51
72	7.99	50
73	7.51	54
74	7.92	51
75	7.99	50
76	7.51	54
77	7.47	54
78	7.59	53
79	8.41	48
80	8.79	46
81	7.89	51
82	9.05	44
83	8.62	47
84	8.21	49
85	9.21	44
86	8.35	48
87	7.75	52
88	8.2	49
89	8.61	47
90	8.97	45
91	8.07	50
92	8.38	48
93	8.29	49
94	8.35	48
95	7.57	53
96	8.29	49
97	8.16	49
98	9.19	44
99	8.87	45
100	8.55	47
101	7.83	51
102	7.07	57
103	7.84	51
104	8.07	50
105	8.13	50
106	7.26	56
107	7.19	56

53	8.41	48
54	8.94	45
55	8.57	47

108	7.88	51
109	9.15	44
110	8.19	49

En este caso se tomó 110 datos.

3.3.2.1 Estadística descriptiva

Tabla 47 Datos estadísticos velocidades Transversal 28. Fuente. Elaboración propia

<i>estadística descriptiva</i>	
Media	48.427
Error típico	0.362
Mediana	48
Moda	45
Desviación estándar	3.796
Varianza de la muestra	14.412
Curtosis	0.202
Coficiente de asimetría	0.587
Rango	20
Mínimo	40
Máximo	60
Suma	5327
Cuenta	110

3.3.2.2 Tamaño de la muestra

Se usa la fórmula empleada para la Avenida NQS.

$$n = \left(\frac{KS}{e}\right)^2 \quad (49)$$

$$n = \left(\frac{1.96 * 7.7}{2} \right)^2 = 57 \text{ muestras} \quad (50)$$

Se asume 1.96 de K, para una confiabilidad del 95%, la desviación estándar para tipo de tránsito urbano de 2 carriles (7.7) y un error de 2 km/h.

El valor requerido de muestras de acuerdo a lo anterior es de 57, lo que se cumple satisfactoriamente teniendo en cuenta que hubo 110 registros.

Después de la medición recalculamos el tamaño de la muestra, donde cambia el valor de la desviación estándar S, manteniendo el nivel de confiabilidad y el error de 2 Km/h.

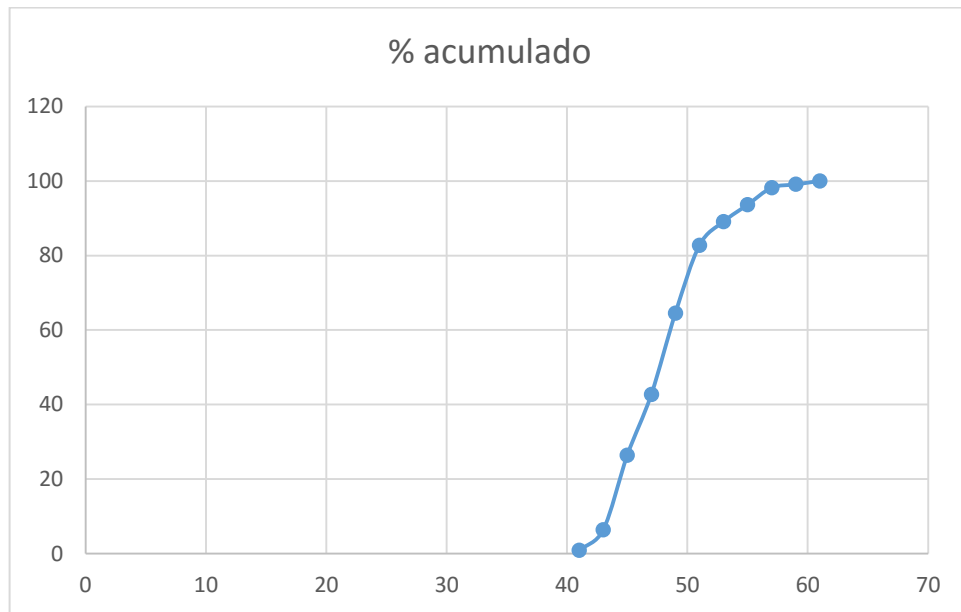
$$n = \left(\frac{1.96 * 3.8}{2} \right)^2 = 14 \text{ muestras} \quad (51)$$

Se asume para este caso 11 intervalos de velocidades y se procesa como se muestra en la siguiente tabla.

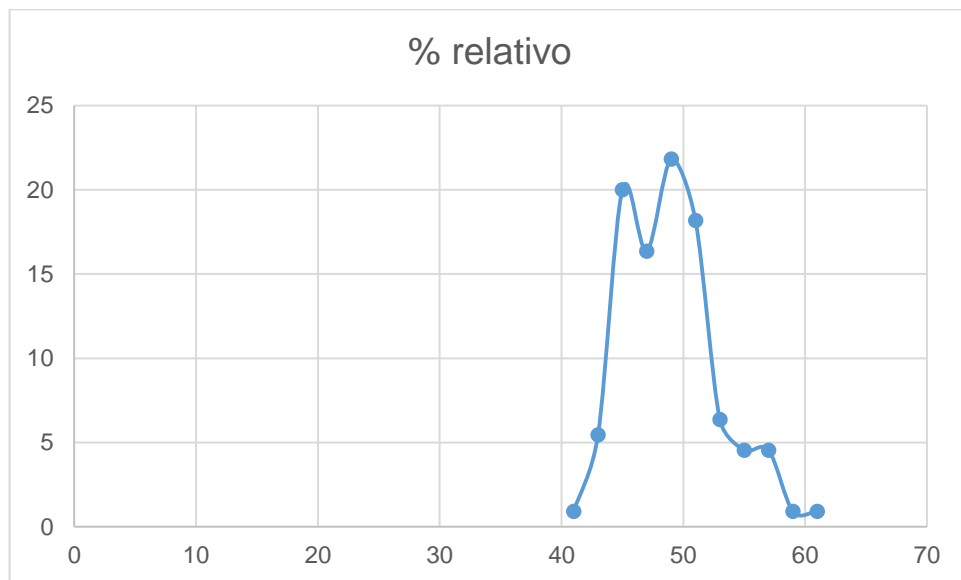
Tabla 48 Intervalo y frecuencia de velocidades Transversal 28. Fuente. Elaboración propia

	INTERVALO					
	SUPERIOR	INFERIOR	MEDIO	FRECUENCIA	%RELATIVO	% ACUMULADO
1	41	39	40	1	1	1
2	43	41	42	6	5	6
3	45	43	44	22	20	26
4	47	45	46	18	16	43
5	49	47	48	24	22	65
6	51	49	50	20	18	83
7	53	51	52	7	6	89
8	55	53	54	5	5	94
9	57	55	56	5	5	98
10	59	57	58	1	1	99
11	61	59	60	1	1	100

Gráfica 12 Velocidad vs Frecuencia acumulada Transversal 28. Fuente. Elaboración propia



Gráfica 13 Velocidad vs Frecuencia valores relativos Transversal 28. Fuente. Elaboración propia



Los datos de velocidades para esta calle en consonancia a los percentiles empleados para la Avenida NQS son los siguientes:

45	VEL.OPE MINIMA
48	VEL.OPE MEDIA
52	VEL.OPE MAXIMA
56.04	VEL.DISEÑO

3.3.3 Proyección del volumen de diseño

Se aprovechará al máximo la estructura existente para reducir los costos. Debido a esto solo se adicionará dos movimientos que hacen falta para que la intersección en cuestión quede con todos los giros posibles. Los giros adicionales o que generarán una estructura adicional son el movimiento cinco (5) y ocho (8). Se tendrá un periodo de diseño de 20 años, es decir hasta el 2036.

3.3.3.1 Proyección vehicular intersección

La intersección tiene un aforo total de 111521 veh/hora, de acuerdo a lo mostrado en el estudio de tránsito.

Debido a que no se tienen aforos históricos que proporcionen una información adecuada para la proyección vehicular, se tomará la tasa de crecimiento poblacional que se proyecta para Bogotá, de 2016 a 2020. Estos datos se obtuvieron del DANE y se muestran a continuación.

Tabla 49 Tabla. Proyección de población Bogotá. Fuente. DANE

AÑO	POBLACION
2015	7,878,783
2016	7,980,001
2017	8,080,734
2018	8,181,047
2019	8,281,030
2020	8,380,801

Con la información anterior hallamos el factor de proyección para cada año.

Tabla 50 Tasa de crecimiento poblacional para Bogotá. Fuente. Elaboración propia

PROYECCION POBLACION BOGOTA		
AÑO	POBLACION	TASA DE CRECIMIENTO
2015	7,878,783	
2016	7,980,001	1.28
2017	8,080,734	1.26
2018	8,181,047	1.24
2019	8,281,030	1.22
2020	8,380,801	1.20

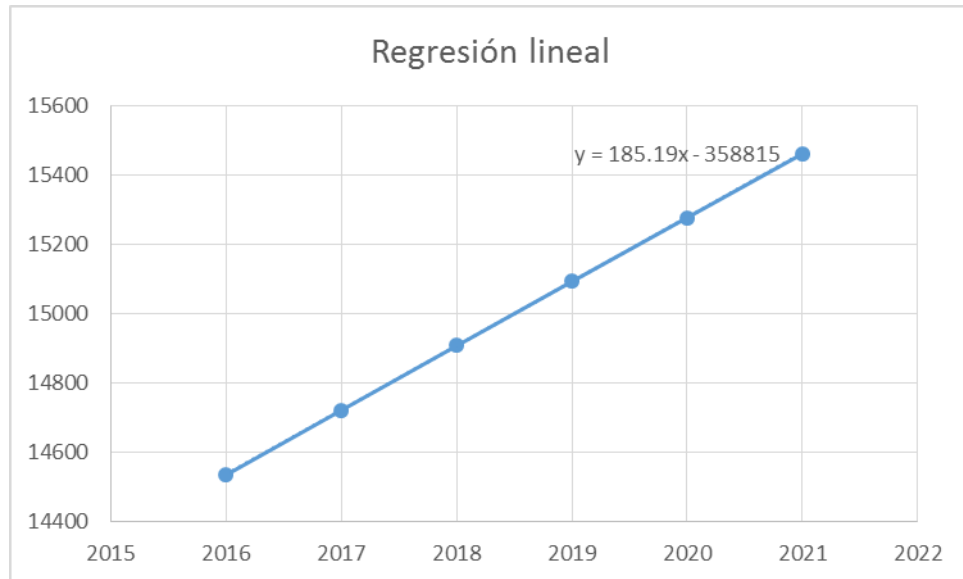
Se multiplica esta tasa de crecimiento anual por el volumen vehicular máximo horario obtenido en el estudio de tránsito.

Tabla 51 Proyección vehicular al año 2021 intersección. Fuente. Elaboración propia

INTERSECCIÓN		
AÑO	VOL MAX HORA	TASA CRECIMIENTO
2016	14535	1.28
2017	14722	1.26
2018	14908	1.24
2019	15093	1.22
2020	15277	1.20
2021	15461	

Con los datos anteriores se realiza una proyección de tipo lineal para obtener el dato hasta el año de diseño que es 2036, es decir 20 años.

Gráfica 14 Proyección lineal intersección. Fuente. Elaboración propia



Se utiliza la fórmula $y=185.19x-358815$ para obtener los datos de los años requeridos. Se obtiene lo siguiente:

Tabla 52 Volumen vehicular año 2036 intersección. Fuente. Elaboración propia

INTERSECCIÓN		
AÑO	VOL MAX HORA	TASA CRECIMIENTO
2016	14535	
2017	14722	1.28
2018	14908	1.26
2019	15093	1.24
2020	15277	1.22
2021	15461	1.20
2022	15639	1.15
2023	15824	1.18
2024	16009	1.17
2025	16194	1.16
2026	16379	1.14
2027	16565	1.14
2028	16750	1.12
2029	16935	1.10
2030	17120	1.09
2031	17305	1.08
2032	17491	1.07
2033	17676	1.06
2034	17861	1.05
2035	18046	1.04
2036	18231	1.03

3.3.3.2 Proyección por movimiento

Los porcentajes de cada movimiento con respecto a la intersección son:

Tabla 53 Porcentajes de volúmenes por movimiento. Fuente. Elaboración propia

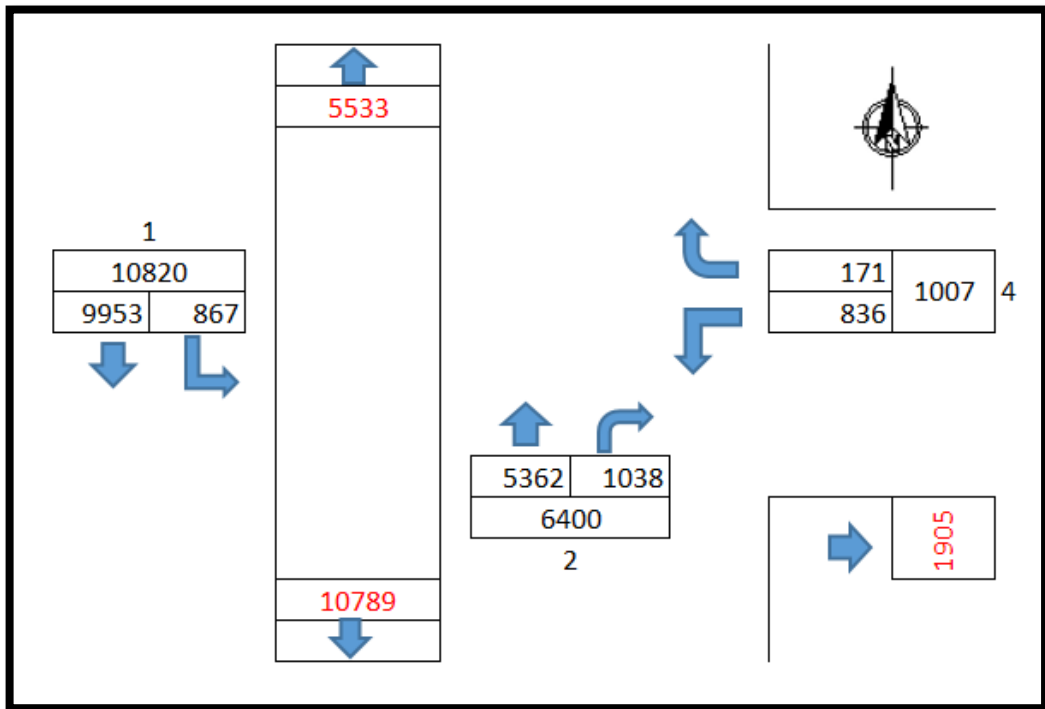
Movimiento	% de la intersección
1	55
5	5
2	29
9-2	6
9-4	1
8	5

De acuerdo con la tabla los volúmenes vehiculares al año 2036 por movimiento son:

Tabla 54 Volúmenes futuros por movimiento. Fuente. Elaboración propia

Movimiento	Veh/hora año 2036
1	9953
5	867
2	5362
9-2	1038
9-4	171
8	836

Gráfica 15 volumen máximo horario de diseño de la intersección. Fuente. Elaboración propia



Se tiene el volumen máximo horario de diseño y la velocidad de diseño, estos son los datos necesarios para empezar el diseño geométrico de la intersección.

CAPÍTULO 4 MODELACIÓN DE LA INTERSECCIÓN

4.1 MODELACIÓN SITUACIÓN ACTUAL VOLÚMENES ACTUALES

4.1.1 Procedimiento

Se realiza el esquema de la intersección teniendo en cuenta los movimientos aforados y así mismo los que intervienen el funcionamiento de esta



Imagen 4. Modelación Intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

Posteriormente se ingresan al programa los volúmenes del tránsito, velocidades, composición del tránsito y demás condiciones ya calculadas y tomadas anteriormente, tanto para los giros como para los cruces directos.



Imagen 5. Ingreso valores Volúmenes de la parte norte de la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>



Imagen 6 ingreso de valores de los volúmenes del sur de la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17>

Se va a la parte de programación para determinar las fases semafóricas y tiempos respectivos, tomados en la transversal 28.

The screenshot shows the Synchro software interface. The 'TIMING SETTINGS' tab is active, displaying a table of parameters for various traffic directions (EBL2, EBL, EBR, NBL, NBT, NBR, SBL, SBT, SBR, SWL, SWR, SWR2, PED, HOLD). The table includes parameters such as Traffic Volume (vph), Turn Type, Protected Phases, Permitted Phases, Detector Phases, Switch Phase, Leading Detector (m), Trailing Detector (m), Minimum Split (s), Total Split (s), Yellow Time (s), All Red Time (s), Lost Time Adjust (s), Lagging Phase?, Allow Lead/Lag Optimize?, Recall Mode, Actuated Elliot Green (s), Actuated g/C Ratio, Volume to Capacity Ratio, Control Delay (s), Queue Delay (s), Total Delay (s), Level of Service, Approach Delay (s), Approach LOS, Queue Length 50th (m), Queue Length 95th (m), Stops (vph), Fuel Used (l/hr), and Dilemma Vehicles (B/hr).

Parameter	EBL2	EBL	EBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SWL	SWR	SWR2	PED	HOLD
Lanes and Sharing (BRL)		↑↑↑						↑↑						
Traffic Volume (vph)	0	828	0	0	0	0	0	667	0	0	0	0		
Turn Type														
Protected Phases		4						6						
Permitted Phases		4						6						
Detector Phases		4						6						
Switch Phase		0						0						
Leading Detector (m)		2.0						10.0						
Trailing Detector (m)		0.0						0.0						
Minimum Split (s)		4.0						4.0						
Total Split (s)		30.0						30.0						
Yellow Time (s)		4.0						4.0						
All Red Time (s)		10.0						10.0						
Lost Time Adjust (s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0						
Lagging Phase?														
Allow Lead/Lag Optimize?														
Recall Mode		Max						Max						
Actuated Elliot Green (s)		66.0						46.0						
Actuated g/C Ratio		0.47						0.33						
Volume to Capacity Ratio		0.40						0.62						
Control Delay (s)		24.7						42.6						
Queue Delay (s)		0.0						0.0						
Total Delay (s)		24.7						42.6						
Level of Service		C						D						
Approach Delay (s)		24.7						42.6						
Approach LOS		C						D						
Queue Length 50th (m)		59.3						30.6						
Queue Length 95th (m)		70.7						112.7						
Stops (vph)		521						952						
Fuel Used (l/hr)		42						36						
Dilemma Vehicles (B/hr)		0						0						

Imagen 7. Fases Semafóricas presentes. Fuente. Elaboración propia basada en Synchro (s.f.)

Verificamos velocidades y distancias de los tramos de la intersección.



Imagen 8. Distancias y velocidades de la parte norte de la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

Después de asumidas estas condiciones y verificar toda la información contenida, verificamos el nivel de servicio que se encuentra actualmente.



Imagen 10. Niveles de servicio de la Intersección actualmente. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>



Imagen 11 Capacidad de utilización de la intersección (ICU). Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

Se procede a visualizar el corredor en Modelación 2D.



Imagen 12. Modelación en 2D de la Intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

Y ahora se visualiza en 3D por medio del programa Synchro

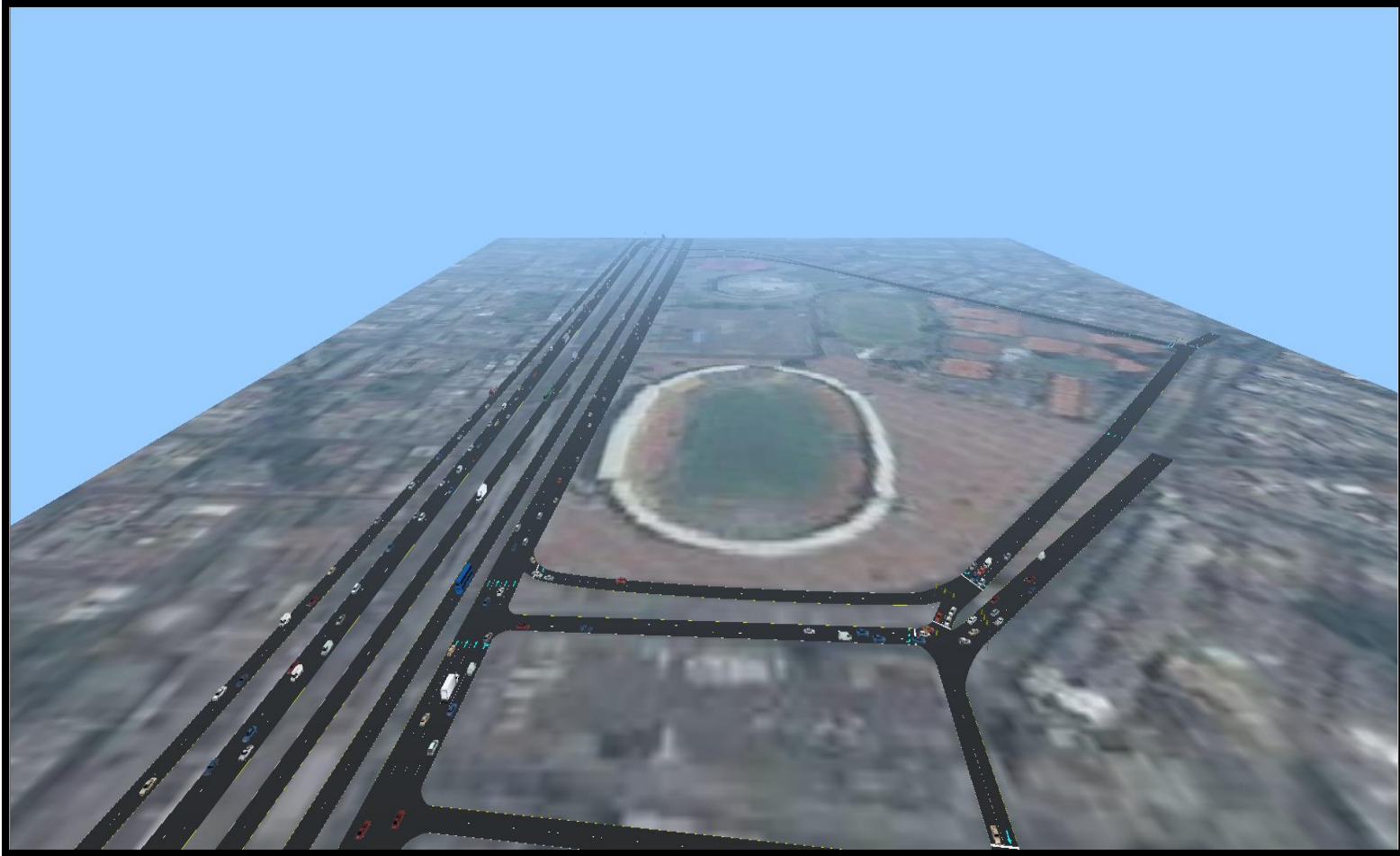


Imagen 13. Modelación 3D Kra.30- Col 53 B BIS. Fuente. . Elaboración propia basada en Synchro (s.f.)

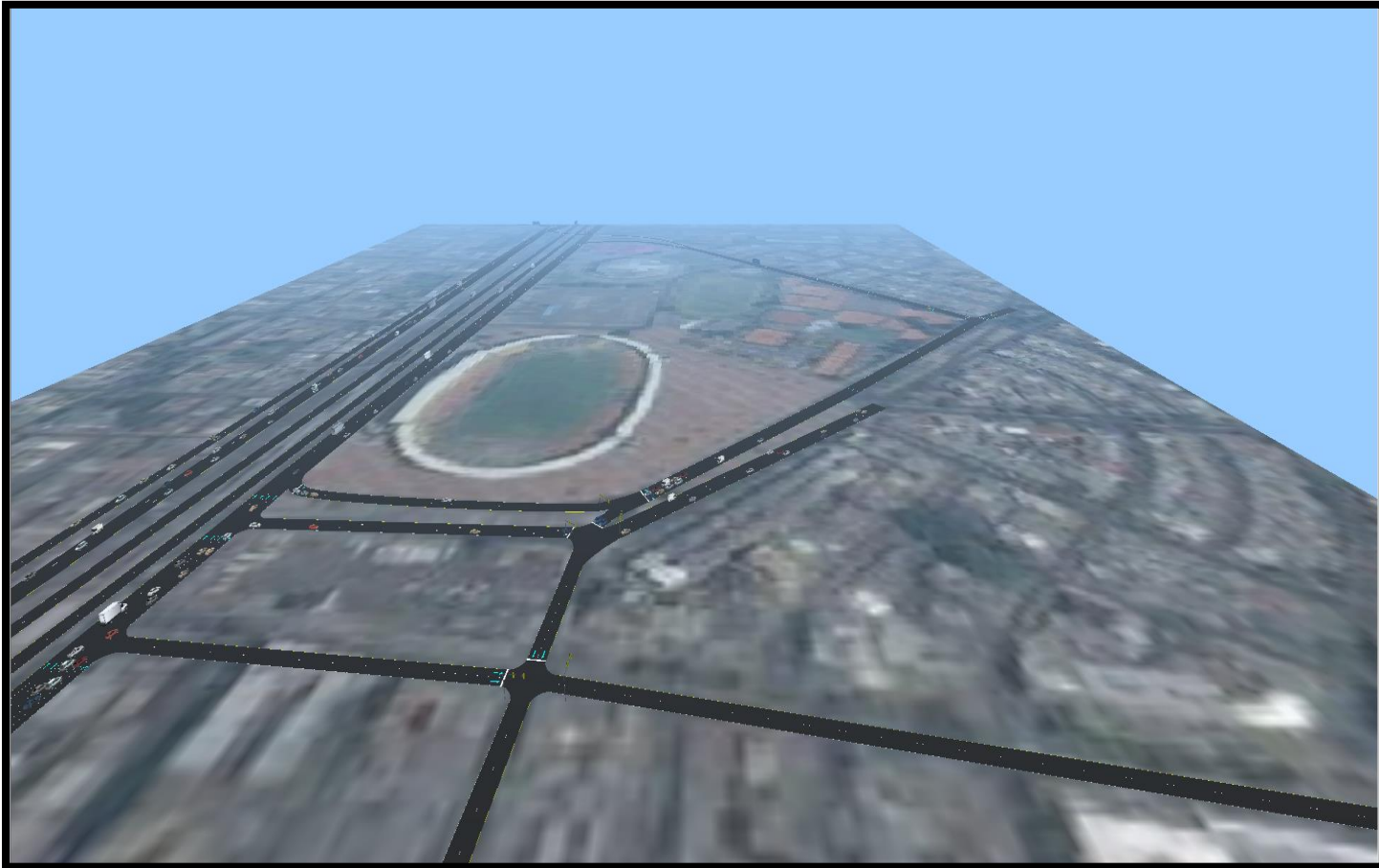


Imagen 14. Modelación 3D, Traversal 28- CLL 53 B BIS. Fuente. . Elaboración propia basada en Synchro (s.f.)

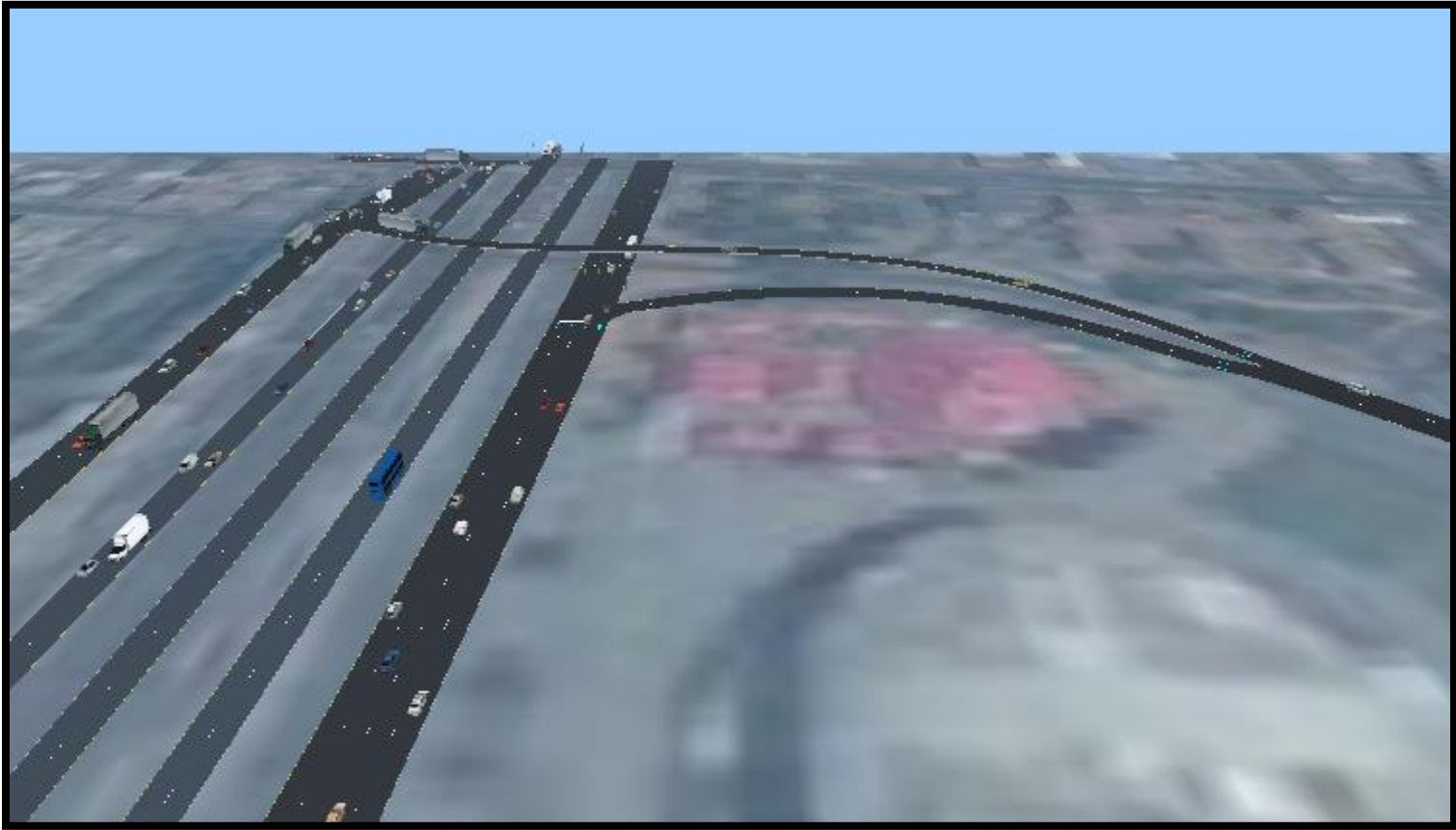


Imagen 15. Modelación 3D, Puente CII 63- Kra 30. Fuente. Elaboración propia basada en Synchro (s.f.)

4.1.2 Análisis del reporte

- Volúmenes
Para este esquema de intersección los volúmenes no exceden las condiciones permitidas para la capacidad en cada carril o sentido, por lo que no presenta flujo saturado
- Capacidad
en general La intersección tiene una capacidad aceptable y viable actualmente, en los cruces existentes no presenta capacidad excedida sin embargo en la calzada rápida con sentido norte sur desde esta época ya presenta una capacidad demasiado mayor a la permitida para estas condiciones.
- Utilización de carril
Los carriles presentan un uso entre 0.94 y 0.95 del factor de utilización por lo que se puede concluir que el carril está siendo utilizado en casi su totalidad, debido al volumen que existe en la intersección.
- Demoras
Con respecto a las demoras que se generan en el corredor actualmente se puede evidenciar en la modelación que estas son presentes sobre la transversal 28 cuando los automóviles salen e ingresan de la treinta, sin embargo son demoras en los que encontramos valores desde 40 hasta 70 metros, esto debido a que se encuentra presente un señalización semafórica que regula el tráfico e esta sección, pero que solucionando la falta de giros a la izquierda se podría mejorar esta condición aunque esto no representa que así sea

- **Tiempos de cola**
En cuanto a tiempos de cola no se presentan aunque haya presencia de semáforo estos no están generando tanto retraso o demora en estos cruces.
- **Velocidades**
Las velocidades de a intersección se encuentran entre 50 y 80 km/h sin embargo en los giros de acceso o salida de la carrera 30 no se encuentran velocidades mayores a 25 l/h debido al flujo vehicular presente, y por consiguiente las velocidades al disminuir van afectan el flujo de los vehículos en la intersección a la velocidad que debería ser.
- **Nivel de servicio**
El nivel de servicio de la intersección en su totalidad, presenta niveles A, B, C, D aunque para las condiciones establecidas en la ciudad un nivel C sería el adecuado, sin embargo en una de las calzadas se puede observar que su nivel de servicio ya es F que será el máximo de los niveles es decir que para el futuro esta condición empeorara al incrementar por razones de crecimiento poblacional naturalmente.

4.2 PROYECCION DEL VOLUMEN DE DISEÑO

Se aprovechará al máximo la estructura existente para reducir los costos. Debido a esto solo se adicionará dos movimientos que hacen falta para que la intersección en cuestión quede con todos los giros posibles. Los giros adicionales o que generarán una estructura adicional son el movimiento cinco (5) y ocho (8). Se tendrá un periodo de diseño de 20 años, es decir hasta el 2036.

4.2.1 Proyección vehicular intersección

La intersección tiene un aforo total de 111521 veh/hora, de acuerdo a lo mostrado en el estudio de tránsito.

Debido a que no se tienen aforos históricos que proporcionen una información adecuada para la proyección vehicular, se tomará la tasa de crecimiento poblacional que se proyecta para Bogotá, de 2016 a 2020. Estos datos se obtuvieron del DANE y se muestran a continuación.

Tabla 55 Tabla. Proyección de población Bogotá. Fuente DANE

AÑO	POBLACION
2015	7,878,783
2016	7,980,001
2017	8,080,734
2018	8,181,047
2019	8,281,030
2020	8,380,801

Con la información anterior hallamos el factor de proyección para cada año

.Tabla 56 Tasa de crecimiento poblacional para Bogotá. Fuente. Elaboración propia

PROYECCION POBLACION BOGOTA		
AÑO	POBLACION	TASA DE CRECIMIENTO
2015	7,878,783	
2016	7,980,001	1.28
2017	8,080,734	1.26
2018	8,181,047	1.24
2019	8,281,030	1.22
2020	8,380,801	1.20

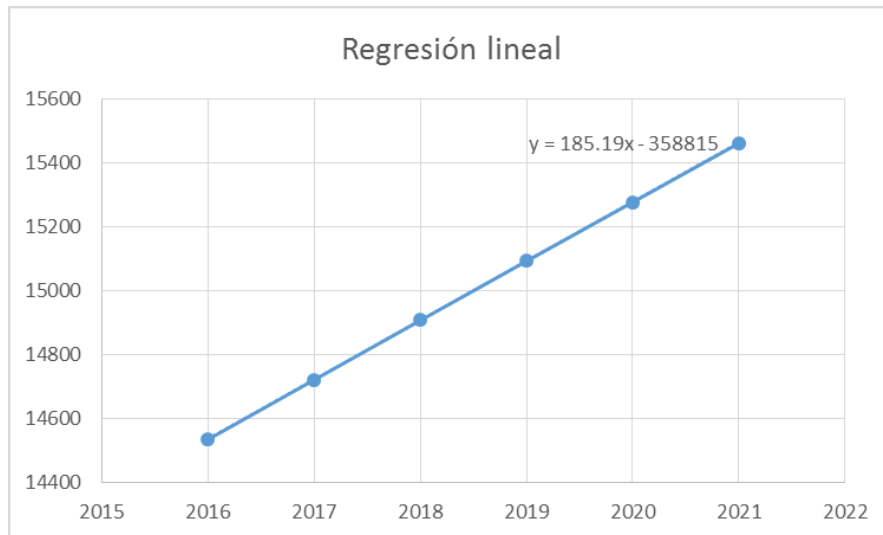
Se multiplica esta tasa de crecimiento anual por el volumen vehicular máximo horario obtenido en el estudio de tránsito.

Tabla 57 Proyección vehicular al año 2021 intersección. Fuente. Elaboración propia

INTERSECCIÓN		
AÑO	VOL MAX HORA	TASA CRECIMIENTO
2016	14535	1.28
2017	14722	1.26
2018	14908	1.24
2019	15093	1.22
2020	15277	1.20
2021	15461	

Con los datos anteriores se realiza una proyección de tipo lineal para obtener el dato hasta el año de diseño que es 2036, es decir 20 años.

Gráfica 16 Gráfica. Proyección lineal intersección. Fuente. Elaboración propia



Se utiliza la fórmula $y=185.19x-358815$ para obtener los datos de los años requeridos. Se obtiene lo siguiente:

Tabla 58 Volumen vehicular año 2036 intersección. Fuente. Elaboración propia

INTERSECCIÓN		
AÑO	VOL MAX HORA	TASA CRECIMIENTO
2016	14535	
2017	14722	1.28
2018	14908	1.26
2019	15093	1.24
2020	15277	1.22
2021	15461	1.20
2022	15639	1.15
2023	15824	1.18
2024	16009	1.17
2025	16194	1.16
2026	16379	1.14
2027	16565	1.14
2028	16750	1.12
2029	16935	1.10
2030	17120	1.09
2031	17305	1.08
2032	17491	1.07
2033	17676	1.06
2034	17861	1.05
2035	18046	1.04
2036	18231	1.03

4.2.2 Proyección por movimiento

Los porcentajes de cada movimiento con respecto a la intersección son:

Tabla 59 Tabla. Porcentajes de volúmenes por movimiento. Fuente. Elaboración propia

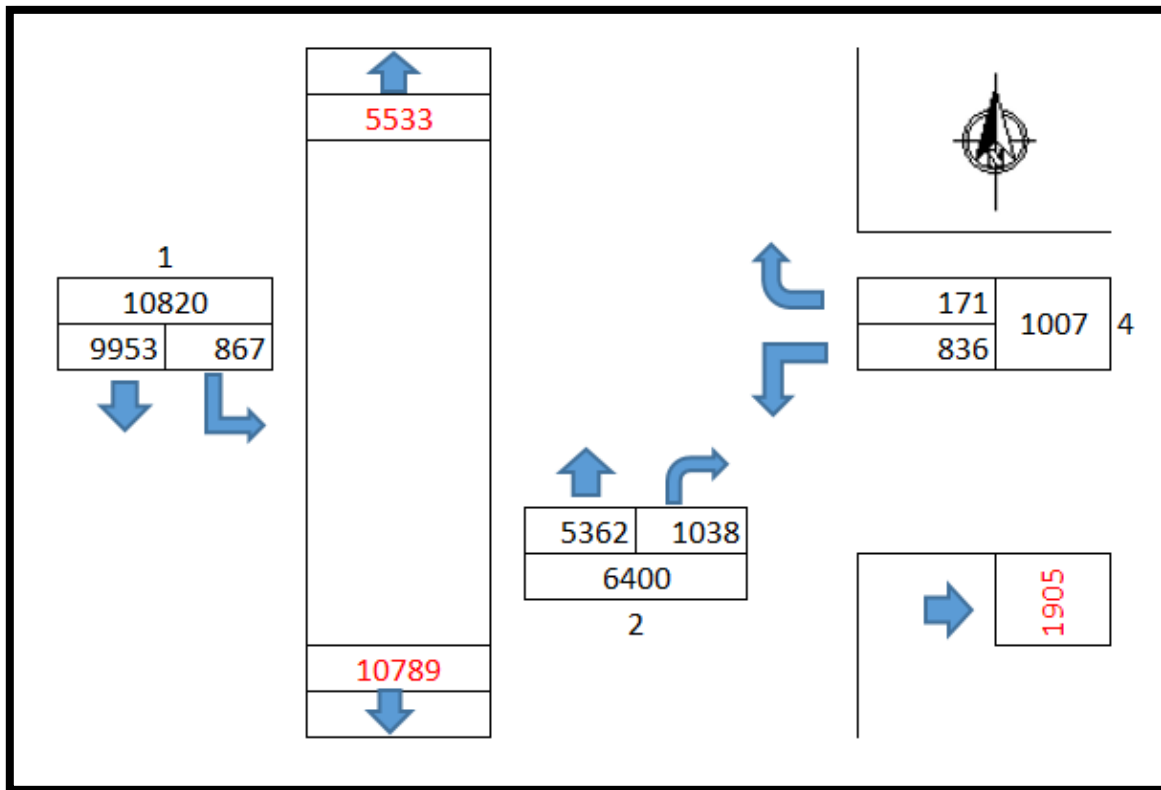
Movimiento	% de la intersección
1	55
5	5
2	29
9-2	6
9-4	1
8	5

De acuerdo con la tabla los volúmenes vehiculares al año 2036 por movimiento son:

Tabla 60 Tabla. Volúmenes futuros por movimiento. Fuente. Elaboración propia

Movimiento	Veh/hora año 2036
1	9953
5	867
2	5362
9-2	1038
9-4	171
8	836

Gráfica 17 Movimiento máximo horario intersección. Fuente. Elaboración propia



Se tiene el volumen máximo horario de diseño y la velocidad de diseño, estos son los datos necesarios para empezar el diseño geométrico de la intersección.

4.3 MODELACIÓN CORREDOR SITUACIÓN ACTUAL VOLÚMENES FUTUROS

4.3.1 Modelación intersección

La geometría de la intersección sigue siendo la misma.



Imagen 16 geometría de la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f).
[Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de
<https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.3.2 Volúmenes

En este caso se ingresan los valores de los volumen proyectados un periodo de 20 años, cálculo realizado anteriormente.



Imagen 17 ingreso de valores proyectados de 20 años de la parte norte de la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>



Imagen 18 ingreso de valores proyectados de 20 años de la parte sur de la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.3.3 Velocidades

Las velocidades continúan siendo las mismas, la idea es comprobar para un periodo de 20 años que tan óptimo es el nivel de servicio presente en esta intersección.



Imagen 19 comprobación de velocidades de la parte norte de la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>



Imagen 20 comprobación de velocidades de la parte norte de la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.3.4 Nivel de servicio

Se presentan niveles de servicio en la intersección, donde se sigue evidenciando un nivel de servicio entre B y C para la transversal 28, sin embargo en el puente de la calle 63 con carrera 30 se evidencia un nivel de servicio E , lo cual no es óptimo para el funcionamiento de la intersección.



Imagen 21 definición nivel de servicio. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>



Imagen 22 capacidad de utilización de la intersección (ICU). Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.4 MODELACION INTERSECCION 2D

Se procede a realizar la modelación correspondiente de las nuevas condiciones.



Imagen 23 modelación de la intersección con las nuevas condiciones. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.5 MODELACION INTERSECCION 3D

Se evidencia el aumento del volumen vehicular en la intersección y la dificultad que se genera en la maniobra de los giros

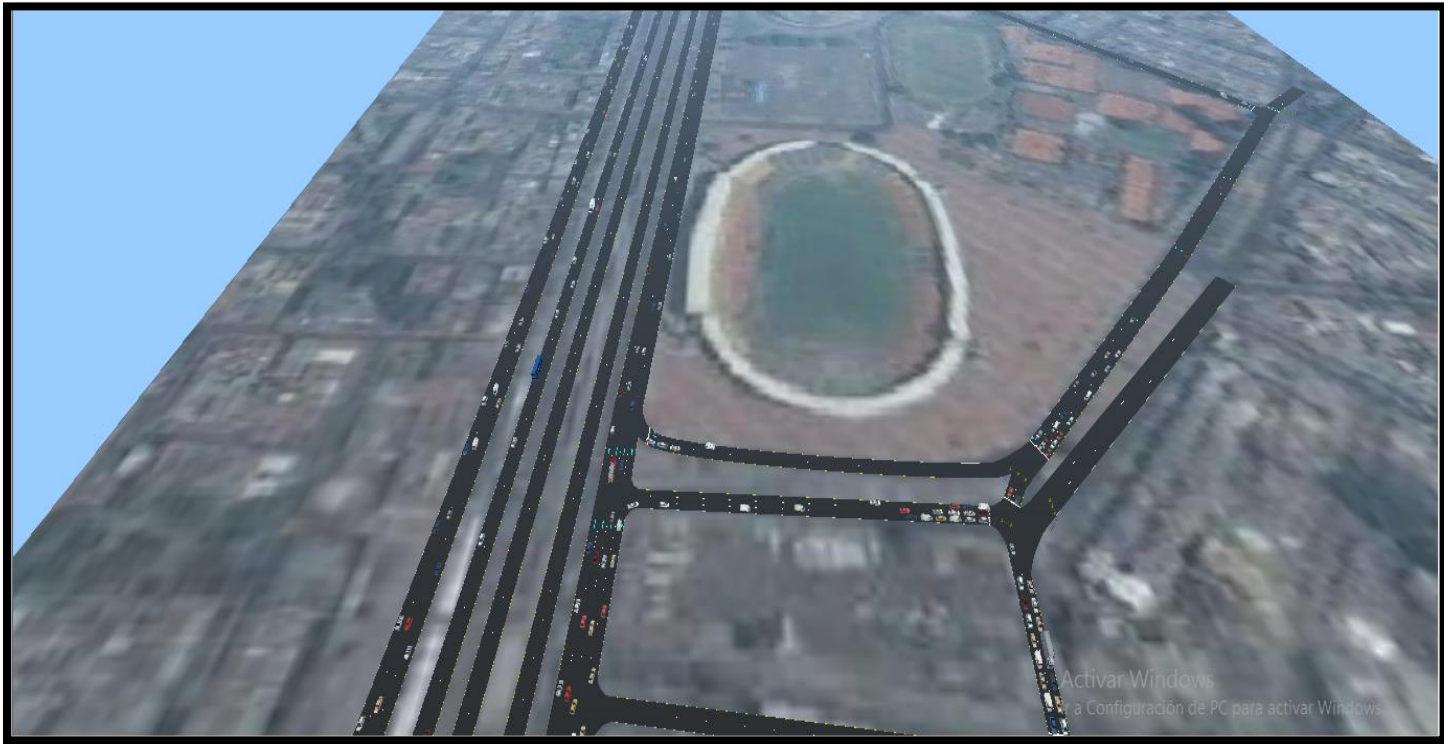


Imagen 24 primera modelación 3D Fuente. Elaboración propia basados en Synchro (s.f.)

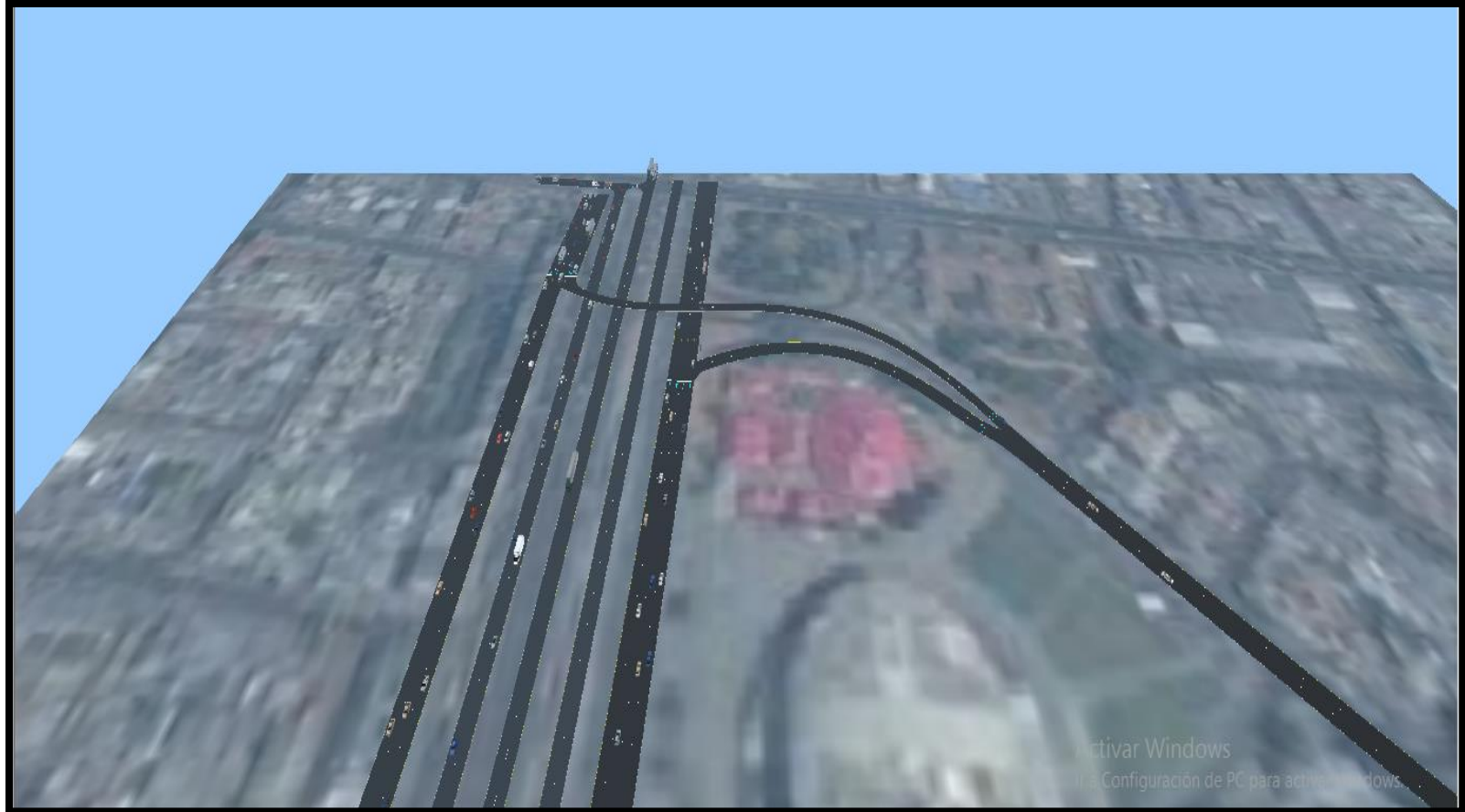


Imagen 25 detalle modelación. Fuente. Elaboración propia basada en Synchro (s.f.)

4.5.1 Análisis del reporte

- Volúmenes
Para este esquema de intersección los volúmenes exceden las condiciones permitidas para la capacidad en cada carril o sentido en algunos de los tramos presentes, y ahora con la proyección del volumen a futuro con mayor razón.
- Capacidad
La intersección con estos nuevos volúmenes proyectados a futuro comienza a presentar incremento en el porcentaje de utilización de la intersección (ICU), esto debido Al diseño actúa de este tramo vías, las calzadas con sus respectivos números de carriles que a futuro o serán suficientes para cubrir la demanda vehicular.
- Utilización de carril
Los carriles presentan un uso entre 0.94 y 0.95 del factor de utilización por lo que se puede concluir que el carril está siendo utilizado en casi su totalidad, debido al volumen total que pasa por cada uno de ellos.
- Demoras
Con respecto a las demoras que se generan en el corredor actualmente se puede evidenciar en la modelación que estas son presentes sobre la transversal 28 cuando los automóviles salen e ingresan de la treinta, sin embargo son demoras en los que encontramos valores desde 40 hasta 70 metros, esto debido a que se encuentra presente un señalización semafórica que regula el tráfico e esta sección, pero que solucionando la falta de giros a la izquierda se podría mejorar esta condición
- Tiempos de cola

En cuanto a tiempos de cola no se presentan en ningún tramo de la intersección aunque se generen demoras no se generan estos tiempos.

- Velocidades

Las velocidades de a intersección se encuentran entre 50 y 80 km/h sin embargo en los giros de acceso o salida de la carrera 30 no se encuentran velocidades mayores a 25 km/h debido al flujo vehicular presente, y por consiguiente las velocidades al disminuir con respecto al las que deberían ser siempre, con el incremento de volumen se sigue evidenciando esto.

- Nivel de servicio

El nivel de servicio de la intersección en su totalidad, presenta niveles A, B, C, D y F, todo esto corrobora las dificultades que se generan en la intersección debido a la ausencia de giros a la izquierda de la carrera 30, que conlleva a la existencia actual el semáforo en la transversal 28 y con la proyección de volumen se hace más fuerte esta situación.

4.6 MODELACIÓN CORREDOR SITUACIÓN FUTURA VOLÚMENES ACTUALES

4.6.1 Modelación intersección

Se realiza un diseño geométrico para la intersección donde se permita realizar los giros a la izquierda y así mismo mejorar las condiciones de niveles de servicio en la transversal 28, se propone un diseño en T para solucionar esta condición.



Imagen 26 definición del diseño en "T". Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.6.2 Volúmenes

En este caso las condiciones geométricas de la intersección han variado, por lo que se procede a realizar la modelación de la nueva situación de la intersección y así se ingresan los volúmenes actuales que existen en la intersección.



Imagen 27 Volúmenes actuales de la parte norte de la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.6.3 Velocidades

Las velocidades de diseño son las velocidades de operación que se encuentran actualmente, por lo que el nuevo corredor conserva las velocidades actuales.

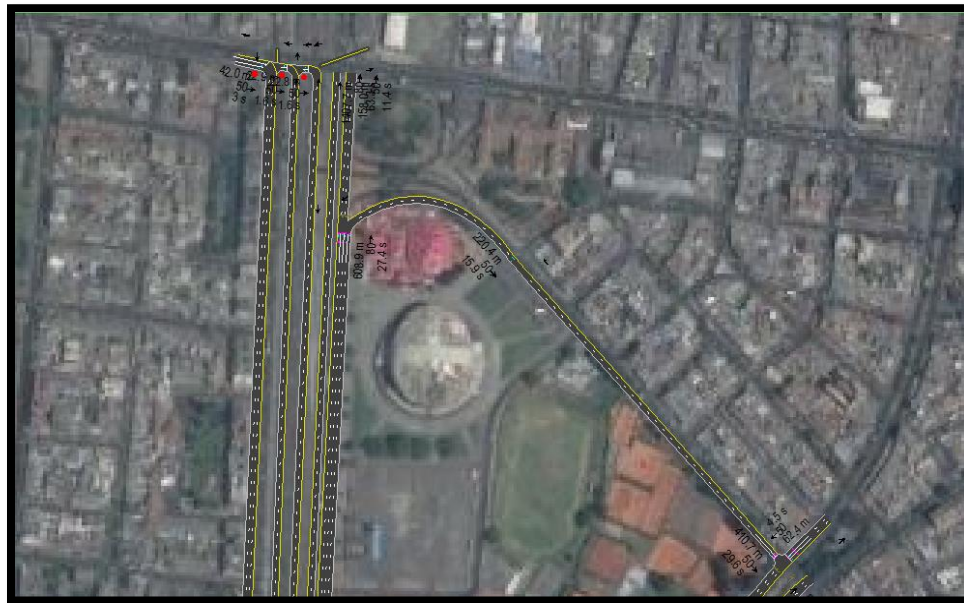


Imagen 29 parte norte del nuevo corredor. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de [https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-](https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z)

74.0788402,17z

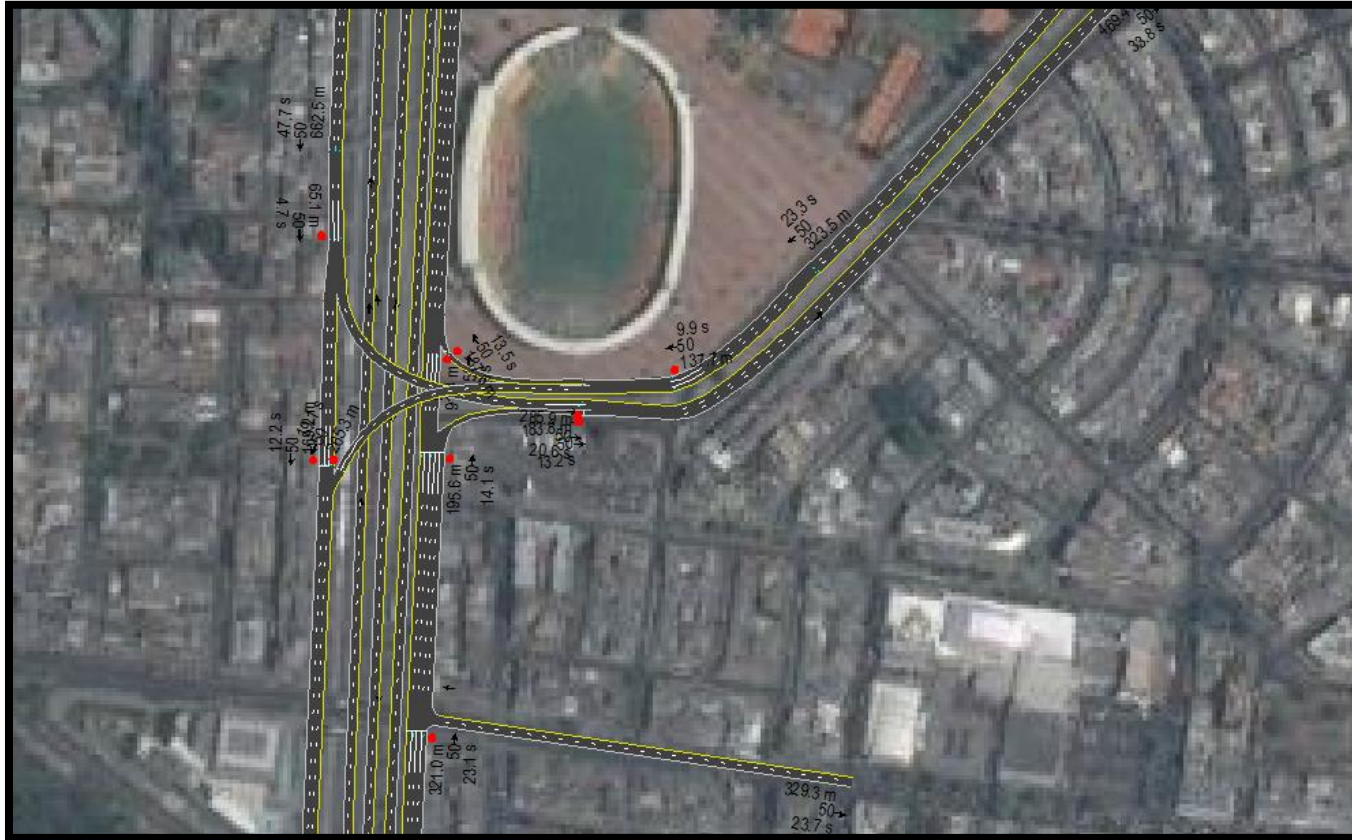


Imagen 30 parte sur del nuevo corredor. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.6.4 Nivel de servicio

El nivel de servicio que se evidencia es el mejor posible al mejorar el diseño actual de la intersección, y dejando el que se propone.

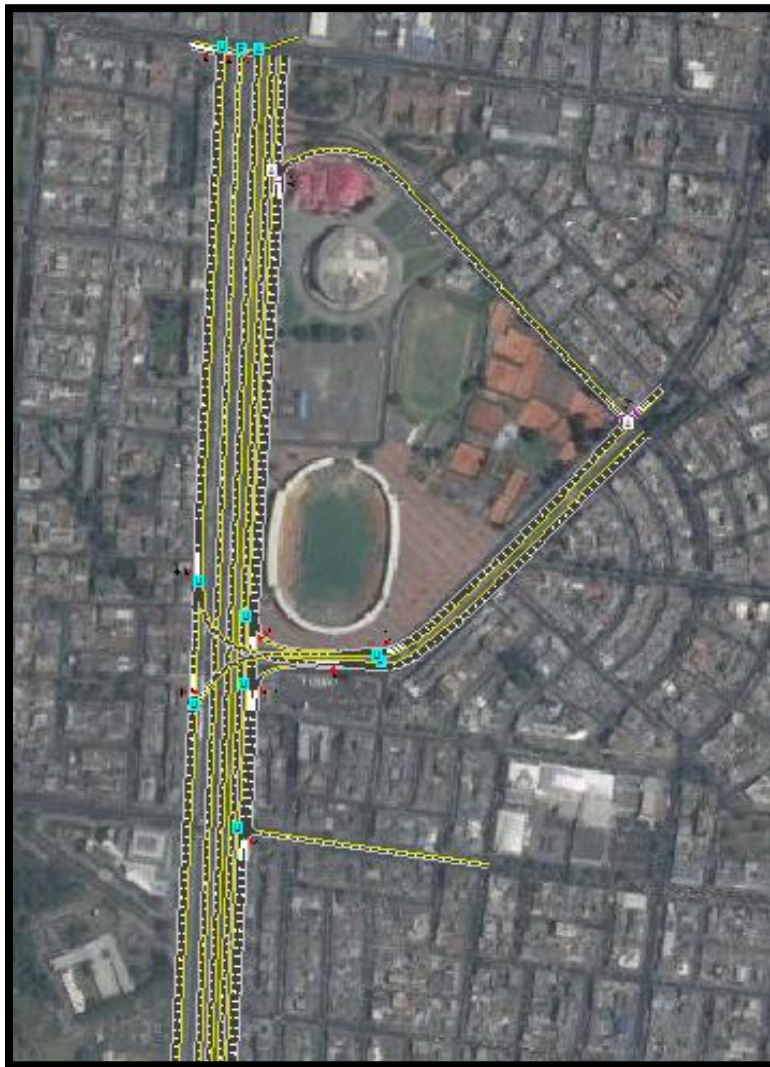


Imagen 31 nivel de servicio nuevo corredor. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>



Imagen 32 capacidad de utilización de la intersección (ICU). Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.7 MODELACIÓN INTERSECCIÓN 2D



Imagen 33 modelación de la intersección con las nuevas condiciones. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.8 MODELACIÓN INTERSECCIÓN 3D

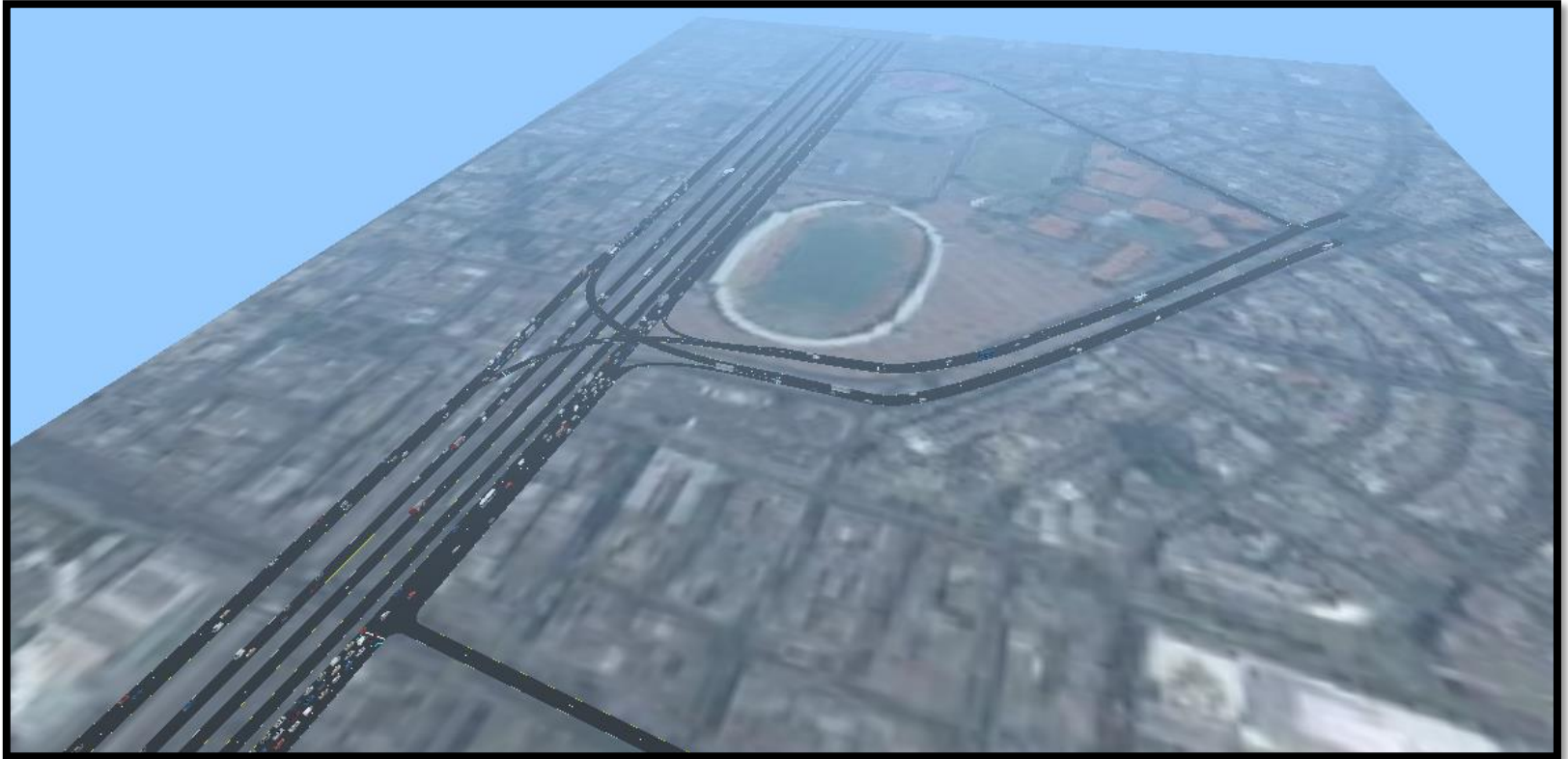


Imagen 34 modelación 3D nuevo corredor. Fuente. Elaboración propia basada en Synchro



Imagen 35 detalle de la parte sur del nuevo corredor. Fuente. Elaboración propia basada en Synchro

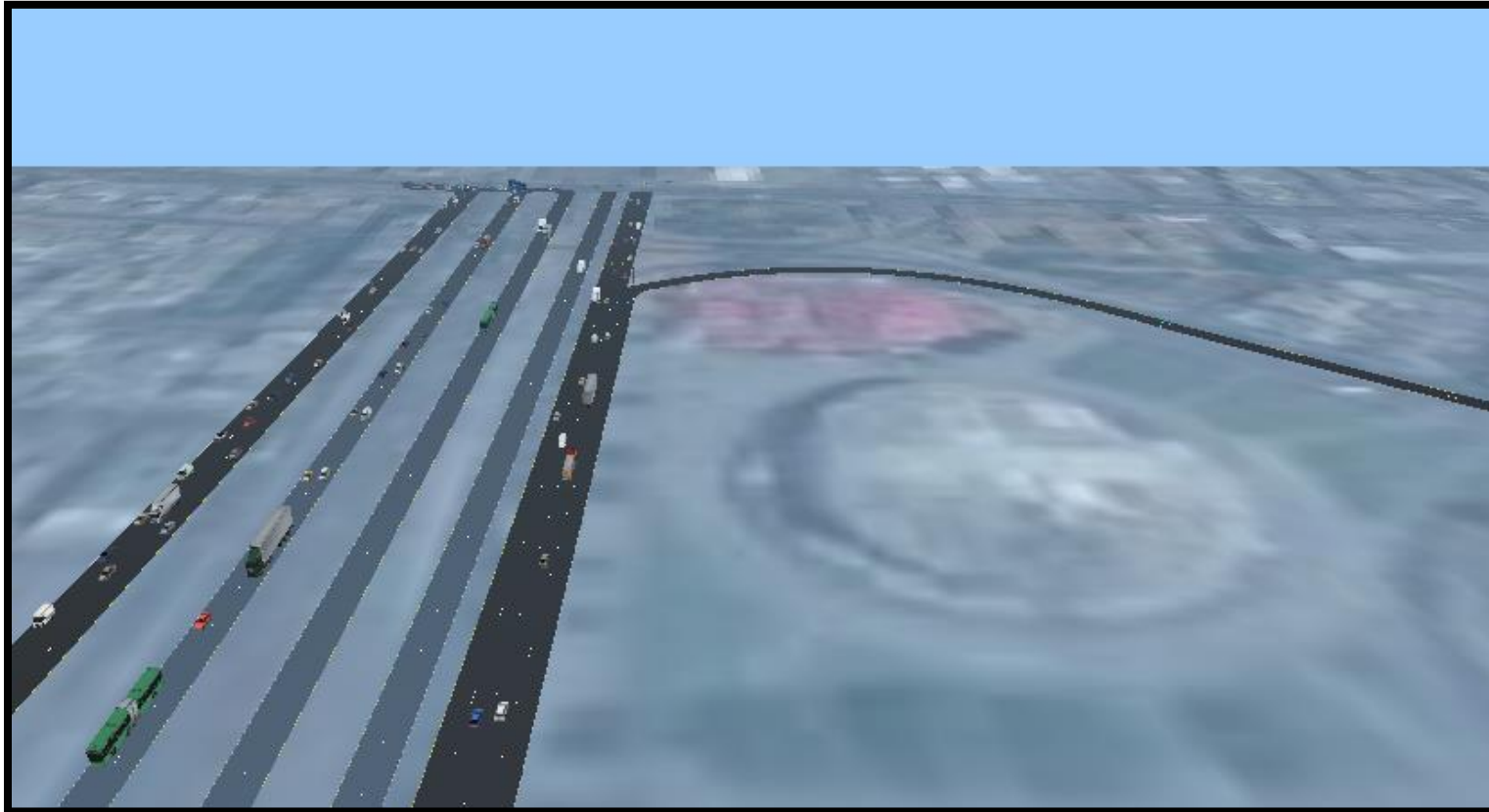


Imagen 36 detalle de la parte norte del nuevo corredor. Fuente. Elaboración propia basada en Synchro

4.8.1 análisis del reporte

- Volúmenes

Para este esquema de intersección los volúmenes exceden las condiciones permitidas para la capacidad en cada carril o sentido en algunos de los tramos presentes, a pesar del nuevo diseño se sigue evidenciando esta situación.

- Capacidad

La intersección tiene una capacidad aceptable en comparación con lo que puede soportar sin embargo esto no significa que en algunos de sus cruces presente servicios aceptables, como sucede el en puente de la calle 63 con carrera 30, con el volumen actual en el nuevo diseño se mejora sin embargo esta demora se presentaría en la parte de la intersección donde se generó el nuevo diseño, a pesar de que esta implementación soluciona los giros a la izquierda.

- Utilización de carril

Los carriles presentan un uso en su mayoría de 1 factor de utilización por lo que se puede concluir que el carril está siendo utilizado en casi su totalidad, debido al volumen total que pasa por cada uno de ellos.

- Demoras

Con respecto a las demoras se puede decir que si disminuyeron favorablemente debido a que el cruce semaforizado desaparece debido al nuevo diseño que tiene esta parte de la intersección y por lo tanto el cruce queda sin restricción de cruce, aunque se deja la señalización de ceda al paso para acceder o salir a la transversal 28.

- Tiempos de cola

En cuanto a tiempos de cola no se presentan en ningún tramo de la intersección debido a que también los tiempos de demora son cortos entonces los de cola son casi inexistentes.

- Velocidades

Las velocidades de a intersección se encuentran entre 50 y 80 km/h sin embargo en los giros de acceso o salida de la carrera 30 no se encuentran velocidades mayores a 25 km/h debido al flujo vehicular presente, a pesar del nuevo diseño planteado para la intersección.

- Nivel de servicio

Con el nuevo diseño presente en la red, no se evalúan niveles de servicio debido que se generan son enlaces por lo tanto las condiciones de accesos y salidas de la carrera 30 están determinados por la señalización presente en la intersección.

4.9 MODELACION CORREDOR SITUACIÓN FUTURA VOLÚMENES FUTUROS

4.9.1 Modelación intersección

Ahoar se modela la situación futura, utilizando los volúmenes futuros.



Imagen 37 corredor futuro con volúmenes futuros. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.9.2 Volúmenes

Se asignan los correspondientes volúmenes vehiculares futuros a cada uno de los tramos de la intersección y así comprobar que el diseño planteado para la intersección, en 20 años, si funciona.



Imagen 38 comprobación de diseño de la parte norte de la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>



Imagen 39 comprobación de diseño de la parte sur de la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.9.3 Velocidades

Durante las cuatro modelaciones se utilizaron las mismas velocidades para los tramo viales que intervienen en la intersección.

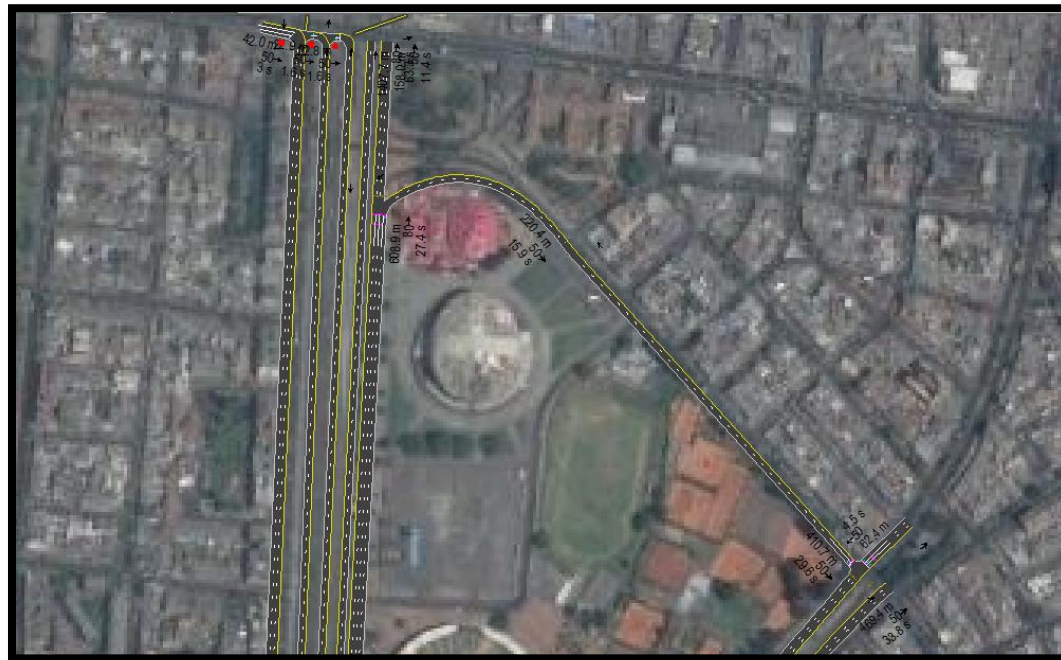


Imagen 40 modelación de la parte norte de la intersección con las mismas velocidades. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>



Imagen 41 modelación de la parte sur de la intersección con las mismas velocidades. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.9.4 Nivel de servicio

Para el diseño futuro de la intersección los volúmenes vehiculares futuros no desmejoran el nivel de servicio de esta, sin embargo si se evidencia que el sentido sur norte presentara un nivel de servicio no tan óptimo.

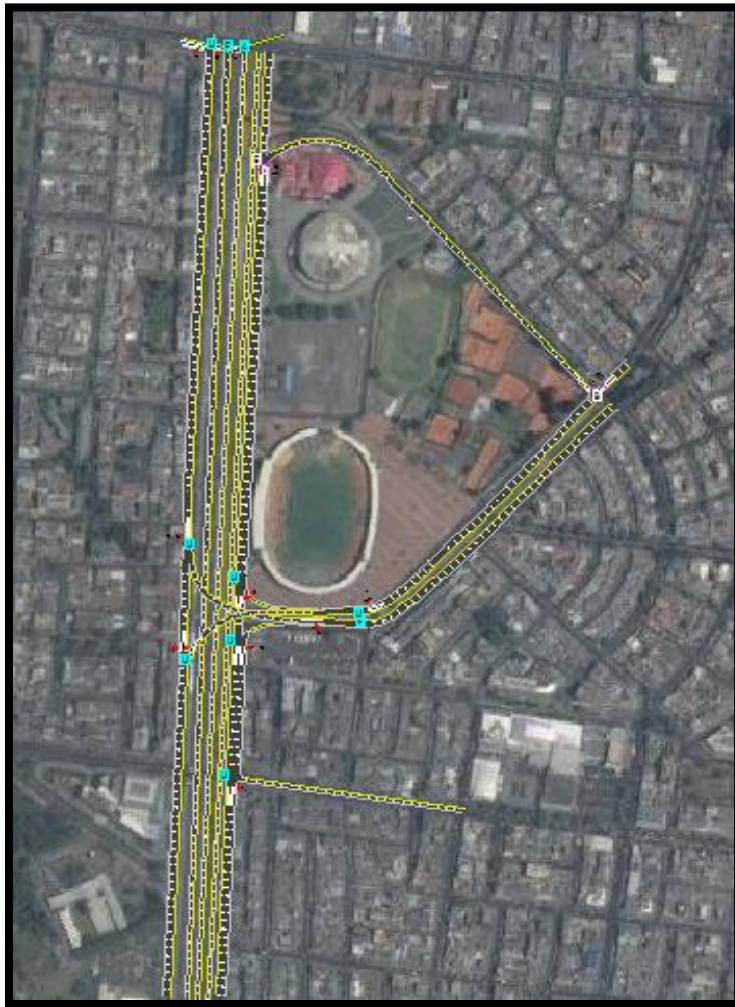


Imagen 42 nivel de servicio futuro de la intersección. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>



Imagen 43 capacidad de utilización de la intersección (ICU). Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.10 MODELACIÓN INTERSECCIÓN 2D



Imagen 44 modelación 2d de la nueva interseccion. Fuente. Elaboración propia basada en Google. (s.f.). [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps] recuperado el 15 enero de 2016, de <https://www.google.com.co/maps/@4.6446676,-74.0788402,17z>

4.11 MODELACIÓN INTERSECCIÓN 3D

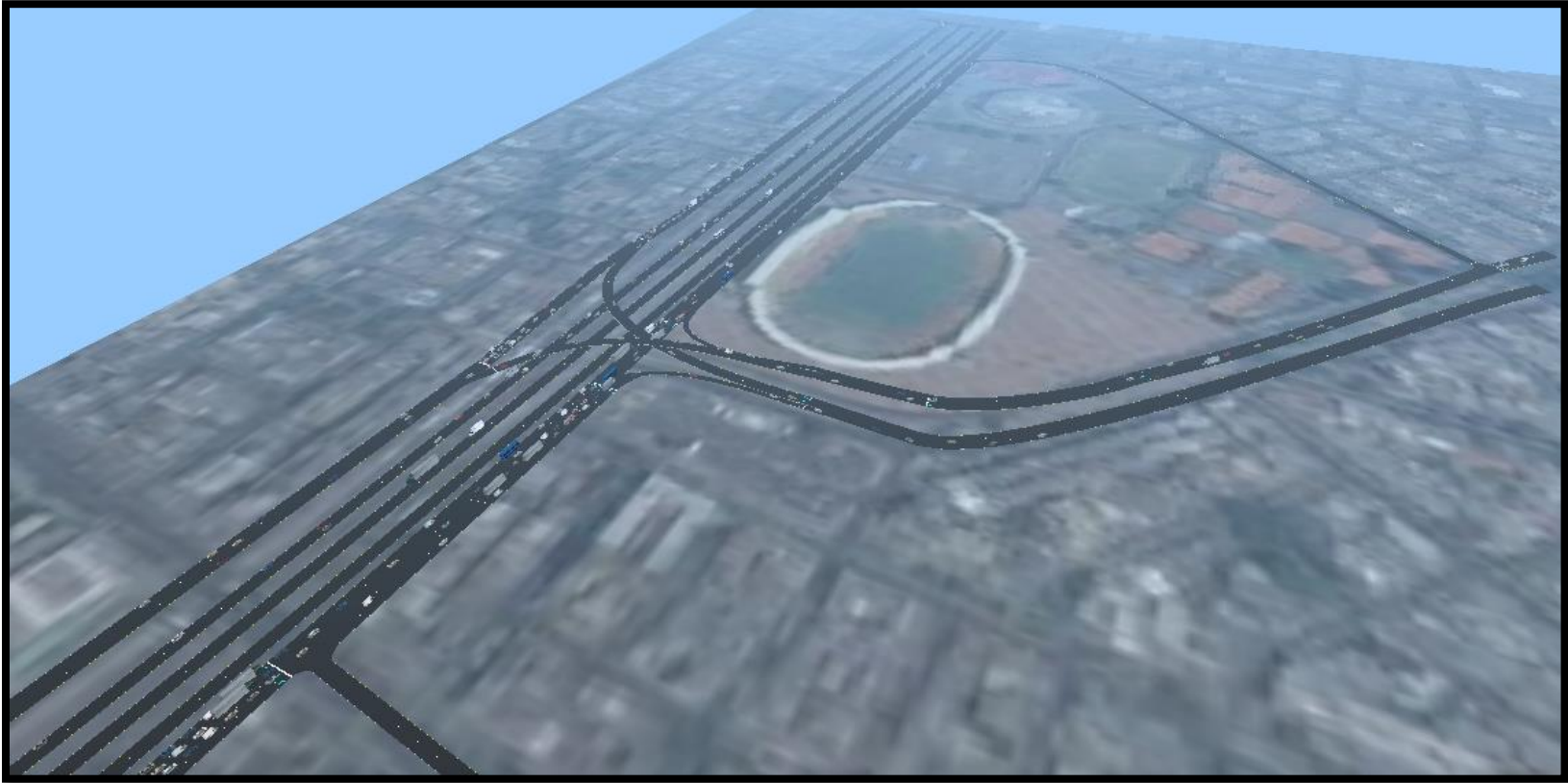


Imagen 45 modelación 3D intersección futura. Fuente. Elaboración propia basada en Synchro

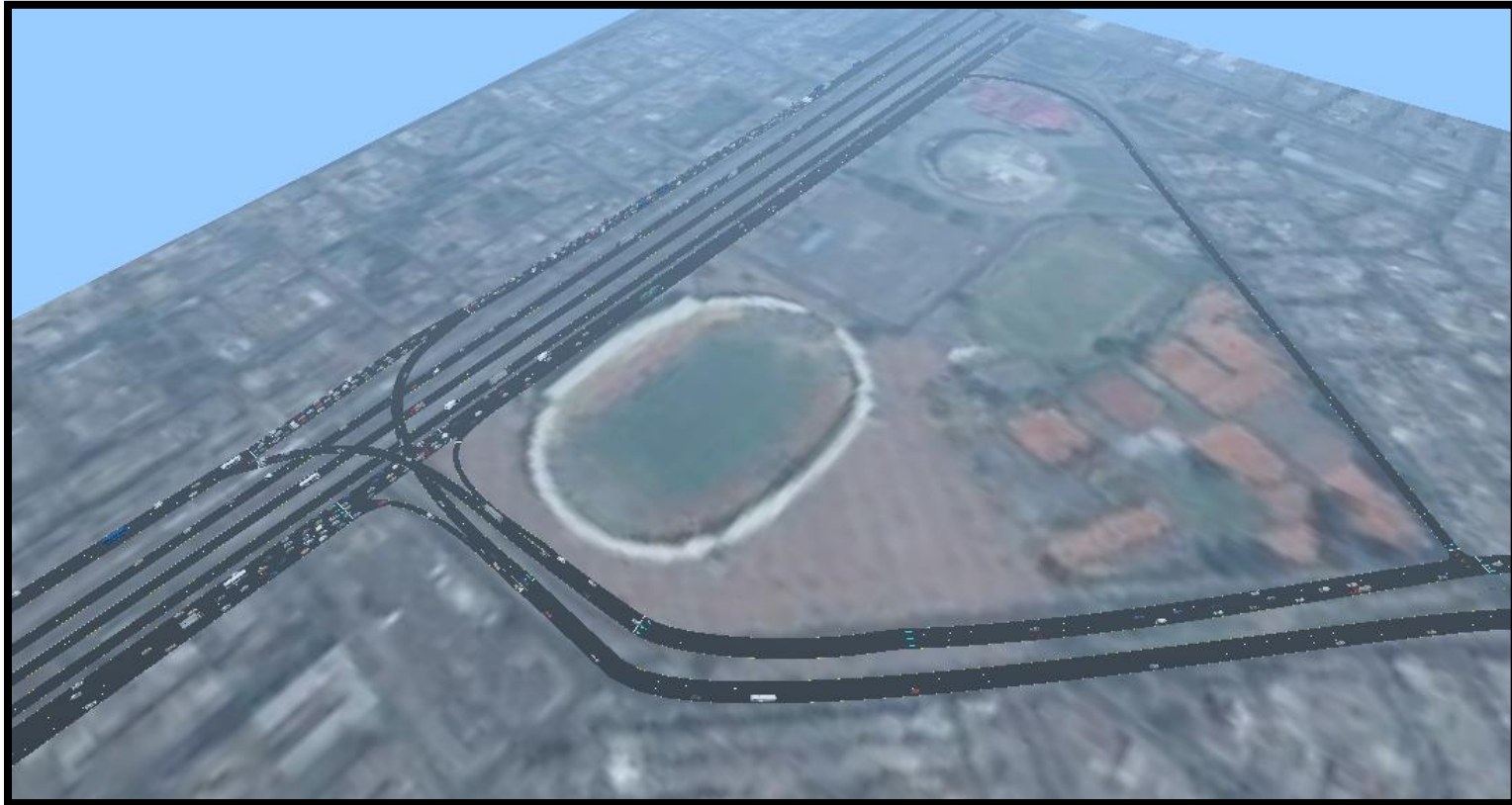


Imagen 46 modelación 3D futura intersección 2. Fuente. Elaboración propia basada en Synchro

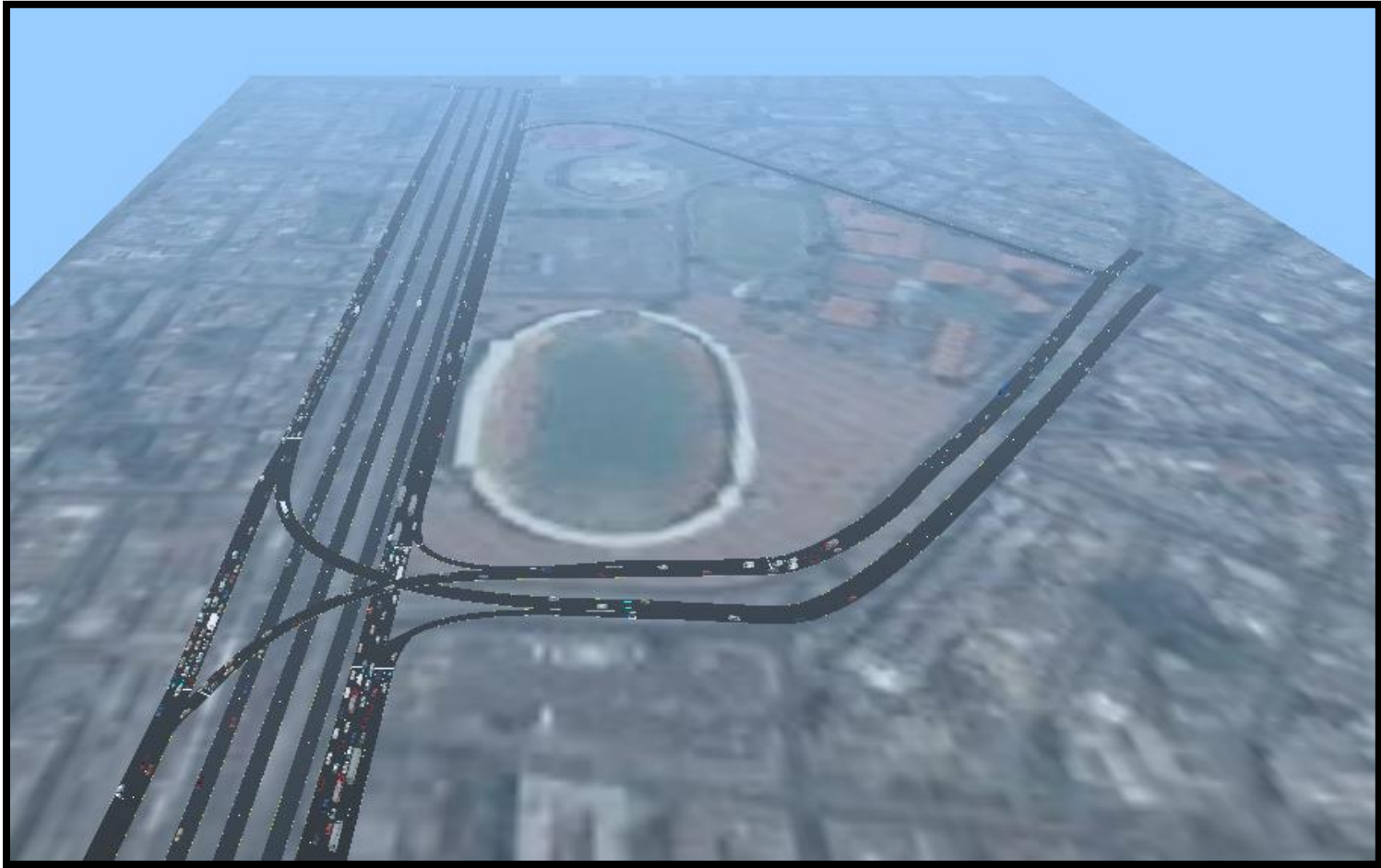


Imagen 47 modelación 3D futura intersección 3. Fuente. Elaboración propia basada en Synchro

4.11.1 Análisis del reporte

- Volúmenes

Para este esquema de intersección los volúmenes exceden las condiciones permitidas para la capacidad en cada carril o sentido en algunos de los tramos presentes, a pesar del nuevo diseño se sigue evidenciando esta situación y aún más con la proyección del volumen. Los volúmenes de la carrera 30 son los que ya no serían viables para la capacidad para la cual era diseñado este tramo vial.

- Capacidad

La intersección tiene una capacidad bastante saturada debido al incremento de volúmenes, en la graficas se puede observar como su porcentaje de capacidad esta entre el 95% y el 150%, sin embargo hay ciertos enlaces que conservan una capacidad aceptable con las nuevas condiciones, como sucede en la transversal 28 con calle 63, aunque la solución de giros a la izquierda está presente.

- Utilización de carril

Los carriles presentan un uso en su mayoría de 1 factor de utilización por lo que se puede concluir que el carril está siendo utilizado en casi su totalidad, debido al volumen total que pasa por cada uno de ellos.

- Demoras

Con respecto a las demoras se puede decir que si disminuyeron UN POCO debido a que el cruce semaforizado desaparece ESTO POR EL nuevo diseño que tiene esta parte de la intersección y por lo tanto el cruce queda sin restricción de cruce, aunque se deja la señalización de ceda al paso para

acceder o salir a la transversal 28. Aunque con respecto a los volúmenes actuales en la modelación futura si incrementan un poco.

- Tiempos de cola

En cuanto a tiempos de cola no se presentan en ningún tramo de la intersección debido a que también los tiempos de demora son cortos entonces los de cola son casi inexistentes.

- Velocidades

Las velocidades de a intersección se encuentran entre 50 y 80 km/h sin embargo en los giros de acceso o salida de la carrera 30 no se encuentran velocidades mayores a 25 km/h debido al flujo vehicular presente, a pesar del nuevo diseño planteado para la intersección.

- Nivel de servicio

Con el nuevo diseño presente en la red, no se evalúan niveles de servicio debido que se generan son enlaces por lo tanto las condiciones de accesos y salidas de la carrera 30 están determinados por la señalización presente en la intersección, sin embargo en la modelación se pueden evidenciar uno que otro momento done el funcionamiento de la intersección comienza a ser un poco lento.

4.12 ANALISIS FINAL DE RESULTADOS

La carrera 30 en su actualidad no presenta niveles de servicio insuficientes sin embargo existen ciertos movimientos dentro de una intersección que son necesarios para que esta sea completa, en esta intersección los giros faltantes son los giros a la izquierda por lo que se plantea como solución un diseño en T, estas nuevas condiciones para el diseño representan ciertos cambios para la movilidad y para el funcionamiento continuo de esta, los conductores encontrarán varios factores en pro y en contra para ellos, obviamente que la solución de los giros es

una característica buena para ellos debido a que el recorrido actual que realizan ya no tendrá que ser con tantas maniobras , giros, trayectos para poder efectuar el movimiento hacia el destino señalado. En cuanto condiciones de colas y demoras pues se generarán debido a que en cierto momento la intersección en su sección transversal no será suficiente para permitir la libre y fácil circulación de los vehículos.

La intersección sanforizada presente para regular los movimientos de la transversal 28 desaparecería en esta parte y por ende serian pasos señalizados con ceda al paso para el acceso o la salida de la carrera 30.

El diseño propuesto efectivamente soluciona la falta de los giros , sin embargo los cambios a nivel de estructuras y edificaciones presentes se verán afectados en parte, porque es algo que en tiempo pasado no se había visto como viabilidad o necesidad debido a que no era significativa como en la actualidad lo es, con el desarrollo de la ciudad y el crecimiento de esta a nivel poblacional y por ende en estructuras impedirán un poco que los nuevos diseño se desarrollen de una manera fácil, aunque para la comodidad y correcto desplazamiento de los ciudadanos de un lugar a otro sean necesarios

Además de intervenir o afectar en ciertos tramos el funcionamiento de una vía importante para la ciudad como la carrera 30, resulta ser algo nocivo para el tráfico de la ciudad, debido al volumen que en esta circula encontrándose de todo tipo de vehículos en esta, también la presencia de las troncales de Transmilenio , un transporte presente y necesario para la ciudad, y otro escenario aún más de entretenimiento para los ciudadanos es el Estadio El Campin el cual hace que la intersección los atraiga con mayor frecuencia.

En conclusión el diseño planteado más que para resolver cuestiones de nivel de servicio o saturación de volúmenes vehiculares , es más para la correcta movilidad y acceso entre las dos avenida intervenidas en este caso como lo son la carrera 30 y la calle 53 B Bis.

CAPÍTULO 5 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN

Para realizar el diseño geométrico de la intersección es necesario definir los parámetros de diseño generales y específicos de acuerdo con las especificaciones del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) del año 2008, norma que rige el diseño geométrico de vías en Colombia, junto con el Manual de Normas de Diseño Geométrico de Autopistas y Calles del 2004 y 2011 de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), además de los estudios de tránsito pertinentes asociados con el diseño geométrico.

5.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Dentro de los principales parámetros que rigen el diseño geométrico de vías en general, se encuentra la velocidad de diseño. Este parámetro permite definir los radios mínimos de curvas horizontales, las condiciones para realizar la transición de peraltes, las longitudes mínimas de las curvas, pendientes longitudinales, entre otros. Por esta razón, el primer parámetro que se definió para la realización de este diseño fue la velocidad de diseño que se presentan en las vías que involucra la intersección.

5.1.1 Velocidad de diseño

De acuerdo con el numeral 4.3.1.2 de este trabajo, la velocidad de diseño establecida de la avenida NQS fue de 80 km/h mientras que la de la calle 53B bis fue de 50 km/h según los resultados presentados en el numeral 4.3.2.2. La definición de este parámetro permitió definir los radios mínimos de las curvas horizontales del alineamiento de acuerdo con el peralte máximo que se debe manejar en los diseños de vías urbanas.

5.1.2 Peralte máximo y radio mínimo

Para definir los radios mínimos se debe tener presente además de la velocidad de diseño, el peralte máximo que rige en vías urbanas. Como se definió en el numeral 2.2.3.1.2 de este trabajo este valor es del 4%. De acuerdo con este valor y la velocidad de diseño para la avenida NQS, el radio mínimo a considerar conforme la tabla 7 es de 280 m, mientras que para la calle 53b Bis es de 86 m.

5.1.3 Vehículo de diseño

A partir del estudio de tránsito, fue posible identificar que en la avenida NQS es permitido el tránsito de vehículos hasta de tipo 3S3 (según designación del Ministerio de Transporte) o C3S3 (según designación del INVIAS) o WB-19 (según designación de AASHTO). Sin embargo, el tránsito por la calle 53B bis solo permite el vehículo categoría 2 o 3 (según designación de INVIAS) que puede corresponder con el vehículo de diseño de unidad única (SU) de la AASHTO. Esta correspondencia se hace con el fin de obtener los radios de giro para ángulos de 90° dado que la norma de INVIAS (2008) no establece los valores.

5.1.4 Radio mínimo de giro para el vehículo de diseño

De acuerdo con Tabla 3, el radio mínimo de giro a 90° para el vehículo SU empleando una curva simple es de 15 m. Sin embargo, de acuerdo con la Tabla 4 también es posible diseñar el giro con curva simple de radio 12 m, desplazamiento de 0.6 m y abocinamiento 10·1, o con una curva compuesta de tres centros 36-12-36 m y desplazamiento simétrico de 0.6 m.

5.1.5 Velocidad en enlaces y ramales

La velocidad en los ramales se debe obtener a partir de la geometría de los radios de giro existentes en la intersección actual. De acuerdo con la figura 13, los movimientos 9(2) y 9(4) son los giros de los enlaces a la calle 53B bis desde la NQS sentido Sur Norte y a la NQS sentido Sur Norte desde la calle 53B bis respectivamente. La estimación de estos radios de giro fue de 20 y 14 m (ver figura --) respectivamente. De acuerdo con la tabla 3-15 de la AASHTO (2004), considerando un peralte máximo de 4%, para un radio mínimo de 21 m la velocidad asociada es de 30 km/h por lo cual se consideró esta velocidad para el diseño de los enlaces.

5.1.6 Ancho de carril en los enlaces

Considerando un radio interno de 25 m y la disposición para el giro en los ramales de un carril simple sin provisional de sobrepaso para vehículo varado, la tabla 3-50 de la AASHTO (2004) referenciada en este trabajo en la tabla 5, establece un ancho de 5 m para el vehículo de diseño SU.

5.1.7 Longitud de carril de aceleración y desaceleración

La longitud del carril de aceleración se obtiene de la tabla 20 de la norma INVIAS (2008). Para el movimiento 9(4) se tiene una velocidad en el enlace de 30 km/h y una velocidad de 80 km/h en la calzada de destino por lo que la longitud del carril de aceleración debe ser mayor a 200 m. Para el enlace de la calle 53B bis con la NQS sentido Norte Sur que se realizará con un puente que conserve la misma velocidad de diseño de la calle 53B bis, es decir 50 km/h, se debe considerar una longitud de carril de aceleración mayor a 150 m de acuerdo con la velocidad de la calzada de destino que es la NQS a 80 km/h.

La longitud del carril de desaceleración se puede obtener de la tabla 21 de la norma INVIAS (2008). El enlace de la avenida NQS sentido Norte Sur con la calle 53B bis se realizará con un puente que tendrá la misma velocidad de diseño de la calle 53B bis. Para lograr el cambio de velocidad de 80 km/h a 50 km/h se requiere una longitud de carril mayor a 75 m. Para el movimiento 9(2) no se requiere desarrollar una longitud de transición de velocidad dado que la geometría de la calzada existente obliga en este punto a reducir el número de carriles de 5 a 4 lo cual permite usar el carril derecho como un carril de transición para el enlace o de ajuste para cambio de carril.

5.1.8 Pendiente longitudinal

Para el diseño del alineamiento vertical se debe considerar inicialmente la pendiente longitudinal máxima que se puede emplear y la cual está en función de la velocidad de diseño. La tabla 17 establece las pendientes medias máximas para los tipos de vías en función de la velocidad de diseño. También, con base en la tabla 13 del presente trabajo fue posible definir que para la calle 53B bis con velocidad de diseño de 50 km/h, la pendiente máxima sería del 7% mientras que para la avenida NQS el valor debe ser del 6%.

Por otra parte se tiene un valor mínimo de la pendiente longitudinal que obedece a la pendiente mínima para que se presente un drenaje adecuado en la vía. Este valor es del 0.5%.

5.1.9 Curvas verticales

Para el diseño de las curvas verticales se consideró el parámetro K el cual está dado por la tabla 16 para curvas convexas y cóncavas. Para el diseño de la curva cóncava a velocidad de diseño de 50 km/h el valor mínimo de K es 13. Sin embargo, por

corrección de distancia de visibilidad, el valor mínimo de K para una curva convexa se adopta como de 10.

5.2 DISEÑO DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Dentro del diseño del alineamiento horizontal de la intersección se contempló la creación del modelo de superficie, la identificación de calzadas existentes, estimación de los anchos de carriles y radios de giro, y definición de nuevos bordes y número de carriles. De esta forma, se diseñaron los alineamientos de los corredores de la intersección.

5.2.1 Creación del modelo de superficie

El modelo de superficie fue creado a partir de las curvas de nivel de la información proporcionada por el IDECA. En Arcgis se creó un ShapeFile con esta información y una vez georeferenciada apropiadamente en el sistema de coordenadas Colombia Bogota Zone se creó en AutoCad Civil 3D® el modelo de superficie con curvas de nivel menores cada metro y mayores cada cinco metros. En la Figura – se presenta el modelo de superficie creado y limitado a la zona de la intersección de aproximadamente 500 m × 890 m.

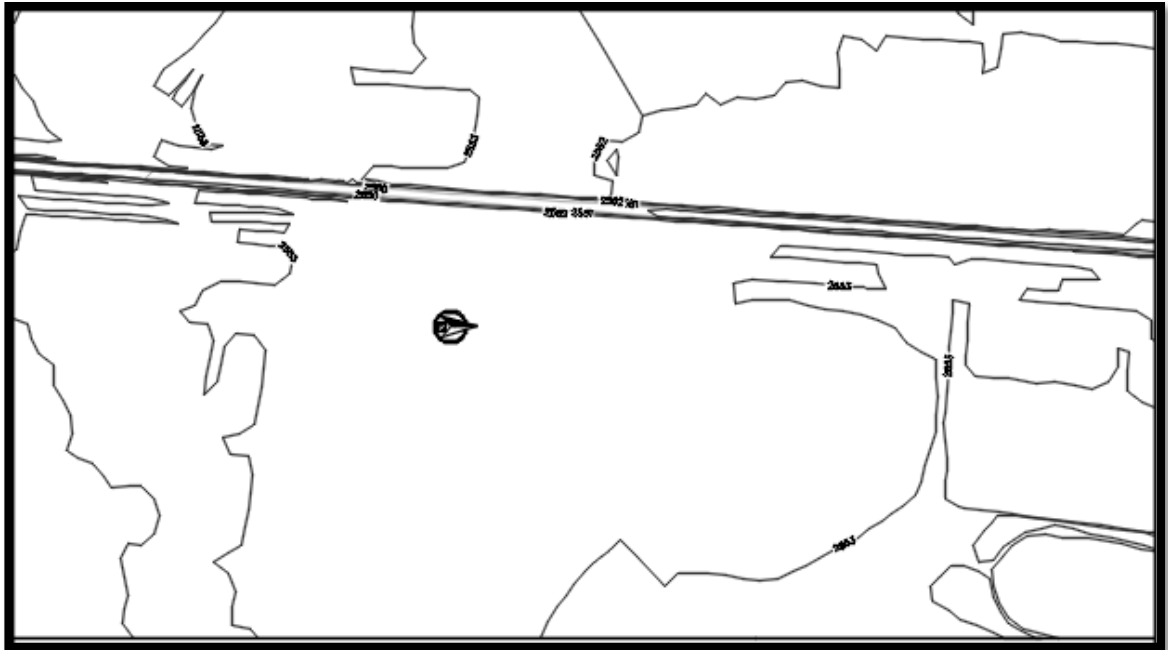


Figura 23 Visualización del modelo de superficie creado a partir de curvas de nivel obtenidas de la información del IDECA. Fuente IDECA

El modelo presentó curvas de nivel entre 2550 y 2553 msnm, específicamente por la presencia del canal del río Arzobispo, por lo cual se puede identificar que la intersección se presenta en un terreno prácticamente plano.

5.2.2 Identificación de infraestructura existente

El ShapeFile exportado de Argis también contenía información de las calzadas existentes, los andenes y las manzanas entre otra información obtenida del IDECA. La figura – ilustra esta información georeferenciada junto con el modelo de superficie que permite identificar las principales vías y lugares referentes de la intersección.

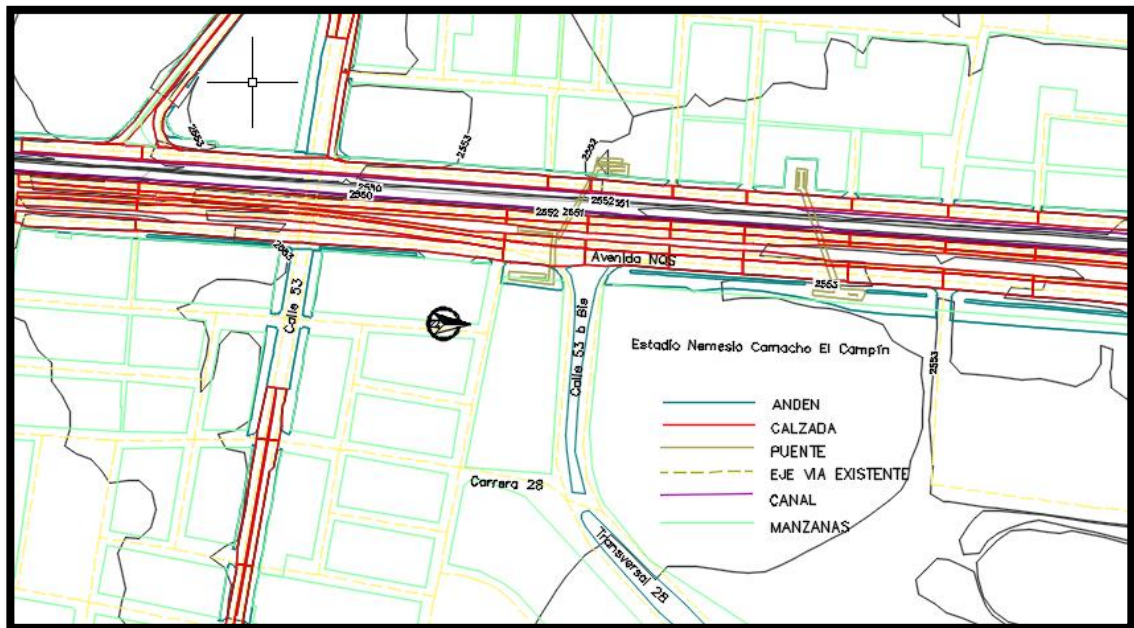


Figura 24 Visualización de la información obtenida del IDECA para la zona de la intersección.

Con el fin de tener un mejor nivel de precisión para definir los bordes de las calzadas existentes se superpuso una imagen obtenida de GoogleMaps® como se ilustra en la figura 25.

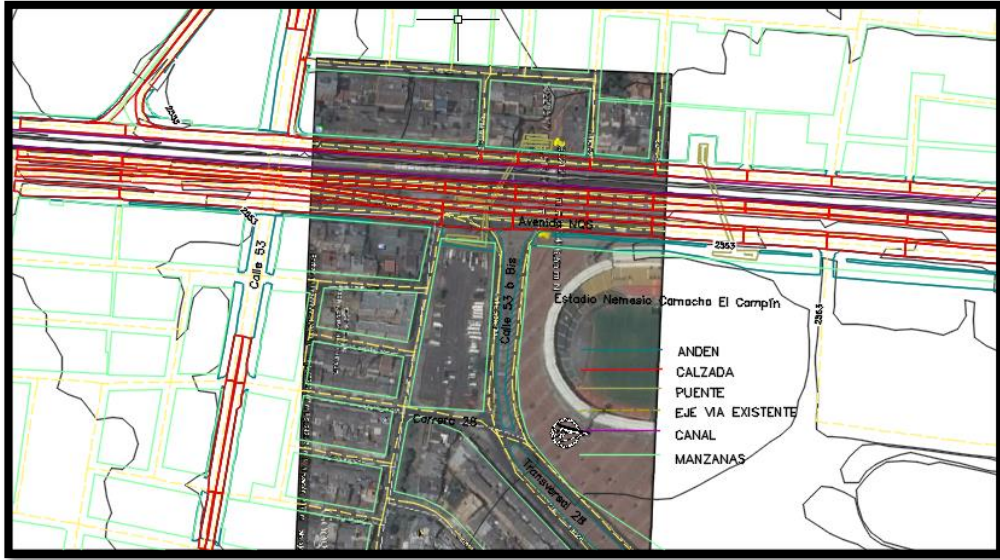


Figura 25 Superposición de una imagen de GoogleMaps georeferenciada en la zona de intersección.

Esta imagen permitió identificar los bordes de calzada, estimar el ancho de calzada y radios de giro. La información se ilustra en la siguiente figura.

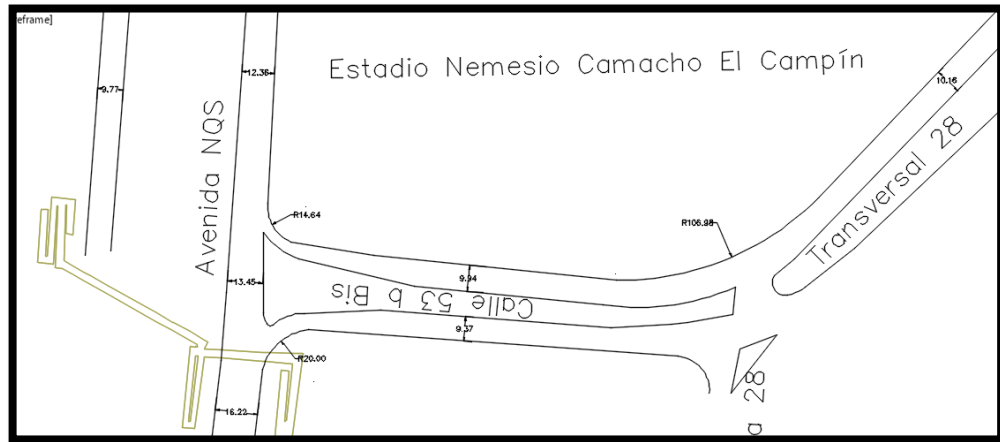


Figura 26 Dimensionamiento de anchos de calzadas y radios existentes en las vías de la intersección.

5.2.3 Dimensionamiento y diseño preliminar de la intersección

De la figura 4 se puede identificar que la transversal 28 en sentido oriente occidente tiene aproximadamente 10.20 m de ancho de calzada y actualmente presenta tres carriles. De esta forma se definió para el diseño un ancho de carril de 3.4 m y estableció dos de los tres carriles para enlazar la calle 53 b Bis con la avenida NQS sentido norte sur. El otro carril se estableció como enlace a la avenida NQS sentido sur norte. El radio interno estimado de la curva que empalma la transversal 28 con la calle 53 b Bis es mayor a 86 m que es el radio mínimo establecido para la velocidad de diseño de este corredor. Sin embargo, el radio interno estimado del enlace de la calle 53 b Bis con la avenida NQS es menor al radio mínimo para una velocidad de 30 km/h razón por lo cual es necesario diseñar este enlace para que cumpla el radio mínimo y el carril de aceleración correspondiente.

El ancho de calzada de la calle 53 b Bis sentido occidente oriente fue de alrededor de 9.4 m y actualmente presenta tres carriles que continúan a la transversal 28 con un ancho de calzada similar. Para el diseño se estableció un ancho de carril de 3.3 m para la calle 53 b Bis y de 3.2 m para la transversal 28.

La calzada occidente de la avenida NQS sentido norte sur presenta un ancho aproximado de 9.8 m y actualmente tiene tres carriles por lo cual se decidió contemplar un ancho de carril de 3.3 m para el diseño. La intervención de esta calzada contempló el diseño del carril de desaceleración para el enlace a la calle 53 b Bis y la modificación del alineamiento para permitir la llegada del enlace de la calle 53 b Bis.

El ancho de la calzada de la avenida NQS sentido sur norte es variable. Antes del ramal de la calle 53 b Bis la calzada presenta cinco carriles y después de este se reduce a cuatro. Esto ofrece la posibilidad de considerar el carril derecho existente como el carril de desaceleración para hacer el enlace a la calle 53 b Bis. Sin

embargo, este ramal actualmente tiene un radio interno de giro de 20 m por lo que es necesario diseñarlo para que cumpla con el radio mínimo.

A partir de lo anterior, fue posible definir seis corredores que permiten diseñar la intersección en conjunto. A continuación se presentan las principales características para construir el diseño horizontal de los corredores.

5.2.4 Corredor 1: Transversal 28 – Calle 53 b Bis – Av. NQS Norte Sur

Este corredor se diseñó con base en el borde derecho de la vía existente hasta antes de iniciar el giro del enlace con la Av. NQS sur norte. El ancho de calzada inicial fue 10.20 m con tres carriles de 3.4 m cada uno. El carril derecho y central se separaron una distancia de 40 cm al empezar la curva lo cual hizo reducir estos carriles a 3.2 m cada uno. A su vez, esto hizo que los dos carriles que continúan como enlace a la Av. NQS norte sur se ajustaran a un ancho de 3.3 m cada uno. El enlace con la Av. NQS norte sur se diseñó con un puente que presenta una curva de radio externo estimado en 105 m. El carril izquierdo se comienza a reducir gradualmente desde el comienzo de la curva hasta que empalma con la Av. NQS norte sur con un ancho de carril de 2.9 m.

5.2.5 Corredor2: NQS Norte Sur – Calle 53 b Bis – Transversal 28

Este corredor se diseñó con base en el borde izquierdo de la calzada existente de la Av. NQS norte sur. Considerando una separación de 80 cm de este borde, se trazó el borde derecho del enlace a la calle 53 b Bis. Este enlace se planteó a través de un puente con trayectoria curva y sección variable, comenzando con un carril de 4 m de ancho y llegando a la calle 53 b Bis con dos carriles de 3.3 m cada uno. El borde derecho continuó su diseño con un radio de curvatura externo de 92.6 m de modo que el radio interno fuera el mínimo a la velocidad de 50 km/h, es decir de 86

m. En la calle 53 b Bis se diseñó una calzada con tres carriles, el derecho es el enlace de la Av. NQS sur norte separado del carril central una distancia de 50 cm. Para la continuidad del corredor a la transversal 28 se utilizó el borde izquierdo de la calzada existente identificando un radio interno de 134.50 m aproximadamente y definiendo tres carriles con un ancho de 3.2 m cada uno.

5.2.6 Corredor 3: Av. NQS Norte Sur

El diseño de esta vía se realizó con base en la calzada existente definiendo tres carriles de 3.3 m de ancho. Se diseñó un carril de desaceleración de 80 m de longitud para el enlace a la calle 53 b Bis. Para permitir el empalme de la calle 53 b Bis a la Av. NQS norte sur fue necesario correr la calzada 4.3 m a la izquierda lo cual obligó a definir dos PI separados una distancia adecuada que permitiera incluir dos curvas circulares simples de sentidos contrarios para hacer la transición de este corrimiento y rectificar de nuevo el alineamiento de la calzada. Los radios de estas curvas fueron de 1500 y 1300 m respectivamente.

5.2.7 Corredor 4: Av. NQS Sur Norte

El alineamiento de esta calzada se realizó con base en el borde izquierdo de la calzada existente. Se definieron anchos de carril de 3.3 m antes de empezar el ramal de salida a la calle 53 b Bis y de 3.2 m después de este. El alineamiento presentó una ligera desviación por lo cual fue necesario incluir un PI y definir una curva circular simple de 1200 m y para el empalme con el ramal de entrada de la calle 53 b Bis se diseñó un carril de aceleración de 200 m.

5.2.8 Corredor 5: Calle 53 b Bis – NQS Sur Norte

Este corredor se diseñó con base en el borde derecho de la calzada existente con un carril de 3.3 m en promedio hasta el enlace con la NQS sur norte donde se amplió a 5 m para que cumpliera la norma. El radio de giro de este enlace no cumplía el valor mínimo para permitir el desarrollo del vehículo de diseño a una velocidad de 30 km/h por lo que se construyó un giro con una curva compuesta de tres radios de 63 – 25 – 63 m proporcional a los establecidos en la tabla IX-2 de la ASSHTO (2004).

5.2.9 Corredor 6: Av. NQS Sur Norte – Calle 53 b Bis

Para el diseño de este corredor fue necesario diseñar de nuevo el giro del ramal con una curva compuesta de tres radios de 63 – 25 – 63 m proporcional a los establecidos en la tabla IX-2 de la ASSHTO (2004) y unirlo al carril derecho de la calzada de la calle 53b Bis para empalmarse con el corredor que viene de la Av. NQS norte sur.

5.2.10 Otros corredores

El empalme del corredor de la Av. NQS sur norte con el enlace de salida a la Calle 53 b Bis se construyó a partir de líneas bases del corredor 4. Un eje se definió por el borde derecho del carril derecho de la calzada de la Av. NQS sur norte y el otro se definió por la “nariz” del ramal.

Los bordes de los corredores descritos anteriormente junto con el número de carriles y dimensionamiento de los radios y anchos de carril se presentan en la siguiente figura. En esta se omitió la vista de los alineamientos para mejor claridad del dibujo y los carriles se representan con las líneas azules discontinuas. . Los diseños definitivos de los alineamientos horizontales de cada uno de los corredores descritos

izquierda. La curva 2 de radio 1300 m presentó un peralte de 2.2% de acuerdo con la tabla citada anteriormente de modo que la longitud de transición calculada fue:

$$L = 5.1 \frac{2.2-0}{0.5} = 22.44 \text{ m} \quad (52)$$

La longitud de aplanamiento se calculó como:

$$N = \frac{2 \cdot 22.44}{2.2} = 20.40 \text{ m} \quad (53)$$

La longitud total de transición fue:

$$L_T = 22.44 + 20.40 = 42.84 \text{ m} \quad (54)$$

La longitud calculada por el programa AutoCad Civil 3D fue de 43.42 por lo cual se dejó esta longitud para reducir levemente la rampa de peraltes utilizada inicialmente de 0.5 que es la máxima para una velocidad de diseño de 80 km/h. Para volver al bombeo normal, se utilizaron los valores calculados anteriormente. El diagrama de peralte modificado para esta curva se presenta en la siguiente imagen.

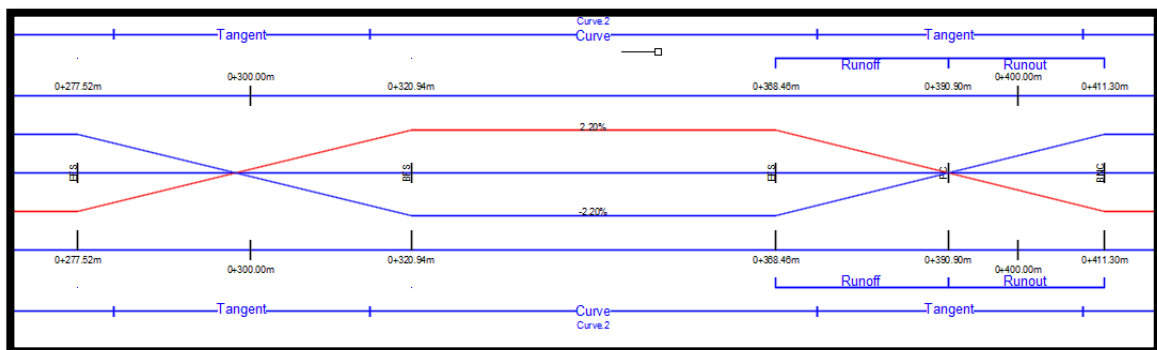


Figura 28 Diagrama de transición de peralte para la curva dos del corredor 3. En azul borde derecho y en rojo borde izquierdo.

5.3.2 Bombeo normal y peraltes en el Corredor 1

Para el corredor 1 se estableció un bombeo normal a una sola agua hacia el borde derecho. Esto condicionó que el bombeo del corredor 5 también fuera a una agua y hacia el mismo borde. En este corredor se definieron dos curvas, la primera de radio 100 m y la cual no fue necesario peraltar por presentar una velocidad menor a 60 km/h. Además el bombeo normal establecido permite realizar el giro sin mayor problema de seguridad. Sin embargo, la curva 2 de radio 103 m se peraltó con el fin de proporcionar seguridad en el puente que enlaza al corredor 3 y cambiar el bombeo para que coincida con el establecido en este mismo corredor. Para un radio de 103 m el peralte máximo es de 4% como se puede observar de la tabla 3-25 de la AASHTO (2004). De esta forma, la longitud de transición con un ancho de carril de 3.3 m es:

$$L = 3.3 \frac{4-0}{0.77} = 17.14 \text{ m} \quad (55)$$

La longitud de aplanamiento es:

$$N = \frac{2 \cdot 17.14}{4} = 8.57 \text{ m} \quad (56)$$

La longitud total es:

$$L_T = 17.14 + 8.57 = 25.71 \text{ m} \quad (57)$$

La longitud calculada por el programa Civil 3D fue de 33 m la cual se dejó para así reducir la pendiente de peralte utilizada que fue de 0.77 que es la máxima para la velocidad de diseño de 50 km/h.

Al finalizar la curva era necesario cambiar el bombeo natural del corredor para dejarlo a un agua hacia el borde izquierdo. Al ser una curva de giro a la izquierda, se requería que el borde derecho cambiara de peralte máximo a bombeo normal de 2% mientras que el borde izquierdo se requería que cambiara a bombeo normal de -2%. Para calcular la longitud de esta transición se utilizó la pendiente de peralte de 0.77 obteniéndose lo siguiente:

$$L = 3.3 \frac{4-2}{0.77} = 8.57 \text{ m} \quad (58)$$

La longitud calcula por el programa Civil 3D fue de 11 m razón por la cual se dejó esta longitud para reducir la pendiente de peralte utilizada. El diagrama de transición de peralte de la curva dos del corredor 1 y cambio de bombeo normal se presentan en la siguiente figura.

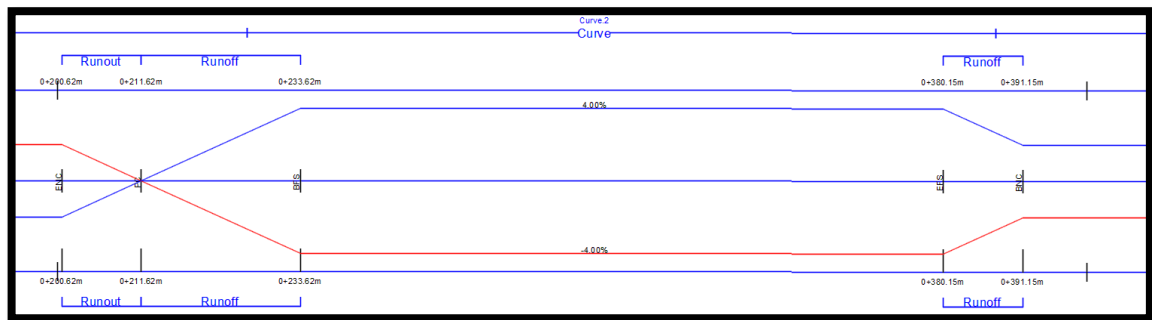


Figura 29 Diagrama de transición de peralte para la curva dos del corredor 1 y cambio de bombeo normal. En azul borde derecho y en rojo borde izquierdo.

5.3.3 Bombeo normal y peraltes del corredor 4

El corredor 4 presenta la condición que es la calzada oriental de la Av. NQS sur norte y limita por el borde izquierdo con la calzada exclusiva de Transmilenio. Esto condicionó a que el corredor tuviera un bombeo normal a un agua hacia el borde derecho incluyendo el carril de aceleración del enlace de entrada de la calle 53 b

Bis. El corredor comienza con la única curva definida en este corredor de radio 1200 m. De acuerdo con la tabla 3.25 de la AASHTO (2004), el peralte máximo para esta curva es de 2.4%. La longitud de transición calculad fue:

$$L = 3.3 \frac{2.4-0}{0.5} = 15.84 \text{ m} \quad (59)$$

La longitud de aplanamiento fue:

$$N = \frac{2 \cdot 15.84}{2.4} = 13.20 \text{ m} \quad (60)$$

La longitud total de transición fue:

$$L_T = 15.84 + 13.20 = 29.04 \text{ m} \quad (61)$$

La longitud calculada por el programa Civil 3D fue de 31.17 m razón por la cual se dejó esta longitud y así poder reducir la pendiente de peralte utilizada. El diagrama de transición de peralte para esta curva se presenta en la siguiente figura.

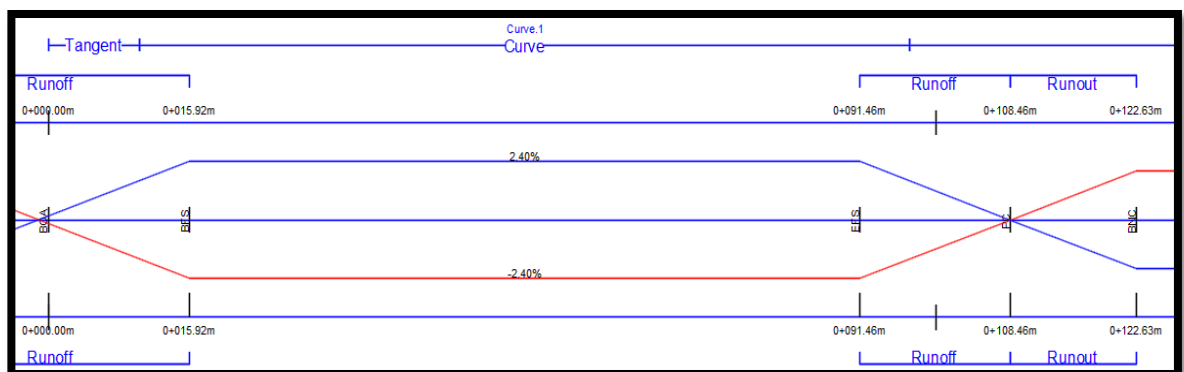


Figura 30 Diagrama de transición de peralte para la curva del corredor 4. En azul borde derecho y en rojo borde izquierdo

5.3.4 Bombeo normal y peralte del corredor 6

Este corredor está afectado por el peralte del corredor 4 ya que se desprende de este para constituir el enlace de salida de la Av. NQS sur norte. El bombeo normal en el giro del enlace es a un agua hacia el borde derecho como se estableció originalmente para el corredor 4. Por esta razón, al empalmar con el corredor 2 se requirió que este corredor tuviera el mismo bombeo normal. Dado que la velocidad de diseño del enlace se estableció en 30 km/h no fue necesario peraltar esta curva.

5.3.5 Bombeo normal y peralte del corredor 2

Como se mencionó previamente, el corredor 2 estaba condicionado a iniciar con el mismo bombeo del corredor 3 con el fin de lograr un buen empalme entre el carril de desaceleración con el enlace a la calle 53 b Bis. En el corredor 2 se definieron dos curvas, la primera de 91.7 m de radio y la segunda con un radio de 138.2 m. La primera curva se desarrolla en el puente por lo cual se peraltó mientras que la segunda curva no fue necesario debido a que la velocidad de diseño es menor a 60 km/h. Sin embargo, al terminar la primera curva era necesario garantizar un bombeo normal a un agua hacia el borde derecho y así lograr el empalme con el enlace de salida de la Av. NQS sur norte (corredor 6) pero esto condicionaba a que la segunda curva quedara en contraperalte. Por esta razón se definió una sección con bombeo normal a dos aguas y se modificó el peralte para lograr esta condición.

Para la curva de 91.7 m de radio el peralte máximo es de 4% de acuerdo con la tabla 3-25 de la AASHTO (2004). Dado que el bombeo normal de este corredor es de 2% a un agua hacia el borde izquierdo y la curva es de giro a la izquierda, el borde derecho debe peraltar de 2% a 4%. La longitud de transición se calculó entonces como:

$$L = 3.3 \frac{2-0}{0.77} = 8.57 \text{ m} \quad (62)$$

La longitud calculada por el programa Civil 3D fue de 33 m lo cual indica que la pendiente de peralte fue de 0.2 la cual es menor al valor mínimo establecido por el manual INVIAS (2008) del 10% del ancho de carril. Para este corredor con un ancho de carril de 3.3 m la pendiente de peralte mínima sería de 0.33%. De esta forma se calculó la longitud de transición con esta pendiente mínima obteniéndose:

$$L = 3.3 \frac{2-0}{0.33} = 20 \text{ m} \quad (63)$$

Para lograr la condición de tener un bombeo normal a dos aguas después de esta curva se requirió que el borde derecho cambiara de peralte de 4% a -2% y el borde izquierdo de -4% a -2%. Para la primera condición se calculó la longitud de transición obteniéndose:

$$L = 3.3 \frac{4-0}{0.33} = 40 \text{ m} \quad (64)$$

Y para la longitud de aplanamiento se obtuvo:

$$N = \frac{2 \cdot 40}{4} = 20 \text{ m} \quad (65)$$

El diagrama de transición de peralte para esta curva y el cambio de bombeo normal se presenta en la siguiente figura.

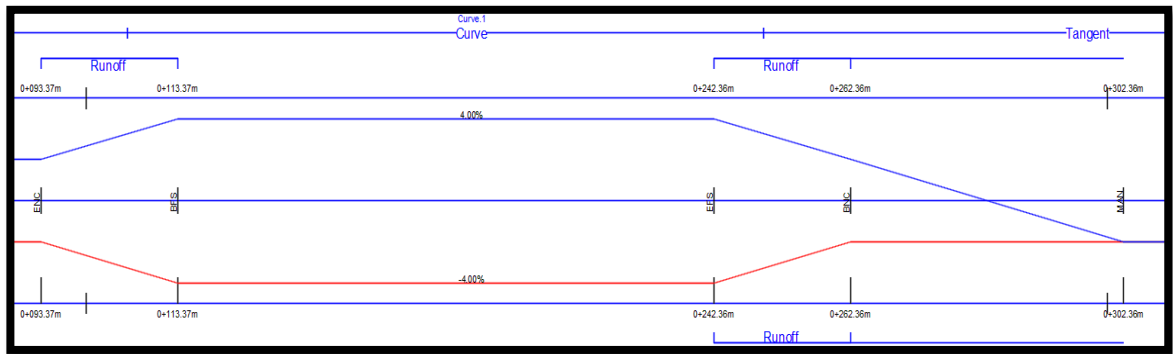


Figura 31 Diagrama de transición de peralte para la curva dos del corredor 2 y cambio de bombeo normal. En azul borde derecho y en rojo borde izquierdo.

5.3.6 Bombeo normal y peralte del corredor 5

Como se mencionó previamente, el corredor 5 se desprende del corredor 1 con un bombeo a un agua hacia el borde derecho. En este corredor se definieron dos curvas, la primera con un radio de 96.588 m que no fue necesario peraltar debido a que la velocidad de diseño se definió en 30 km/h. Sin embargo la segunda curva con radio de 29 m se peralto para empalmar con el carril de aceleración definido en el corredor 4. Para lograr esto se estableció la pendiente de la superficie Top del corredor 4 en el límite de estos dos corredores (abscisa K0+223.05 del corredor 5). La pendiente fue de 1.7% por lo cual se agregó una estación manual al diagrama de peralte calculado por el programa AutoCad Civil 3D asignándole este valor de peralte. La anterior operación se ilustra en la siguiente figura.

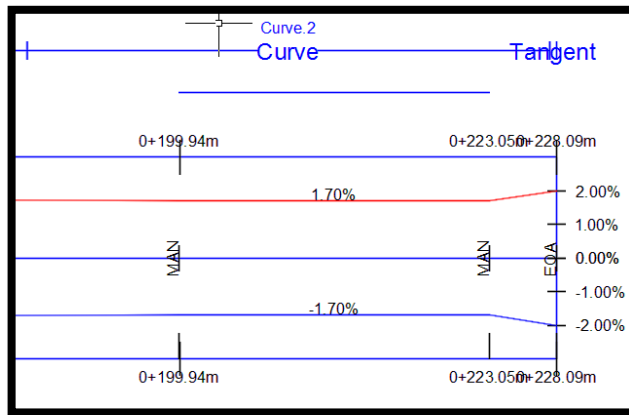


Figura 32 Diagrama de transición de peralte para la curva dos del corredor 5 y cambio de bombeo normal. En azul borde derecho y en rojo borde izquierdo.

Los diagramas de transición de peralte de cada uno de los corredores descritos anteriormente se presentan en los planos planta perfil de los mismos en los Anexos (planos 9-12).

5.4 DISEÑO DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

El diseño en perfil de los corredores contempló los parámetros mínimos definidos en el numeral (parámetros de diseño) y el cumplimiento de un galibo mínimo debido a los enlaces a multinivel que se diseñaron. La metodología establecida fue diseñar en perfil el corredor 3 y 4 cumpliendo con todos los parámetros de diseño vertical. Una vez diseñados se construyó el perfil del corredor 2 con base en puntos de referencia sobre los dos corredores precedentes. Al finalizar el perfil del corredor 2 se diseñó el corredor 1 teniendo en cuenta puntos de referencia sobre el corredor 2 y 3. Con base en el corredor 1 y 4 se construyó el perfil del corredor 5. Finalmente, se diseñó en perfil el corredor 6 con base en el corredor 4 y 2. A continuación se describen las principales características del diseño en perfil de cada corredor.

5.4.1 Diseño en perfil del corredor 3

El perfil del eje del corredor se mantiene plano los primeros 350 m (más de un 60% de todo el corredor) y cambia 1 m en cota en poco más de 100 m. La rasante en estas condiciones presentaría una pendiente longitudinal menor al 0.5% en el primer tramo por lo cual se crearon dos curvas verticales teniendo en cuenta la longitud mínima de tangente, que a la velocidad de 80 km/h es de 225 m, y el máximo valor del parámetro K dado por el manual de INVIAAS (2008) que es de 50.

5.4.2 Diseño en perfil del corredor 4

El perfil del eje del corredor realiza un cambio gradual de 1 m en altura en 200 m lo cual representa una pendiente de 0.5%. Para evitar trabajar con la pendiente mínima se diseñaron dos curvas verticales teniendo en cuenta la longitud mínima de tangencia (225 m) y el máximo valor del parámetro K que es 50.

5.4.3 Diseño en perfil del corredor 2

Para el diseño del perfil de este corredor se definieron puntos de referencia sobre la superficie del corredor 3 y 4 que se proyectaron en el perfil del corredor. Dos puntos se proyectaron desde el corredor 3 justo en el empalme con el corredor 2, con una pendiente del -2% hasta el eje del corredor 2. Sobre el corredor 4 se ubicó un punto en el borde de vía donde el corredor pasaría con su cota más baja. La proyección de este punto permitió estimar una altura de 5 m sobre la cual el perfil del corredor 2 debía coincidir para garantizar un gálibo adecuado para los vehículos que transitan el corredor 4. Las curvas verticales se diseñaron con base en los valores mínimos del parámetro K, 13 para curvas cóncavas y de 10 para curvas convexas. También se trabajó con pendientes longitudinales cercanas a la máxima del 7%.

5.4.4 Diseño en perfil del corredor 1

Una vez obtenido el perfil del corredor 2 se establecieron puntos sobre la superficie de este corredor donde se cruza con el corredor 1 en su cota más baja y se proyectaron en el perfil de este último. Los puntos permitieron definir una altura de 4.9 m sobre la cual el perfil del corredor 1 debía coincidir para garantizar un gálibo apropiado para el vehículo de diseño que transita por el corredor 2, el cual tiene una altura total de 4.1 m. A su vez, el perfil del corredor 1 debía cumplir con un gálibo mínimo al cruzar el corredor 3 por lo que se ubicó un punto en este corredor al cruzar el corredor 1 en su cota más baja y se proyectó en el perfil para poder garantizar en este punto una altura de 5.8 m. Además, con el fin de realizar un adecuado empalme entre el corredor 1 y 3, se proyectaron dos puntos desde la superficie del corredor 3 con una pendiente de 2% hasta el eje del corredor 1 de modo que la rasante de este corredor pasara por estos dos puntos y garantizara el empalme con la cota y sección transversal adecuada. Las curvas verticales se diseñaron con base en los valores mínimos del parámetro K, 13 para curvas cóncavas y 10 para curvas convexas. También se trabajó con pendientes longitudinales muy cercanas a la máxima del 7%.

5.4.5 Diseño en perfil del corredor 5

Para el diseño del perfil de este corredor se proyectaron dos puntos justo en el empalme del corredor 1 con una pendiente del -2% hasta el eje del corredor 5 los cuales se proyectaron en el perfil para comenzar el diseño de la rasante permitiendo un empalme con la cota y sección transversal apropiada. Se diseñaron dos curvas verticales teniendo en cuenta la longitud mínima de tangencia para una velocidad de 50 km/h, la cual es de 140 m. Se consideró esta velocidad de diseño y no al del enlace que es de 30 km/h debido a que el corredor tiene una longitud cercana a 180 m antes de empezar el ramal de entrada a la Av. NQS sur norte. Los valores del

parámetro K empleados en este diseño fue de 50 para la curva convexa y 30 para la curva cóncava.

5.4.6 Diseño en perfil del corredor 6

El perfil de este corredor se construyó proyectando diferentes puntos desde el borde derecho del corredor 4 con una pendiente del -2% hasta el eje del corredor con el fin de lograr un adecuado empalme para el enlace de salida de la Av. NQS sur norte. Se consideró una curva vertical con el valor máximo de K, es decir de 50 y se proyectaron dos puntos desde el corredor 2 justo en el empalme con el corredor 6, con una pendiente de -2% de modo que fuera posible garantizar un empalme con cota y sección transversal deseada.

Los diseños definitivos del perfil de cada uno de los corredores se presentan en los planos planta perfil en los anexos (planos 13-17).

5.5 SECCIONES TRANSVERSALES Y SUBASSEMBLY

En total se crearon diecinueve secciones y tres subassemblies con el fin de garantizar los empalmes adecuados de los corredores con los enlaces y proporcionar una plataforma adecuada según el diseño propuesto. El primer subassembly fue el bordillo, el segundo fue la barrera de protección en la proximidad de los puentes y el tercero fue la sección transversal del puente. En todos los casos fue necesario targear los subassemblies con el fin de obtener las cotas de borde y también lograr que la sección de los puentes fuera reducida conforme el diseño horizontal.

5.5.1 Secciones del corredor 1

Para crear la plataforma completa de este corredor se crearon cuatro secciones. La primera sección constaba de la plataforma con bombeo normal a un agua hacia el borde derecho y bordillos en ambos bordes. La segunda sección presentaba el mismo bombeo normal pero con barrera de protección en ambos bordes. La tercera sección correspondió al subassembly del puente que incluía bordillo, andén y barrera. Finalmente, la última sección constaba de la plataforma con bombeo normal a un agua hacia el borde izquierdo con barreras de protección a ambos lados. Las abscisas de las secciones asignadas se presentan en la siguiente figura.

Name	Start Station	End Station
<input checked="" type="checkbox"/> BL - Eje 53b-NQS Sur	0+000.00m	0+479.96m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 1 53b NQS S	0+000.00m	0+039.80m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 2 53b NQS S	0+039.80m	0+120.00m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 3 53b NQS S	0+120.00m	0+400.00m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 4 53b NQS S	0+400.00m	0+479.96m

Figura 33 Abscisas de las regiones creadas para asignar las secciones del corredor 1.

5.5.2 Secciones del corredor 2

Para este corredor se crearon y asignaron cuatro secciones. La primera sección constaba de la plataforma con bombeo normal a un agua hacia el borde izquierdo y barrera de protección en ambos bordes. La segunda fue el subassembly del puente con su bordillo, andén y barrera. La tercera sección constaba de la plataforma con bombeo normal a dos aguas y barreras de protección en ambos bordes. Finalmente, se asignó una plataforma con bombeo normal a dos aguas y bordillo a ambos lados. Las abscisas de las secciones asignadas se presentan en la siguiente imagen.

Name	Start Station	End Station
<input checked="" type="checkbox"/> BL - Eje 53b NQS N - (25)	-0+000.00m	0+228.09m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 53b NQS N - (24)	0+000.12m	0+009.00m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 53b NQS N - (24...	0+009.00m	0+222.31m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 53b NQS N - (24...	0+222.31m	0+223.06m

Figura 34 Abscisas de las regiones creadas para asignar las secciones del corredor 2.

5.5.3 Secciones del corredor 3

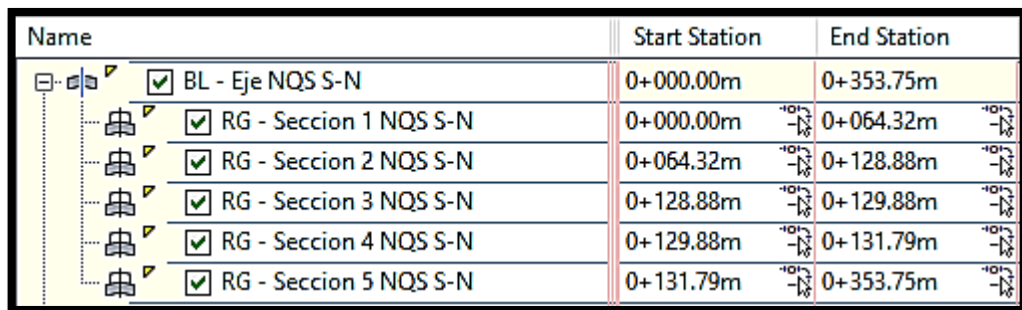
Para este corredor se asignaron cinco secciones. La primera fue la plataforma con bombeo normal a un agua hacia el borde izquierdo con bordillos en ambos bordes. La segunda consistió en la plataforma con el mismo bombeo normal pero con barrera de protección al borde izquierdo y bordillo en el borde derecho. La siguiente sección fue igual a la primera sección. La cuarta sección constaba de la plataforma con barrera de protección al borde derecho y bordillo al lado izquierdo. Finalmente, la quinta sección volvía a ser la plataforma de la primera y tercera sección. Las abscisas de las secciones asignadas se presentan en la siguiente imagen.

Name	Start Station	End Station
<input checked="" type="checkbox"/> BL - Eje NQS N-S	0+000.00m	0+533.16m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 1 NQS N-S	0+000.00m	0+094.69m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 2 NQS N-S	0+094.69m	0+115.00m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 3 NQS N-S	0+115.00m	0+430.00m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 4 NQS N-S	0+430.00m	0+470.01m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 5 NQS N-S	0+470.01m	0+533.16m

Figura 35 Abscisas de las regiones creadas para asignar las secciones del corredor 3.

5.5.4 Secciones del corredor 4

En este corredor fue necesario asignar cinco secciones. La primera consistió de la plataforma con bombeo normal a un agua hacia el borde derecho y con bordillo en el borde izquierdo. La segunda y tercera sección tuvieron las mismas características, plataforma con el mismo bombeo normal pero con barrera de protección en el borde derecho y bordillo en el borde izquierdo. La diferencia entre estas dos secciones fueron los targets en que se definió cada una. La cuarta sección fue la misma que la primera y se asignó para permitir el empalme con el ramal de entrada de la Calle 53 b Bis. La quinta sección constaba de la plataforma con el mismo bombeo normal a un agua al borde derecho con bordillos en ambos bordes. Las abscisas de las secciones asignadas se presentan en la siguiente imagen.



Name	Start Station	End Station
<input checked="" type="checkbox"/> BL - Eje NQS S-N	0+000.00m	0+353.75m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 1 NQS S-N	0+000.00m	0+064.32m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 2 NQS S-N	0+064.32m	0+128.88m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 3 NQS S-N	0+128.88m	0+129.88m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 4 NQS S-N	0+129.88m	0+131.79m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 5 NQS S-N	0+131.79m	0+353.75m

Figura 36 Abscisas de las regiones creadas para asignar las secciones del corredor 4.

5.5.5 Secciones del corredor 5

Para este corredor se crearon y asignaron tres secciones. La primera que tenía plataforma con bombeo normal a un agua hacia el borde derecho con barrera de protección en el borde derecho y bordillo en el borde izquierdo. La segunda sección tenía la plataforma con el mismo bombeo normal pero con bordillos en ambos bordes. La última sección presentaba la misma plataforma y bombeo normal pero

con barrera de protección en el borde izquierdo y bordillo en el borde derecho. Las abscisas de las secciones asignadas se presentan en la siguiente imagen.

Name	Start Station	End Station
<input checked="" type="checkbox"/> BL - Eje 53b NQS N	-0+000.00m	0+228.09m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 1 53b NQS N	0+000.12m	0+009.00m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 2 53b NQS N	0+009.00m	0+222.31m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 3 53b NQS N	0+222.31m	0+223.06m

Figura 37 Abscisas de las regiones creadas para asignar las secciones del corredor 5.

5.5.6 Secciones del corredor 6

Este corredor tuvo dos secciones definidas. La primera que consistía de la plataforma con bombeo normal a un agua hacia el borde derecho y bordillo en ambos lados. La segunda constaba de la misma plataforma y bombeo normal pero con barrera de protección en el borde izquierdo y bordillo en el borde derecho. Las abscisas de las secciones asignadas se presentan en la siguiente imagen.

Name	Start Station	End Station
<input checked="" type="checkbox"/> BL - Eje NQS S-53b	0+000.00m	0+142.36m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 1 NQS S-53B	0+013.43m	0+110.00m
<input checked="" type="checkbox"/> RG - Seccion 2 NQS S-53B	0+110.00m	0+141.59m

Figura 38 Abscisas de las regiones creadas para asignar las secciones del corredor 6.

5.5.7 Otras secciones

Se definieron dos secciones para realizar el empalme del corredor 4 con el enlace de salida a la calle 53 b Bis. La primera sección asociada al eje definido en el borde

derecho del carril derecho de la calzada de la Av. NQS sur norte se construyó únicamente con un carril izquierdo y bordillo en la parte central. La sección asociada al eje definido en la nariz del enlace se construyó solamente con un carril izquierdo y barrera de protección en la parte central. Los targets de ambas secciones fueron el futureline del corredor 4 y el eje del corredor 6.

Las secciones de cada uno de los corredores se presentan en los planos de secciones transversales en los anexos (planos 18-25).

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Cuando se intentó modelar en el software Vissim se evidenció un problema importante al cargar la imagen debido al tamaño que esta presentaba, como la intersección mínima para este es de 1km * 1 km, no fue posible para este caso.

Dentro del software de Synchro se encontraron algunas dificultades al momento de ingresar los volúmenes vehiculares debido a que si no existía un nodo en la intersección no daba la posibilidad de ingresarlo.

Al momento de diseñar el esquema sobre la imagen de google Earth, se presentaron inconvenientes debido a la cercanía entre calzadas y por la distancia que tienen. En razón a lo anterior se dibujó de la forma más parecida a la realidad.

Se presentaron inconvenientes al momento de modelar la intersección en la parte del puente vehicular debido a que el gálibo se dibuja por nodos y por esto se presenta en el tramo de la carrera 30 sentido norte - sur una elevación en la calzada central.

A pesar que se reconoce que el terreno de la zona de la intersección es prácticamente plano, el modelo de superficie creado a partir de las curvas de nivel de la información del IDECA no fue adecuado dado que en algunas zonas algunas curvas de nivel no presentaron continuidad. y en otras no fueron suficientes para representar la variación del terreno como se puede apreciar en la vista de secciones transversales del corredor 1 (Anexo plano 1)A pesar de ello, en las demás secciones transversales de los corredores el terreno presentó un mejor comportamiento por lo que resultó suficiente para realizar este ejercicio académico.

El alineamiento del corredor 1 terminó empalmándose en la Av. NQS norte sur a pocos metros del giro a la calle 53. Esto supone un conflicto para los vehículos que

transitan inicialmente por la Av. NQS y desean tomar la calle 53 dado que contarán con poca longitud para hacer el entrecruzamiento e interferirán con el tránsito que viene por el corredor 1. Esto a su vez puede causar una reducción en la velocidad y generar demoras en el tránsito normal por la Av. NQS. Se podría considerar la revisión del diseño en perfil del corredor 1 para que empalme más atrás de lo propuesto aunque esto implique comenzar la elevación del puente mucho más antes incrementando los costos del diseño. También implicaría revisar el diseño en perfil del corredor 2 para garantizar el galibo en los puntos que sea necesario.

El empalme de la Av. NQS sur norte con el enlace de salida a la calle 53 b Bis no resultó ser adecuado con la metodología propuesta, es decir definiendo líneas bases al corredor 4. En este caso particular, el futureline del borde de vía no resultó regular y al definirse los targets de los ejes complementos de este empalme con base en este objeto, el empalme quedó irregular en algunos puntos. La ventaja de este tipo de empalme fue que permitió definir un peralte diferente al de la curva que estaba presente en la misma región del enlace y así lograr el bombeo normal para el enlace. Esto es algo que hubiera sido difícil realizar definiendo fronteras para el corredor 4 porque el inicio del giro quedaría a cintraperalte.

La separación de los carriles con nariz para los ramales no fue la más adecuada dado que en algunos casos esta separación fue menor a la mínima de 1.5 m sugerida por los manuales. La razón de considerar separaciones menores obedece a la falta de espacio y a que la división nunca interfirió con los carriles de mayor velocidad de diseño por lo cual cabe la posibilidad de solucionar este inconveniente con muy buena señalización.

En relación a los enlaces propuestos y diseñados, se resalta que estos cumplen con los parámetros de diseño en cuanto los giros (ver descripción de los corredores 5 y 6). Sin embargo, los anchos de la calzada en tangente no permiten el

adelantamiento de vehículo averiado lo que podría afectar seriamente el tránsito en estas zonas. Una posible solución a esto podría ser ampliar los anchos de carril en el corredor 5 por debajo del puente y mantener el ancho de carril con el que hace el giro del ramal de entrada a la NQS sur norte. Sin embargo, esta solución no es posible en el corredor 6 dado que el estribo del puente del enlace de la Av. NQS norte sur a la calle 53 b Bis (corredor 2) no lo permite. En este caso, la solución puede estar en correr el alineamiento del corredor 2 y ampliar el corredor 6 lo que implica revisar radio de giro de la curva 1 de este corredor, correr el carril de desaceleración para el ramal de salida en el corredor 3, revisar cumplimiento de gálibos entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

INVIAS Instituto Nacional de Vías – MINISTERIO DE TRANSPORTE, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008.

MINISTERIO DE TRANSPORTE, Ley 105 1993

American Association of state Highway and Transportation Officials - A Polici on Geometric Desing of Highwais and Street – 2001

MINISTERIO DE TRANSPORTE, Manual de Señalización, 2004.

O, E. d. (2014). programas de modelacion.

trafficware. (s.f.). *manual synchro studio 7*.

vargas, w. e. (2014-2015). apuntes de ingenieria de tránsito avanzada.

Manual de Capacidad de Carreteras de USA .

ANEXOS

Plano 1 interseccion.

Planos corredores (2-8).

Planos secciones transversales (planos 9-25).

Modelación del corredor en planta.

Modelación del corredor en 2D.

Modelación del corredor en 3D.

Carteras de campo.

Memorias de Cálculo.

Reportes y carteras INVIAS.

Estudios de velocidad y volumen.