



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA DEL
EJERCITO Y PROPUESTA DE CONTINUIDAD VIAL HACIA LA CARRETERA
NACIONAL CUSCO-ABANCAY EN EL SECTOR SIPASPUQUIO.

Presentado por:

Fernández Huamán, Holguer Juvenal

Ricalde Peralta, Joaquín Mijael

Para optar al Título Profesional de Ingeniero
Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Jean F. Pérez Montesinos

CUSCO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y por darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Juvenal Fernández Vergara y Gregoria Huamán Ccahua, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, a mis hermanas por su apoyo incondicional, a mi familia y amigos que me aconsejaron, gracias a ustedes eh logrado llegar hasta aquí. Con mucho cariño, les dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de esta tesis.

Holguer Juvenal Fernández Huamán

El esfuerzo y la dedicación puesta en este trabajo está dedicada a mi familia, en especial a mi madre Juana Peralta Cruz y a mi padre Juvenal Ricalde Cáceres por los consejos y el buen ejemplo que me dieron para el desarrollo de mi formación profesional.

Joaquín Mijael Ricalde Peralta



AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Juvenal Fernández Vergara y Gregoria Huamán Ccahua y hermanas por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado a lo largo de mi vida.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi formación profesional, de manera especial agradecer al Mgt. Ing. Jean F. Pérez Montesinos por aceptar la tutoría de esta tesis de investigación quien ha guiado con paciencia.

Holguer Juvenal Fernández Huamán

Agradezco a Dios por guiarme a lo largo de mi formación profesional, ser el apoyo y fortaleza en momentos difíciles.

Mi profundo agradecimiento a mis padres: Juvenal Ricalde Caceres y Juana Peralta Cruz y mis hermanos Neftali Jarín Ricalde Chacón y Liz Briceida Ricalde Peralta por ser los inspiradores de este sueño que hoy en día se hace realidad gracias a ellos.

Joaquín Mijael Ricalde Peralta



RESUMEN

Debido al crecimiento acelerado del parque automotor y las políticas de gobierno actuales, todos los proyectos viales tendrán como componente de los estudios definitivos un estudio de tráfico vehicular, verificando de esta forma el posible impacto que pueda generar esta infraestructura en la vialidad y circulación de su entorno. En el caso de la implementación de nueva infraestructura vial se evaluarán las condiciones nuevas versus la demanda a presente y a futuro.

De acuerdo al tráfico verificado, la zona en estudio es muy transitada por vehículos de movilidad mixta, es decir vehículos particulares locales y vehículos pesados de origen interprovincial e interdistrital. La presencia de centros de atracción nuevos debe ser evaluada para la implementación de propuestas que regulen el flujo vehicular a través de acciones de mitigación, presentado en el presente estudio. Para el presente estudio; se utiliza la metodología del HCM 2010 (Highway Capacity Manual) y el Manual de Capacidad de Carreteras de la Asociación Técnica de Carreteras- Comité Español de la AIPCR (que es versión del HCM 2010, con terminología traducida al español), según las cuales se ha procedido a realizar el estudio en dos niveles de análisis; el nivel operacional, que consiste en determinar las condiciones actuales de operación de la intersección en estudio y el nivel de diseño preliminar, diseño que implementará las acciones de mitigación resultantes del estudio.

La metodología utilizada para dicho estudio inicia con la determinación del área de estudio y el área de influencia, así como de los puntos de aforos y la recolección de información del área de estudio.

Para el desarrollo del estudio se realizaron las siguientes actividades:

- A. Recolección de datos de campo
 - Geometría de la vía
 - Flujos vehiculares en hora punta
 - Estados o configuración semafórica
- B. Análisis de escenarios
 - Actual 2019
 - Futuro 2039 sin proyecto
 - Futuro con propuesta 2039.



Los resultados del análisis operacional producto del modelamiento del corredor nos ayudaran a evitar problemas a futuro con los corredores viales.



ABSTRACT

Due to the growth acceleration of the automotive fleet and current government policies, all road projects will have as a component of the definitive studies a traffic study, thus verifying the possible impact that this infrastructure can generate on the road and circulation of its surroundings. In the case of the implementation of new road infrastructure, the new conditions will be evaluated versus the present and future demand.

According to the verified traffic, the area under study is very busy with mixed mobility vehicles, that is, local private vehicles and heavy vehicles of interprovincial and interdistrict origin. The presence of new centers of attraction must be evaluated for the implementation of proposals that regulate vehicular flows through mitigation actions, presented in this study. For the present study; The methodology of the HCM 2010 (Highway Capacity Manual) and the Road Capacity Manual of the Technical Road Association - Spanish Committee of the AIPCR (which is version of the HCM 2010, with terminology translated into Spanish), according to which has proceeded to conduct the study at two levels of analysis; the operational level, which consists in determining the current operating conditions of the intersection under study and the level of preliminary design, design that will implement the mitigation actions resulting from the study.

The methodology used for this study begins with the determination of the study area and the area of influence, as well as the capacity points and the collection of information from the study area.

The following activities were carried out for the development of the study:

- A. Collection of field data
 - Track geometry
 - Vehicle flows at rush hour
 - Status or traffic light configuration



B. Scenario analysis

- Current 2019
- Future 2039 without project
- Future with 2039 proposal.

The results of the operational analysis resulting from the modeling of the corridor will help us avoid future problems with road corridors.



INTRODUCCIÓN

La congestión vehicular es uno de los principales problemas urbanos que afectan a una ciudad, es por eso que hoy en día la planificación vial y urbanística es de suma importancia.

En la ciudad del Cusco contamos con niveles bajos de planificación en estos temas es por eso que logramos observar, que en casi todas las intersecciones existe un pésimo nivel de servicio, ya que no se consideraron temas tan importantes como el aumento de vehículos en circulación con el transcurso del tiempo.

En la presente tesis se analizará la capacidad vial y nivel de servicio del corredor vial denominado Av. del Ejército, el cual atiende a una demanda de tráfico considerable, consiste en una vía o segmento vial TRUNCO es decir que no tiene continuidad, su sección vial termina en nuevas habilitaciones urbanas, gran parte del tráfico que circula son vehículos cuyo destino la carretera Cusco-Abancay y destino intermedios como Anta y Urubamba.

Es necesario plantear soluciones para resolver los problemas de conectividad que tiene la ciudad del Cusco.

Es por eso que la presente investigación se desarrollara con el fin establecer respuestas, direcciones y lineamientos que promuevan y encaminen a la solución y planeamiento vial.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	vi
INTRODUCCIÓN	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
CAPÍTULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Identificación del Problema.....	1
1.1.1. Descripción del Problema.....	1
1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema:	4
1.2. Justificación e Importancia de la Investigación:.....	4
1.2.1. Justificación Técnica.....	4
1.2.2. Justificación Social	5
1.2.3. Justificación por Viabilidad.....	5
1.2.4. Justificación por Relevancia	5
1.3. Limitaciones de la Investigación	5
1.3.1. Limitaciones por Espacio:.....	5
1.3.2. Limitaciones por Tiempo:.....	6
1.3.3. Limitaciones por datos:.....	6
1.3.4. Limitaciones por Fuente de Base:	7
1.3.5. Limitaciones por especialidad:.....	7
1.4. Objetivo de la Investigación	7
1.4.1. Objetivo General.....	7
1.4.2. Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO DE LA TESIS.....	8
2.1. Antecedentes de la Tesis.....	8
2.1.1. Antecedentes a Nivel Local	8
2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional.....	9
2.1.3. Antecedentes a Nivel Internacional.....	10
2.2. Aspectos Teóricos Pertinente	11
2.2.1. Definición de la Infraestructura vial.....	11



2.2.2.	Clasificación de Vías	11
2.2.3.	Usuarios de la Vía	17
2.2.4.	Intersecciones Viales.....	1
2.2.5.	Dispositivos para el Control del Transito.....	29
2.2.6.	Volumen de Transito Horario:.....	31
2.2.7.	Velocidad en General	31
2.2.8.	Capacidad Vial en Intersecciones Semaforizadas	32
2.2.9.	Nivel de Servicio.....	33
2.2.10.	Tasa de Demanda del Flujo.....	35
2.2.11.	Factor Hora Punta de Intersección	36
2.2.12.	Relación de pelotón	36
2.2.13.	Cola inicial	39
2.2.14.	Máximo Verde	39
2.2.15.	Minino Verde.....	39
2.2.16.	El Cambio de Color Amarillo y el Rojo	40
2.2.17.	Duración de Ciclo (Coordinado- Operación Actuada)	40
2.2.18.	Fase dividida (Coordinado- Operación Actuada)	40
2.2.19.	Desplazamiento y Punto de Referencia de Desplazamiento.....	40
2.2.20.	Modo de Fuerza (Operación Coordinada- Actuada)	41
2.2.21.	Metodología del HCM.....	41
2.2.22.	Trafico Futuro	55
2.3.	Hipótesis	56
2.3.1.	Hipótesis General.....	56
2.3.2.	Sub hipótesis.....	56
2.4.	Definición de variables	57
2.4.1.	Variable Independiente:.....	57
2.4.2.	Variables Dependientes:.....	57
2.4.3.	Cuadro de Operacionalización de Variables	59
CAPÍTULO III - METODOLOGÍA		60
3.1.	Metodología de la Investigación:	60
3.1.1.	Enfoque de la Investigación:.....	60
3.1.2.	Nivel de Investigación:.....	60
3.1.3.	Método de Investigación:.....	60
3.2.	Diseño de la Investigación:	60
3.2.1.	Diseño Metodológico:	60
3.2.2.	Diseño de Ingeniería	61
3.3.	Población y Muestra	63



3.3.1.	Población	63
3.3.2.	Muestra	63
3.3.3.	Criterios de Inclusión:	65
3.4.	Instrumentos:	66
3.4.1.	Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos:	66
3.4.2.	Instrumentos de Ingeniería:	70
3.4.3.	Software Utilizado:.....	70
3.5.	Procedimientos de Recolección de Datos:.....	70
3.5.1.	Codificación de Movimientos Vehiculares.....	70
3.5.2.	Hora Pico del Sistema	86
3.5.3.	Análisis Operacional.....	86
3.5.4.	Trafico Actual Sin Proyecto	95
3.5.5.	Estudio de Condiciones Futuras sin Proyecto.....	100
3.5.6.	Análisis Operacional.....	109
3.5.7.	Estudio de Condiciones Futuras Con Proyecto.....	115
3.5.8.	Determinación de Tráfico del Proyecto	116
3.5.9.	Determinar el Tráfico Futuro (proyectado) con Proyecto.....	116
3.5.10.	Detalles del Proyecto Vial nuevo.	117
3.5.11.	Análisis Operacional:.....	117
CAPÍTULO IV - RESULTADOS		121
CAPÍTULO V - DISCUSIÓN		125
GLOSARIO		127
CONCLUSIONES		129
RECOMENDACIONES		132
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		134
ANEXOS		136
ANEXO A: Datos de Levantamiento Topográfico		136
ANEXO B: Registro Fotográfico		148
ANEXO C: Detalle de Calculo		160
ANEXO D: Fichas de Características Semafóricas y Geometricas		180
ANEXO E: Formatos para la determinación de tiempo de viaje y velocidad promedio.....		201
ANEXO F: Fichas de Aforo Vehicular		205
ANEXO G: Fichas de resultados de cálculo extraídas del software utilizado.		244
ANEXO H: Planos de planta, perfil, y secciones del conector vial Propuesto		333
ANEXO I: Planos de Sección de la Av. del Ejército actual y del pase a desnivel propuesto		334
ANEXO I: Planos de planta de las intersecciones estudiadas.		335



ANEXO J: Matriz de consistencia.....336

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros de diseño vinculado a la clasificación de vías urbanas	15
Tabla 2: Factores que afectan al conductor	17
Tabla 3: Altura libre H requerida en terreno plano para el paso superior e inferior	29
Tabla 4: Valores de la relación de Pelotón.....	37
Tabla 5: Factores de Ajuste	44
Tabla 6: Niveles de Servicio.....	55
Tabla 7: Cuadro operacional de variables.....	59
Tabla 8: Formato de Conteo Vehicular	67
Tabla 9: Ficha de Características Semafóricas de la Vía.....	68
Tabla 10: Ficha de Características Geométricas de la y Vía formato de Entrada General para el análisis de las intersecciones.	69
Tabla 11: Flujograma vehicular Av. Del Ejército con Calle San Miguel.....	71
Tabla 12: Flujograma vehicular Av. Grau con Rampa subida Av. Del Ejército	72
Tabla 13: Flujograma Vehicular Av. Grau con Rampa bajada Av. Del Ejército	73
Tabla 14: Flujograma Vehicular Av. Del Ejército con calle Pera.....	74
Tabla 15: Flujograma Vehicular Av. Del Ejército con calle General Buendía	75
Tabla 16: Flujograma Vehicular Av. Del Ejército con Rampa puente Almudena.....	76
Tabla 17: Flujograma Vehicular Av. Del Ejército con Av. Ayahuayco	77
Tabla 18: Flujograma Vehicular Av. Ayahuayco con Calle Nueva Alta	78
Tabla 19: Flujograma Vehicular Av. Túpac Amaru con Calle Ricardo Palma	79
Tabla 20: Flujograma Vehicular Av. Antonio Lorena con Calle Ricardo Palma	80
Tabla 21: Flujograma Vehicular Av. Antonio Lorena con Calle Precursores	81
Tabla 22: Flujograma Vehicular Av. Antonio Lorena con Calle Almudena	82
Tabla 23: Flujograma Vehicular Av. Antonio Lorena con Calle Tambopata	83
Tabla 24: Flujograma Vehicular Av. Antonio Lorena con Calle Rocopata.....	84
Tabla 25: Flujograma Vehicular Av. Antonio Lorena con Av. Grau	85
Tabla 26: Valores para vehículos equivalentes (UPC)	86
Tabla 27: Resultados de Modelación Actual.....	100
Tabla 28: Tráfico Proyectado - intersección 01	102
Tabla 29: Tráfico Proyectado a Futuro - intersección 02	102
Tabla 30: Tráfico Proyectado - Intersección 03.....	103
Tabla 31: Tráfico Proyectado - Intersección 04.....	103
Tabla 32: Tráfico Proyectado – Intersección 05	104
Tabla 33: Tráfico Proyectado - Intersección 06.....	104
Tabla 34: Tráfico Proyectado - Intersección 07.....	105
Tabla 35: Tráfico Proyectado - Intersección 08.....	105
Tabla 36: Tráfico Proyectado - Intersección 09.....	106
Tabla 37: Tráfico Proyectado - Intersección 10.....	106
Tabla 38: Tráfico Proyectado - Intersección 11	107
Tabla 39: Tráfico Proyectado - Intersección 12.....	107
Tabla 40: Tráfico Proyectado - Intersección 13.....	108
Tabla 41: Tráfico Proyectado - Intersección 14.....	108
Tabla 42: Tráfico Proyectado - Intersección 15.....	109
Tabla 43: Resultados de la Modelación a Futuro sin Proyecto.....	115
Tabla 44: Resultado con el Nuevo Modelo con Conector.	121
Tabla 45: Cuadro Comparativo de Resultados	122
Tabla 46: Cuadro de Resultados de capacidad y niveles de servicio de la Av. Del Ejército actual....	123
Tabla 47: Cuadro de Resultados de capacidad y niveles de servicio de la Av. Del Ejército actual y futura con proyecto vial.	123
Tabla 48: Resultado del Tiempo de viaje.....	124



Tabla 49: Resultado de la Velocidad promedio en la Av. del Ejército.	124
Tabla 50: Cuadro de Datos del Levantamiento Topográfico	136
Tabla 51: Hoja de Cálculo Manual de la Intersección Av. Del Ejército - Calle Pera.	160
Tabla 52: Hoja de Cálculo Manual de la Intersección Av. Del Ejército - Ca. General Buendía.	165
Tabla 53: Hoja de Cálculo Manual de la Intersección Av. Antonio Lorena - Calle Almudena.	170
Tabla 54: Hoja de Cálculo Manual de la Intersección Av. Del ejército – Calle San Miguel.....	175
Tabla 55: Hoja de Cálculo Manual de la Intersección Av. Del ejército – Calle San Miguel.....	177
Tabla 56: Características semafóricas de la intersección Av. Grau – Rampa subida Av. Del Ejército	180
Tabla 57: Características semafóricas de la intersección Av. Grau – Rampa Bajada Av. Del Ejército	181
Tabla 58 : Características semafóricas de la intersección Av. Del Ejército – Calle Pera	181
Tabla 59: Características semafóricas de la intersección Av. Del Ejército – Calle General Buendía.	182
Tabla 60: Características semafóricas de la intersección Av. Ayahuayco – Calle Nueva Alta	182
Tabla 61: Características semafóricas de la intersección Av. Antonio Lorena – Calle Rocopata	183
Tabla 62: Características semafóricas de la intersección Av. Antonio Lorena – Calle Tambopata ...	184
Tabla 63: Características semafóricas de la intersección Av. Antonio Lorena – Calle Almudena.....	184
Tabla 64: Formato de entrada: Intersección Av. Del Ejército con Calle San Miguel	186
Tabla 65: Formato de entrada: Intersección Av. Grau con Rampa Subida Av. Del Ejército	187
Tabla 66: Formato de entrada: Intersección Av. Grau con Rampa Bajada Av. Del Ejército	188
Tabla 67: Formato de entrada: Intersección Av. Del Ejército con Calle Pera	189
Tabla 68: Formato de entrada: Intersección Av. Del Ejército con Calle General Buendía	190
Tabla 69: Formato de entrada: Intersección Av. Del Ejército con Rampa Puente Almudena	191
Tabla 70: Formato de entrada: Intersección Av. Del Ejército con Av. Ayahuayco	192
Tabla 71: Formato de entrada: Intersección Av. Ayahuayco con Calle Nueva Alta.....	193
Tabla 72: Formato de entrada: Intersección Av. Tupac Amaru con Calle Ricardo Palma.....	194
Tabla 73: Formato de entrada: Intersección Av. Antonio Lorena con Calle Ricardo Palma.....	195
Tabla 74: Formato de entrada: Intersección Av. Antonio Lorena con Calle Precursores	196
Tabla 75: Formato de entrada: Intersección Av. Antonio Lorena con Calle Almudena.....	197
Tabla 76: Formato de entrada: Intersección Av. Antonio Lorena con Calle Tambopata.....	198
Tabla 77: Formato de entrada: Intersección Av. Antonio Lorena con Calle Rocopata	199
Tabla 78: Formato de entrada: Intersección Av. Antonio Lorena con Av. Grau.....	200
Tabla 79: Formato para el cálculo del tiempo de viaje.	201
Tabla 80: Formato para el cálculo de la velocidad promedio	204



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de influencia de la Tesis	3
Figura 2: Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel	2
Figura 3: Intersección sin canalizar y canalizada	4
Figura 4: Tipos de isletas	6
Figura 5: Tipos de intersecciones a nivel.....	7
Figura 6: Intersecciones de tres ramales	8
Figura 7: Intersecciones de cuatro ramales	9
Figura 8: Intersección de 4 ramales con elevados flujos vehiculares	9
Figura 9: Intersección de 4 ramales con bajos flujos vehiculares	10
Figura 10: Esquema de una intersección giratoria o glorieta.....	11
Figura 11: Esquema de fase en una intersección semaforizada.....	12
Figura 12: Tipos de movimientos en una intersección.....	14
Figura 13: Ramales de Intersecciones a Desnivel	17
Figura 14: Tipos de Intersección a desnivel	18
Figura 15: Intercambio de tres ramas tipo trompeta	19
Figura 16: Intercambio de tres ramas tipo T	20
Figura 17: Elementos de intercambio tipo diamante y trébol.....	21
Figura 18: Intercambio de cuatro ramas tipo diamante clásico	22
Figura 19: Modificaciones de Intercambio de cuatro ramas tipo diamante	22
Figura 20: Intercambio tipo trébol parcial	23
Figura 21: Intercambio tipo trébol simétricos de libre circulación	24
Figura 22: Intercambio tipo trébol no simétrico de libre circulación	24
Figura 23: Intercambio de más de cuatro ramas con giros a la izquierda mayores a la capacidad de lazos.....	25
Figura 24: Intercambio de más de cuatro ramas con todos los giros a la izquierda	25
Figura 25: Altura libre H requerida en terreno plano para paso superior e inferior	28
Figura 26: Criterios del nivel de servicio.....	35
Figura 27: Movimiento de tráfico de vehículos y peatones	42
Figura 28: Intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del sistema vial en estudio	64
Figura 29: Puntos e Intersecciones de recolección de datos	87
Figura 30: Puntos e Intersecciones de recolección de datos	88
Figura 31: Punto1; Av. Del Ejército con Calle San Miguel.....	89
Figura 32: Punto 2; Av. Grau con Rampa subida Av. Del Ejercito, Punto 3; Av. Grau con Rampa bajada Av. Ejercito	89
Figura 33: Punto4; Av. Del Ejército con Calle Pera.....	90
Figura 34: Punto5; Av. Del Ejército con Calle General Buendía	90
Figura 35: Punto 6; Av. Del Ejército con Rampa puente Almudena, Punto 7; Av. Del Ejército con Av. Ayahuayco.....	91
Figura 36: Punto 8; Av. Ayahuayco con Calle Nueva Alta	91
Figura 37: Punto 9; Av. Tupac Amaru con Calle Ricardo Palma.....	92
Figura 38: Punto 10; Av. Antonio Lorena con Calle Ricardo Palma	92
Figura 39: Punto 11; Av. Antonio Lorena con Calle Precursores.....	93
Figura 40: Punto 12; Av. Antonio Lorena con Calle Almudena	93
Figura 41: Punto 13; Av. Antonio Lorena con Calle Tambopata	94
Figura 42: Punto 14; Av. Antonio Lorena con Calle Rocopata.....	94
Figura 43: Punto 15; Av. Antonio Lorena con Av. Grau	95
Figura 44: Geometría del Sistema Vial en el Modelo.....	96
Figura 45: Demoras en las Intersecciones del Sistema, Actual 2019	97
Figura 46: Niveles de Servicio en las Intersecciones del Sistema – Actual 2019.....	98
Figura 47: Relación de Saturación v/c en las Intersecciones del Sistema. Actual 2019	99
Figura 48: Día pico am – volúmenes vehiculares a futuro sin impacto vial, año 2039	110
Figura 49: Día pico AM – niveles de servicio a futuro sin impacto vial, año 2039.....	111



Figura 50: Demoras en las intersecciones - Futuro 2039	112
Figura 51: ICU% - índice de Capacidad de las intersecciones – futuro 2039.....	113
Figura 52: Relación de saturación V/C - Futuro 2039	114
Figura 53: Día pico – volúmenes vehiculares a futuro con Conector, año 2039.	118
Figura 54: Día pico – Niveles de Servicio a Futuro con Conector, año 2039.....	119
Figura 55: Día pico – demoras para tráfico a futuro con conector vial, año 2039.	120
Figura 56: Aforo de vehículos en la intersección Av. Grau. – Rampa subida Av. del Ejercito	148
Figura 57: Aforo de vehículos en la intersección Av. Grau. – Rampa subida Av. del Ejército	148
Figura 58: Aforo de vehículos en la intersección Av. Grau – Rampa bajada Del Ejercito	149
Figura 59: Aforo de vehículos en la intersección Av. Del Ejército – Prolongación Calle Pera.	149
Figura 60: Aforo de vehículos en la intersección Av. Del Ejército – Calle Pera.....	150
Figura 61: Aforo de vehículos en la intersección Av. Del Ejército – Calle General Buendía.	150
Figura 62: Aforo de vehículos en la intersección Av. Del Ejército – Prolongación Calle General Buendía	151
Figura 63: Aforo de vehículos en la intersección Av. Del Ejercito – Rampa Puente Almudena.	151
Figura 64: Aforo de vehículos en la intersección Av. Del Ejército – Rampa Puente Almudena.	152
Figura 65: Aforo de vehículos en la intersección Av. Del Ejército – Av. Ayahuayco	152
Figura 66: Aforo de vehículos en la intersección Av. Antonio Lorena – Ca. Almudena.....	153
Figura 67: Aforo de vehículos en la intersección Av. Antonio Lorena – Ca. Almudena.....	153
Figura 68: Toma de datos de los tiempos semafóricos en la intersección Av. Antonio Lorena – Calle Rocopata.....	154
Figura 69: Toma de datos de los tiempos semafóricos en la intersección Av. Antonio Lorena – Calle Tambopata.	154
Figura 70: Toma de datos de los tiempos semafóricos en la intersección Av. Ayahuayco – Calle Nueva Alta.....	155
Figura 71: Toma de datos de la geometría de la vía en la intersección Av. Antonio Lorena – Calle Ricardo Palma.	155
Figura 72: Toma de datos de la geometría de la vía en la intersección Av. Ayahuayco – Calle Nueva Alta.....	156
Figura 73: Toma de datos de la geometría de la vía en la Av. Del Ejercito a la altura del Puente Almudena.	156
Figura 74: Toma de datos de la geometría de la vía en la intersección Av. Del Ejército – Calle Pera.	157
Figura 75: Toma de datos de la geometría de la vía en la intersección Av. Del Ejército – Calle General Buendía.	157
Figura 76: Zona donde se realizó el Levantamiento Topográfico.....	158
Figura 77: Equipos utilizados para el Levantamiento topográfico.....	158
Figura 78: Toma de puntos de la vía Actual	158
Figura 79: Toma de puntos de la vía Actual	158
Figura 80: Toma de puntos de la vía Actual	159
Figura 81: Toma de puntos de la vía Actual	159
Figura 82: Figura de recorrido para el cálculo de tiempos de viaje.....	202
Figura 83: Figura de recorrido para el cálculo de velocidad.....	203
Figura 84: Perfil de tráfico	213
Figura 85: Aforo vehicular Intersección Av. Del Ejército –Ca. San Miguel.....	214
Figura 86: Aforo vehicular Intersección Av. Del Ejército –Ca. San Miguel	215
Figura 87: Aforo vehicular Intersección Av. Grau – Rampa de subida Av. Del Ejército	216
Figura 88: Aforo vehicular Intersección Av. Grau – Rampa de subida Av. Del Ejército	217
Figura 89: Aforo vehicular Intersección Av. Grau – Rampa de bajada Av. Del Ejército	218
Figura 90: Aforo vehicular Intersección Av. Grau – Rampa de bajada Av. Del Ejército	219
Figura 91: Aforo vehicular Intersección Av. Del Ejército – Calle Pera.....	220
Figura 92: Aforo vehicular Intersección Av. Del Ejército – Calle Pera.....	221
Figura 93: Aforo vehicular Intersección Av. Del Ejército – Calle General Buendía	222
Figura 94: Aforo vehicular Intersección Av. Del Ejército – Calle General Buendía	223
Figura 95: Aforo vehicular Intersección Av. Del Ejército – Rampa Puente Almudena	224



Figura 96: Aforo vehicular Intersección Av. Del Ejército – Rampa Puente Almudena	225
Figura 97: Aforo vehicular Intersección Av. Del Ejército – Av. Ayahuayco	226
Figura 98: Aforo vehicular Intersección Av. Del Ejército – Av. Ayahuayco	227
Figura 99: Aforo vehicular Intersección Av. Ayahuayco – Calle Nueva Alta.....	228
Figura 100: Aforo vehicular Intersección Av. Ayahuayco – Calle Nueva Alta	229
Figura 101: Aforo vehicular Intersección Av. Túpac Amaru – Calle Ricardo Palma	230
Figura 102: Aforo vehicular Intersección Av. Túpac Amaru – Calle Ricardo Palma	231
Figura 103: Aforo vehicular Intersección Av. Antonio Lorena – Calle Ricardo Palma	232
Figura 104: Aforo vehicular Intersección Av. Antonio Lorena – Calle Ricardo Palma	233
Figura 105: Aforo vehicular Intersección Av. Antonio Lorena – Calle Precursores	234
Figura 106: Aforo vehicular Intersección Av. Antonio Lorena – Calle Precursores	235
Figura 107: Aforo vehicular Intersección Av. Antonio Lorena – Calle Almudena	236
Figura 108: Aforo vehicular Intersección Av. Antonio Lorena – Calle Almudena	237
Figura 109: Aforo vehicular Intersección Av. Antonio Lorena – Calle Tambopata.....	238
Figura 110: Aforo vehicular Intersección Av. Antonio Lorena – Calle Tambopata	239
Figura 111: Aforo vehicular Intersección Av. Antonio Lorena – Calle Rocopata	240
Figura 112: Aforo vehicular Intersección Av. Antonio Lorena – Calle Rocopata	241
Figura 113: Aforo vehicular Intersección Av. Antonio Lorena – Av. Grau	242
Figura 114: Aforo vehicular Intersección Av. Antonio Lorena – Av. Grau	243
Figura 115: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	244
Figura 116: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	245
Figura 117: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	246
Figura 118: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	247
Figura 119: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	248
Figura 120: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	249
Figura 121: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	250
Figura 122: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	251
Figura 123: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	252
Figura 124: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	253
Figura 125: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	254
Figura 126: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	255
Figura 127: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	256
Figura 128: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	257
Figura 129: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	258
Figura 130: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	259
Figura 131: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	260
Figura 132: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	261
Figura 133: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	262
Figura 134: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	263
Figura 135: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	264
Figura 136: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	265
Figura 137: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	266
Figura 138: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	267
Figura 139: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	268
Figura 140: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	269
Figura 141: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	270
Figura 142: Reporte de Volúmenes, carriles y tiempos (Actual -2019).....	271
Figura 143: Reporte de volúmenes, carriles y tiempo (futuro sin proyecto - 2039).....	272
Figura 144: Reporte de volúmenes, carriles y tiempo (futuro sin proyecto - 2039)	273
Figura 145: Reporte de volúmenes, carriles y tiempo (futuro sin proyecto - 2039).....	274
Figura 146: Reporte de volúmenes, carriles y tiempo (futuro sin proyecto - 2039).....	275
Figura 147: Reporte de volúmenes, carriles y tiempo (futuro sin proyecto - 2039).....	276
Figura 148: Reporte de volúmenes, carriles y tiempo (futuro sin proyecto - 2039).....	277
Figura 149: Reporte de volúmenes, carriles y tiempo (futuro sin proyecto - 2039).....	278
Figura 150: Reporte de volúmenes, carriles y tiempo (futuro sin proyecto - 2039).....	279



CAPÍTULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

En la actualidad es usual encontrar problemas de embotellamientos y colas de vehículos a lo largo de la Av. del Ejército – Cusco - Cusco, el tráfico transversal genera demoras innecesarias, ya que esta avenida sirve de acceso para los sectores comerciales de San Pedro y de Santiago. Los vehículos que ingresan a la ciudad se ven obstruidos en su circulación a lo largo de esta ruta.

Lista de calles que inciden en la congestión de la avenida del Ejército, las cuales serán objeto de estudio:

- Av. Del Ejército con Ca. San Miguel.
- Av. Grau con Rampa subida Av. Del Ejército.
- Av. Grau con Rampa bajada Av. Del Ejército.
- Av. Del Ejército con Ca. Pera.
- Av. Del Ejército con Ca. General Buendía.
- Av. Del Ejército con Rampa Puente Almudena.
- Av. Del Ejército con Av. Ayahuayco.
- Av. Ayahuayco con Ca. Nueva Alta.
- Av. Túpac Amaru con Ca. Ricardo Palma.
- Av. Antonio Lorena con Ca. Ricardo Palma.
- Av. Antonio Lorena con Ca. Precursores.
- Av. Antonio Lorena con Ca. Almudena.
- Av. Antonio Lorena con Ca. Tambopata
- Av. Antonio Lorena con Ca. Rocopata.
- Av. Antonio Lorena con Av. Grau

Es necesario plantear soluciones para la continuidad de esta vía y secciones viales ininterrumpidas para garantizar la fluidez de la movilidad al exterior de la ciudad del Cusco. El transporte interurbano se ve afectado por la carencia de conectividad a un corredor vial de capacidad como Av. del Ejército, el que puede albergar suficiente cantidad de vehículos en hora punta.

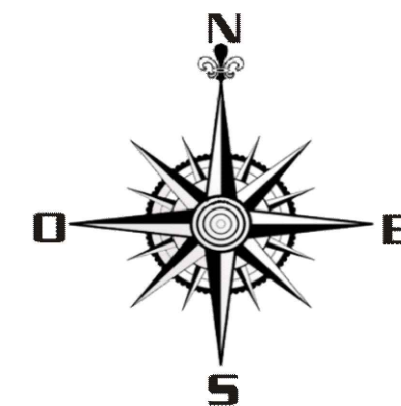


1.1.1.1. Ubicación Geográfica:

La tesis actual tiene como zona geografica de impacto toda la Avenida del Ejército donde ubicamos las intersecciones críticas que son objeto de estudio a lo largo de la Av. Del Ejercito.

La investigación se hará explícitamente en:

- Departamento: Cusco.
- Provincia: Cusco.
- Distrito: Cusco.



LEYENDA

AV. ANTONIO LORENA ———

AV. DEL EJERCITO ———

INTERSECCION

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

TESIS: "ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LA AVENIDA EL EJERCITO Y PROPUESTA DE CONTINUIDAD VIAL HACIA LA CARRETERA NACIONAL CUSCO-ABANCAY EN EL SECTOR SIPASPUQUIO".

IMAGEN: **AREA DE INFLUENCIA DE LA TESIS**

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO: CUSCO
 PROVINCIA : CUSCO
 DISTRITO : CUSCO

TESISTA 1: **BACH. HOLGUER FERNANDEZ HUAMAN**

TESISTA 2: **BACH. JOAQUIN RICALDE PERALTA**

ESCALAS : INDICADAS

FECHA: OCTUBRE DEL 2019

REVISADO VºBº: _____

Figura 1: Área de influencia de la Tesis
 Fuente: Google Earth



1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema:

1.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema General

¿Cuál es la capacidad vial y niveles de servicio de la Av. del Ejército?

1.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos

Problema específico N°1: ¿Cómo varían las Condiciones de tráfico que influyen en la capacidad vial de la Av. del Ejército, aplicando la metodología del HCM 2010?

Problema específico N°2: ¿Cómo varía la capacidad vial y niveles de servicio de la Av. del Ejército con respecto a la geometría de la vía con la propuesta planteada?

Problema específico N°3: ¿Cuál es el estado de las Condiciones semafóricas que influyen en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas de la Av. del Ejército?

Problema específico N°4: ¿Cuál es la diferencia de los tiempos de viaje para la situación actual y la propuesta de solución a la conectividad de la Av. del Ejército hacia la carretera Cusco-Abancay?

Problema específico N°5: ¿Cuál es la relación de congestión Volumen/Capacidad de las intersecciones de la Av. del Ejército antes y después de la propuesta de solución?

Problema específico N°6: ¿Cuál es la velocidad promedio en los tramos de la vía Av. del Ejército?

1.2. Justificación e Importancia de la Investigación:

1.2.1. Justificación Técnica

Aplicando la metodología que nos ofrece el HCM, las aportaciones técnicas de esta investigación serán:

- Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas en estudio y comparación con el nivel de servicio y capacidad de la infraestructura vial a desnivel.
- Determinación del diseño de infraestructura vial en la Av. Del Ejército.



- Redistribución del uso de carriles y continuidad hacia la carretera nacional Cusco – Abancay, para que los usuarios ahorren en tiempo de viaje.
- Evaluar opciones de mejora para un proyecto nuevo.

1.2.2. Justificación Social

El transportista que se mueve por esta vía no se beneficia de las condiciones actuales, necesita disminuir sus tiempos de movimiento para llegar a su meta en menos tiempo, disminuir el ritmo de los percances que se crean en estas calles y disminuir la presión provocada por el atasco que se produce en horas y días críticos. Esto implica que las calles investigadas pueden darle una administración de vehículos superior.

1.2.3. Justificación por Viabilidad

La presente investigación es factible porque contamos con los siguientes datos:

- Se tiene acceso a la zona de investigación.
- La metodología del HCM y Synchro están al alcance y disposición de cualquier operario.
- Nos encontramos predispuestos a realizar esta investigación por ser un aporte a la colectividad.

1.2.4. Justificación por Relevancia

El tema de la investigación actual es vital a la luz del hecho de que los puntos de cruce a considerar están entre los más concurridos de la ciudad de Cusco debido a que es una zona excepcionalmente comercial, y donde ocurren ciertos problemas de circulación. Así, cuando conozcamos el nivel de servicio y la capacidad vial, propondremos respuestas, orientaciones y reglas que eleven y propicien la ordenación y estructuración de los nuevos proyectos.

1.3. Limitaciones de la Investigación

1.3.1. Limitaciones por Espacio:

La presente investigación y análisis lo realizamos en las intersecciones ubicadas en el sistema vial de la Avenida del Ejército y algunas intersecciones que se relacionan



directamente con dicha avenida, en la provincia del Cusco, departamento del Cusco:

- Av. Del Ejército con Ca. San Miguel.
- Av. Grau con Rampa subida Av. Del Ejército.
- Av. Grau con Rampa bajada Av. Del Ejército.
- Av. Del Ejército con Ca. Pera.
- Av. Del Ejército con Ca. General Buendía.
- Av. Del Ejército con Rampa Puente Almudena.
- Av. Del Ejército con Av. Ayahuayco.
- Av. Ayahuayco con Ca. Nueva Alta.
- Av. Túpac Amaru con Ca. Ricardo Palma.
- Av. Antonio Lorena con Ca. Ricardo Palma.
- Av. Antonio Lorena con Ca. Precusores.
- Av. Antonio Lorena con Ca. Almudena.
- Av. Antonio Lorena con Ca. Tambopata
- Av. Antonio Lorena con Ca. Rocopata.
- Av. Antonio Lorena con Av. Grau

1.3.2. Limitaciones por Tiempo:

Observando una cuestión tan obvia en el atasco de la hora punta como es el atasco de vehículos, las bajas velocidades de circulación, los cuellos de botella en las intersecciones a estudiar, debido al incremento del flujo de vehículos y el mayor porcentaje de vehículos ligeros y pesados, la investigación de análisis de capacidad vial y niveles de servicio debe hacerse cada año, es importante hacer referencia a que las tasas extraordinarias de incremento y variación de la capacidad vial y niveles de servicio en dichas vías.

1.3.3. Limitaciones por datos:

La ausencia de información actualizada con respecto a los volúmenes de tránsito. La información adquirida en esta investigación superó la información obtenida con la ayuda de estrategias topográficas y fotogramétricas y se completó el trabajo de campo, por ejemplo, los aforos manuales en campo y los inventarios de la información obtenida en los semáforos.

No se está considerando aforos peatonales por la cantidad de intersecciones que se está manejando.

No se está considerando en los aforos las motocicletas.



1.3.4. Limitaciones por Fuente de Base:

En nuestro país no existe una metodología diseñada para obtener los niveles de servicio y capacidad vial, por lo que se utiliza la metodología establecida por el North American Highway Capacity Manual (HCM 2010), ya que es la recomendada por el manual de diseño geométrico 2018.

1.3.5. Limitaciones por especialidad:

Nuestra tesis se limita a un análisis operacional y de demanda vehicular, por lo cual no se considera un análisis estructural ni geológico.

1.4. Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Analizar la capacidad vial y niveles de servicio de la Av. del Ejército antes y después de la propuesta de solución.

1.4.2. Objetivos Específicos

Objetivo Específico N°1: Determinar cómo varían las condiciones de tráfico que influyen en la capacidad vial de la Av. del Ejército, aplicando la metodología del HCM 2010.

Objetivo Específico N°2: Determinar cómo varía la capacidad vial y niveles de servicio de la Av. del Ejército con respecto a la geometría de la vía.

Objetivo Específico N°3: Determinar el estado de las Condiciones semafóricas que influyen en la capacidad vial de las intersecciones semaforizadas de la Av. del Ejército.

Objetivo Específico N°4: Determinar cuál es la diferencia de los tiempos de viaje para la situación actual y la propuesta de solución a la conectividad de la Av. del Ejército hacia la carretera Cusco-Abancay.

Objetivo Específico N°5: Determinar cuál es la relación de congestión Volumen/Capacidad de las intersecciones de la Av. del Ejército antes y después de la propuesta de solución.

Objetivo Específico N°6: Determinar cuál es la velocidad en los tramos de la Av. Del Ejército.



CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO DE LA TESIS

2.1. Antecedentes de la Tesis

2.1.1. Antecedentes a Nivel Local

Análisis de la Capacidad vial y nivel de servicio de la carretera de San Sebastián

– Ccorao de la provincia del Cusco – Cusco

- AUTOR: Carlos Fernando, Sánchez Acurio / Cristian Gustavo, Gutiérrez Medina
- AÑO: Cusco, 2017
- UNIVERSIDAD: Universidad Andina del Cusco

- RESUMEN: “El presente estudio tiene como fin analizar la capacidad vial y nivel de servicio de la vía que conecta el distrito de San Sebastián, con los centros poblados de Ticapata, Pumamarca y el abra de Ccorao. Para realizar el estudio se requiere la metodología del HCM 2010. La carretera en estudio, tiene un tiempo de servicio relativamente corto desde su puesta en funcionamiento alrededor de 5 años, lo que significa que no debería presentar problemas mayores sino más bien deberá cumplir con los niveles de servicio y capacidad vial que debe tener como mínimo una vía de este tipo; para esto es de vital importancia el trabajo de campo realizado con los aforos vehiculares para determinar las velocidades así como volúmenes de tránsito, y el uso de formatos de inventario vial proporcionados por el MTC son necesarios para recolectar los datos”. (Carlos Fernando, 2017).

APORTE: La tesis actual nos hace conscientes de que hay calles en la ciudad del Cusco que no cumplen con el límite y nivel de servicio para el que han sido estructuradas y esto es así mismo por la expansión del parque automotor a lo largo de los años, es por lo tanto que recalamos esta propuesta ya que nos revela que nuestras calle bajo investigación tendrá problemas de bloqueo a lo largo de los años, En la propuesta actual era concebible decidir las cualidades del tráfico y los atributos físicos actuales cumplen las condiciones de trabajo, sin embargo en una



circunstancia de equilibrio de corte, con límites de calle en la Sección I y II de 986 vehículos/hora y en la Sección III de 841. 5 vehículos/h, que se encuentran por debajo del límite esencial de la calle (3200 vehículos/h); y un nivel de servicio E en los tres segmentos, además por debajo del nivel de servicio perfecto (A).

2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional

Estudio de Impacto vial para escuelas en zonas urbanas de Lima Metropolitana

- AUTOR: Arias moreno, Prissil Estefania / Valdiviezo Peralta, Victor Manuel
- AÑO: Lima, 2014
- UNIVERSIDAD: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- RESUMEN: “Describe y analiza etapas las distintas etapas de un Estudio de Impacto Vial para escuelas de estudios superiores; así como, desarrollar un modelo siguiendo los procedimientos estandarizados por el Highway Capacity Manual 2000 (HCM2000) y el Trip Generation Manual. Además se hace uso del Reglamento del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y los Reglamentos de la Municipalidad de Lima Metropolitana”. (Arias Moreno, 2014)
- APORTE:
La investigación confirma que con la progresión del tiempo las vías soportarán la angustia por el crecimiento de los vehículos y la construcción de la escuela en la zona. Para disminuir la obstrucción en este punto de cruce, es importante aumentar la cantidad de carriles existentes de 2 a 4 en el acceso occidental ya que este es el más básico, a pesar de mejorar el ciclo actual.



2.1.3. Antecedentes a Nivel Internacional

Análisis de las intersecciones semaforizadas de la avenida Huayna-Capac entre avenida doce de abril y calle mariscal Lamar.

- AUTOR: Amoroso Farfan Mauricio Alejandro / Hernilla Coello Pedro Andres.
- AÑO: Ecuador, 2012
- UNIVERSIDAD: Universidad de Cuenca de la ciudad de Cuenca.

- RESUMEN: “En el presente estudio se detalla el proceso de investigación del análisis de la vía Loja Vilcabamba , en el tramo Loja –Landangui , con el fin de determinar su capacidad y nivel de servicio , aplicando la metodología propuesta por el Highway Capacity Manual 2000 , se escogió la vía que conecta la ciudad de Loja con las ciudades de Vilcabamba y Malacatos , esta vía presenta una gran cantidad de flujo vehicular debido a que son unos de los principales puntos de atracción turística en la provincia de Loja”. (Pedro, 2012)

- APORTE:
La investigación muestra que en las convergencias de la Av. Huayna Cápac, Av. Doce de abril y la calle Mariscal Lamar, los volúmenes de tráfico en la calle Huayna Cápac son significativamente altos, en contraste con el cruce de vías. Como lo indica la investigación del nivel de servicio de la Av. Principal, se puede observar muy bien que las demoras en las situaciones se deben a que los vehículos no supieron cómo pasar ese cruce y de esta manera los vehículos que aparecen de la anterior intersección sienten un aplazamiento extra producido por los vehículos sobrantes. Posteriormente, el nivel de servicio disminuye. En la ciudad de Cuenca hay semáforos que son promulgados por el tráfico, sin embargo, sólo en el centro histórico, que es perfecto toda la mayoría de las intersecciones.



2.2. Aspectos Teóricos Pertinente

2.2.1. Definición de la Infraestructura vial

Es todo el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos en forma confortable, segura y eficiente desde un punto a otro en un sistema vial.

Debido a la estructura de la calle, los análisis se basan comúnmente en el momento de máxima demanda, cuando se producen los volúmenes de tráfico más elevados del día. Este período se relaciona normalmente con los niveles de servicio mas bajos, representados por los aplazamientos más elevadas en las intersecciones y, en general, por los estados de operaciones más críticos del día.(Rafael Cal y Mayor R., 2016)

2.2.2. Clasificación de Vías

El marco de agrupación propuesto es apropiado para una amplia gama de calles abiertas de terrenos urbanos, independientemente de que se trate de carriles, jirones, carreteras, vías, plazas, rompeolas, paseos, destinados al tráfico de vehículos, individuos, así como productos; habiendo pensado en las medidas de acompañamiento:

- Funcionamiento de la red vial
- Tipo de tráfico que soporta
- Uso del suelo colindante (acceso a los lotes urbanizados y desarrollo de establecimientos comerciales)
- Espaciamiento (considerando a la red vial en su conjunto)
- Nivel de servicio y desempeño operacional
- Características físicas
- Compatibilidad con sistemas de clasificación vigentes.

La caracterización recibida piensa en cuatro clases fundamentales: Vías expresas, arteriales, colectoras y calles del vecindario. Existe igualmente una clasificación extra llamada "vías especiales" en la que se consideran incluidas.



Aquellos que, debido a sus particularidades, no pueden ser absorbidos a las clasificaciones primarias.

El orden de una calle, al estar relacionado con su utilidad y el trabajo que debe desempeñar en la organización de la calle urbana, infiere en sí mismo el fundamento de los límites pertinentes para el plan, por ejemplo:

- Velocidad de diseño
- Características básicas del flujo que transitara por ellas
- Control de accesos y relaciones con otras vías
- Número de carriles
- Servicio a la propiedad adyacente
- Compatibilidad con el transporte público
- Facilidades para el estacionamiento y la carga y descarga de mercaderías. (Chavez loaiza, 2005)

2.2.2.1. Vías expresas

Función: Las vías exprés establecen la conexión entre el marco interurbano y el marco de las calles urbanas, sirviendo en su mayor parte para el viaje (inicio y meta inaccesibles entre sí). Interactúan con zonas de alta densidad de tráfico que transportan grandes volúmenes de vehículos, con un curso rápido y condiciones de baja disponibilidad.

Fomentan la portabilidad ideal para el tráfico directo. No se permite la parada, el vaciado de productos y el tráfico de transeúntes en su recorrido. Este tipo de calles también han sido designadas como "autopistas".

Características del flujo: En esta vía la corriente es continua, a la luz del hecho de que no hay intersecciones a un nivel similar con cursos diferentes, pero sólo a varios niveles en edificios excepcionalmente estructurados.



Tipos de vehículos: Las calles rápidas normalmente transportan vehículos pesados, cuyo tráfico es considerado por el diseño geométrico correspondiente. Para el transporte abierto de viajeros, se permiten las administraciones de transporte, idealmente en caminos aislados y la utilización de paradas adecuadamente estructuradas en los comercios. (Chavez loaiza, 2005)

2.2.2.2. Vías arteriales:

Función: Las vías arteriales permiten el tráfico vehicular, con una facilidad media o alta, una apertura baja y una coordinación relativa con el uso de la zona que abarca. Estas calles deben incorporarse al marco de la calle expresa y tener en cuenta una apropiación y difusión decente del tráfico a las calles de la autoridad y a las calles cercanas. No se permite la parada y el vaciado de productos.

Características del flujo: En estas calles, los cortes en la progresión del tráfico deben mantenerse alejados. En las convergencias en las que las señales de tráfico están cerca, deben estar sincronizadas para limitar la obstrucción a la corriente inmediata.

La gente a pie debe cruzar sólo en las convergencias o en los cruces peatonales excepcionalmente estructurados. Las paradas para viajar tendrán como objetivo limitar la impedancia con la progresión del tráfico directo.

Se pueden planear rutas de giro adicionales en los puntos de cruce para ampliar el límite.

Tipos de vehículos: Las calles arteriales son utilizadas por una amplia gama de tráfico vehicular. Un pequeño nivel de vehículos pesados se concede.

Se sugiere que estas calles tengan vías de asistencia lateral para el acceso a las propiedades. (Chavez loaiza, 2005)

2.2.2.3. Vías colectoras:

Función: Las calles colectoras sirven para transportar el tráfico de las calles cercanas a las calles arteriales, de vez en cuando, para comunicar las calles cuando no es posible conectar a través de las calles arteriales. Sirven tanto para el tráfico como para las propiedades cercanas.



Características del flujo: La progresión del tráfico se ve obstaculizada de vez en cuando por los puntos de cruce de las señales de tráfico, cuando se encuentran con las calles arteriales y con controles sencillos, con señales planas y verticales, cuando convergen con las calles de los barrios. La salida de vehículos se hace en estas calles en regiones contiguas.

Tipos de vehículos: Las calles colectoras son utilizadas por una amplia gama de tráfico de vehículos. En los territorios comerciales e industriales hay altas tasas de camiones. Para el marco del transporte, se pueden planificar paradas excepcionales, así como caminos de desvío adicionales. (Chavez loaiza, 2005)

2.2.2.4. Vías locales

Función: Son aquellos cuya capacidad fundamental es dar acceso a los locales o partes, transmitiendo sólo su propio viaje, producido tanto dentro como fuera.

Tipos de vehículos: Los vehículos ligeros y a veces medianamente importantes pasan por ellos; se permite la salida de vehículos y hay un tráfico ilimitado de transeúntes. Las calles cercanas se asocian entre sí y con las calles de los recolectores. (Chavez loaiza, 2005)

2.2.2.5. Vías de diseño especial

Cada uno de ellos tiene cualidades que no se ajustan al orden establecido anteriormente.

Se puede mencionar, sin carácter restrictivo los siguientes tipos:

- Vías peatonales de acceso a frentes de lote
- Pasajes peatonales
- Malecones
- Paseos



- Vías que forman parte de parques, plazas o plazuelas
- Vías en túnel que no se adecuan a la clasificación principal

(Chavez loaiza, 2005)

La tabla adjunta resume las caracterizaciones básicas y los límites de configuración a los que se ha hecho referencia anteriormente.

Tabla 1: Parámetros de diseño vinculado a la clasificación de vías urbanas

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 80 y 100 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 40 y 80 km/h Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclo vías	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclo vías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.



Control de Accesos y Relación con otras vías	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el Área Central de la ciudad, a través de vías auxiliares.	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solas señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.
Número de carriles	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
Servicio a propiedades adyacentes	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su
Servicio de Transporte público	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado deber desarrollarse por buses, preferentemente en "Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se " da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido
Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías	No permitido salvo en emergencias.	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente

Fuente: (Chavez loaiza, 2005)



2.2.3. Usuarios de la Vía

Antes de abordar cualquier aumento, es útil y está inequívocamente prescrito acumular toda la información que pueda ser sensatamente normal sobre sus receptores o clientes finales para adaptar lo que se espera de ellos a sus necesidades.

En esta circunstancia, el conductor es sin duda el segmento básico de un asombroso sistema compuesto por personas, vehículos y carreteras llamado tráfico; no hay que desconocer la importancia del vehículo, instrumento que sirve de mediador entre el conductor y la carretera, ni tampoco la asociación de una tercera parte tan frágil como el transeúnte. (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

2.2.3.1. El conductor

En realidad, podría ser retratado como el sujeto que trabaja la parte controladora o está en la solicitud de un vehículo. Utilizando términos más razonables, se podría afirmar que el conductor es el cerebro del vehículo.

Depende de él; cuando ha construido su objetivo - la elección de algún curso para llegar a él, así como la velocidad con la que irá cada segundo. Es esencial hacer una combinación de estos componentes, estableciendo una petición que aparece en la tabla adjunta:

Tabla 2: Factores que afectan al conductor

FACTORES INTERNOS	Psicológicos	<ul style="list-style-type: none"> - Motivación - Experiencia - Personalidad - Estado de ánimo
	Físicos	<ul style="list-style-type: none"> - Vista - Adaptación lumínica - Altura del ojo - Otros sentidos
	Psicosomáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Cansancio - Sexo - Edad
FACTORES EXTERNOS	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo (meteorológico) Uso del suelo Tráfico Características de la vía Estado del firme 	

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)



2.2.3.2. El Vehículo

El vehículo es la asociación entre el conductor que lo conduce y la carretera que lo contiene, por lo que el examen de sus atribuciones y su conducta es básico. Los vehículos fabricados hoy en día se preparan para usos totalmente inesperados, por lo que sus características cambian dentro de una amplia gama de formas, tamaños y cargas. (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

2.2.3.2.1. Tipos de vehículos:

El manual de diseño geométrico de carreteras DG 2018 clasifican los vehículos en vehículos ligeros y pesados:

Vehículos ligeros:

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías:

- L : (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas)
- M 1 : (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

Características:

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no influyen en el proyecto, aparte de una calle no utilizada por los camiones, lo que es improbable en el proyecto de la calle. Como una especie de perspectiva, se hace referencia a las mediciones delegadas de vehículos de causa norteamericana, en su mayoría más grandes que las del resto de los fabricantes de vehículos:

- Ancho: 2,10 m.
- Largo: 5,80 m.



A fin de calcular las separaciones de perceptibilidad que se detienen y superan, es importante caracterizar las diferentes estaturas, relacionadas con los vehículos ligeros, para cubrir las circunstancias más positivas en cuanto a la visibilidad.

h: altura de los faros delanteros: 0,60 m.

h1: altura de los ojos del conductor: 1,07 m.

h2: altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0,15 m.

h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.

hs: altura del techo de un automóvil: 1,30 m

2.2.4. Intersecciones Viales

Los puntos de cruce son componentes de la rotura en cualquier organización callejera, por lo que hablan de circunstancias básicas que deben ser atendidas explícitamente, ya que los movimientos de entrecruzamiento, diferencia o intersección no son básicos en la mayoría de los recorridos. (MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS, 2005)

2.2.4.1. Tipos de Intersecciones Viales

Existen 2 tipos fundamentales de solución a estos problemas que es la intersección a nivel e intersección a desnivel (enlace).

Lo que importa es que en las convergencias la intersección se hace a nivel, los ejes de las diferentes vías se cortan en un punto determinado; en las desviaciones la intersección se hace a varios niveles, atrapando para esta situación en las proyecciones planas de los ejes.

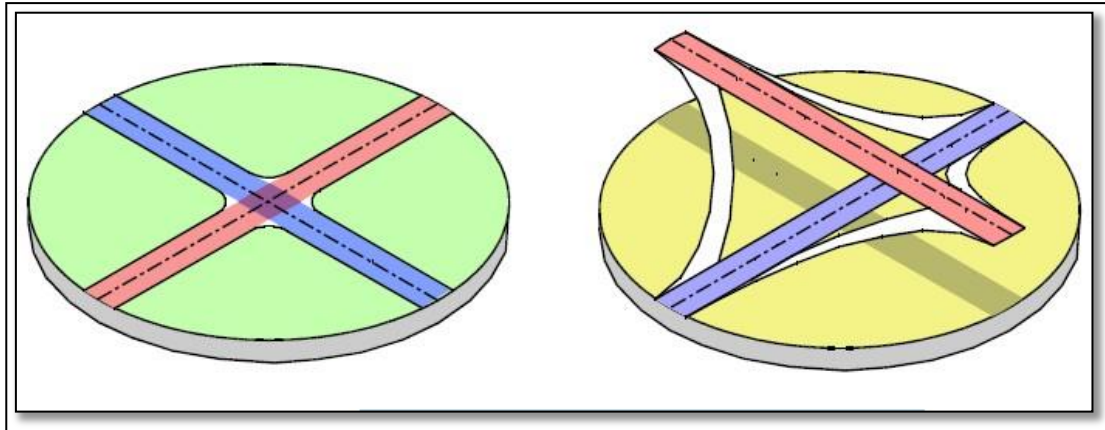


Figura 2: Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

2.2.4.1.1. Intersecciones a Nivel

Es una respuesta de diseño geométrico a nivel, para hacer concebible la intersección de al menos dos calles o con ferrocarriles, que contienen zonas normales o compartidas que incorporan las calles, todo junto para que los vehículos puedan comprender todos los desarrollos vitales de los cambios de dirección.

Las intersecciones a nivel son componentes de la irregularidad, ya que hablan de circunstancias básicas que requieren un tratamiento explícito, contemplando que los movimientos de combinación, diferencia o intersección no son comunes en la gran mayoría de los cursos. Los pasos a nivel deben contener los estados más ideales de seguridad, perceptibilidad y límite. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

a) Criterios de diseño:

La mejor respuesta para una intersección de niveles es la menos compleja y más segura posible. Esto implica que cada caso debe ser tratado con cautela, utilizando todos los componentes accesibles (ensanches, islas o islotes, caminos auxiliares, etc.), con el modelo de evadir movimientos problemáticos o arriesgados y cursos superfluos. En este ciclo, es importante asumir como preocupación principal las medidas generales de acompañamiento:



- **Criterios generales**

Preferencia de los movimientos más importantes. En el plano se deben indicar las calles fundamentales y auxiliares para decidir la preferencia y las restricciones del tráfico de vehículos.

Reducción de las áreas de conflicto. En los puntos de paso a nivel, no deben preverse enormes territorios despejados, ya que instigan a los vehículos y a las personas a pie a realizar acontecimientos caprichosos y a desorganizarse, con el consiguiente riesgo de que se produzcan percances.

Perpendicularidad de las intersecciones. Los puntos de cruce del borde derecho en su mayor parte dan el mejor bienestar, ya que permiten una mejor percepción para los conductores y se añaden a la disminución de los accidentes de coche.

Separación de los movimientos. En el momento en que la configuración del proyecto lo requiera, la convergencia de niveles se equipará con vías de dirección única (vías de aceleración o desaceleración), para la partición del desarrollo de los vehículos.

Visibilidad. La velocidad de los vehículos que entran en la intersección debe limitarse por la percepción, en cualquier caso, al llegar a un punto muerto. Entre el lugar donde el conductor puede ver otro vehículo con opción de proceder y el propósito de la contención, debe haber en cualquier caso la separación de parada

Canalización y puntos de giro. A pesar de la suficiente señalización horizontal y vertical, como indican las directrices actuales, la dirección y el plan de ajuste de las curvas de alcance, se suman a la directriz de la velocidad del tráfico en un punto de paso a nivel. De igual manera, la canalización se mantiene alejada de los giros en focos mal diseñados, utilizando islas apartadas en el asfalto o con sardineles, que ofrecen un bienestar más notable. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

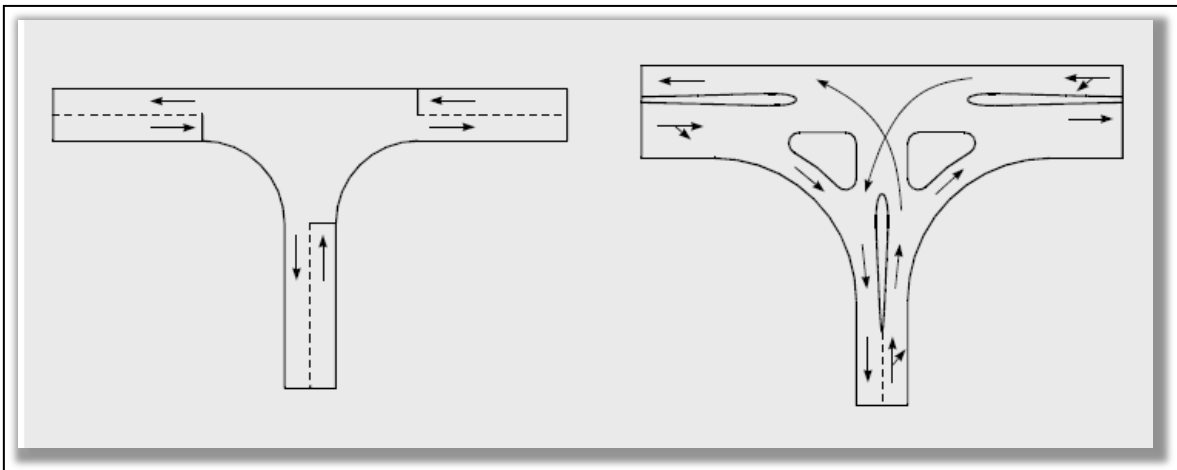


Figura 3: Intersección sin canalizar y canalizada

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

- **Consideraciones del tránsito**

Las contemplaciones primarias del tránsito que condicionan la decisión de la respuesta para recibir, son las siguientes:

Volúmenes de tránsito, que se unen en una convergencia, su apropiación y la proyección de movimientos potenciales, para decidir las capacidades de planificación de sus componentes.

La composición de los flujos por tipo de vehículo, sus velocidades de operación y las peculiaridades de sus interacciones mientras utilizan el dispositivo.

Su relación con el tránsito peatonal y de vehículos menores, así como con estadísticas de accidentes de tránsito. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

- **Demanda y modelación**

La demanda es la variable de tráfico más significativa en el diseño de una intersección, ya que el límite posterior de ese plan debe cumplirla. De ello se deduce el dimensionamiento en términos geométricos y básicos de sus unidades constitutivas, la actividad de los semáforos si existe tal componente de control y su coordinación.



El cumplimiento de la demanda, debe pensar en las condiciones actuales y su proyección al tiempo de diseño del proyecto, para que cumpla con el grado de administración y el flujo vehicular, en congruencia con la normativa vigente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

- **Elección del tipo de control**

El diseño de las intersecciones a nivel decidirá el tipo y las cualidades de los componentes de señalización y de los aparatos de semáforo que se entregarán, a fin de fomentar el tráfico de vehículos y personas a pie.

El indicado diseño debe tener en consideración los siguientes factores:

- Tránsito en la vía principal
- Tránsito en la vía secundaria incidente.
- Tiempos de llegada y salida de los vehículos en ambas vías (intervalo crítico).

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

b) Elementos canalizadores y reguladores

Hay varios componentes que gestionan y canalizan el acceso y el flujo en una intersección. Entre los actuales, destacan dos de ellos: las islas o componentes de desvío, y las señales de tráfico o componentes de gestión.

- **Isletas:**

Las islas se encuentran en torno a zonas caracterizadas, situadas entre carreteras, destinadas a dirigir el desarrollo de los vehículos y a servir de asilo inevitable para las personas a pie.

Su materialización puede realizarse de dos formas:

- **Mediante marcas viales pintadas sobre el pavimento:**

Este arreglo es el más conservador, pero no habla de ningún tipo de límite para los vehículos, que pueden atacarlo con absoluta oportunidad.



- **Mediante elevaciones de la superficie:**

Moldeando auténticas "islas" rodeadas de asfalto. Esta altura es un impedimento para el tráfico callejero, dirigiéndolo adecuadamente al no permitir su invasión de manera efectiva, y además sirviendo de asilo para los caminantes que al final cruzan la calle.

Funcionalmente, existen tres tipos de isletas:

- **Isletas separadoras o divisorias:**

Se propone aislar las cabezas de flujo equivalentes o inversas. Fomentan y solicitan los giros principales.

- **Isletas de encauzamiento:**

Su principal misión es controlar y dirigir las distintas trayectorias que los vehículos pueden realizar en la intersección. También se utilizan para delimitar superficies en las que debe impedirse la circulación.

- **Refugios:**

Infraestructura destinados a asegurar a los caminantes, normalmente utilizados por razones de bienestar en tramos exorbitantemente amplios. Su ancho de base debe ser de 1 m. Es más, su longitud en cualquier caso dobla el ancho de la persona a pie que cruza. (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

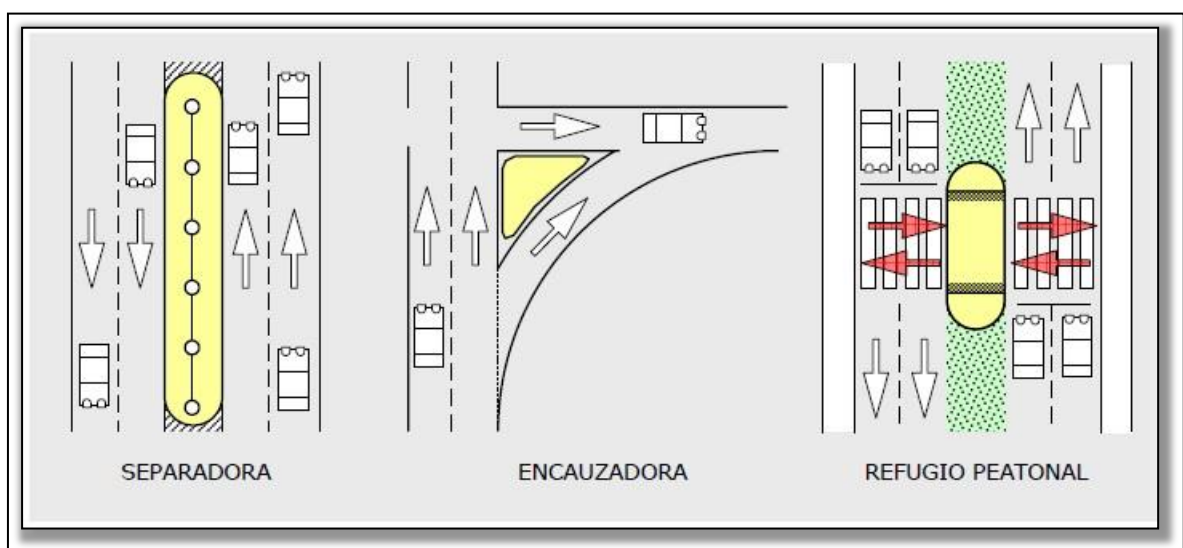


Figura 4: Tipos de isletas

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

○ **Semáforos:**

Los semáforos son los componentes administrativos del tráfico más importantes en las regiones metropolitanas, a pesar de que su utilización puede cobrar importancia en las calles, en particular en los puntos de cruce cercanos a los focos de población. En cada uno de los accesos al punto de cruce, en cualquier caso, se pone un semáforo en cuya cabeza aparecen tres luces: roja, dorada y verde que se encienden progresivamente y de forma organizada. (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

c) Tipología de intersecciones a nivel

Una intersección se agrupa predominantemente en función de su estructura (número de ramas que se unen a ella) la topografía, significado del tráfico y el tipo de administración requerida o forzada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

• **Intersecciones según su composición:**

Los tipos de intersecciones generalmente están marcados por el número de ramas que esta tiene, es así que se tienen los siguientes tipos:

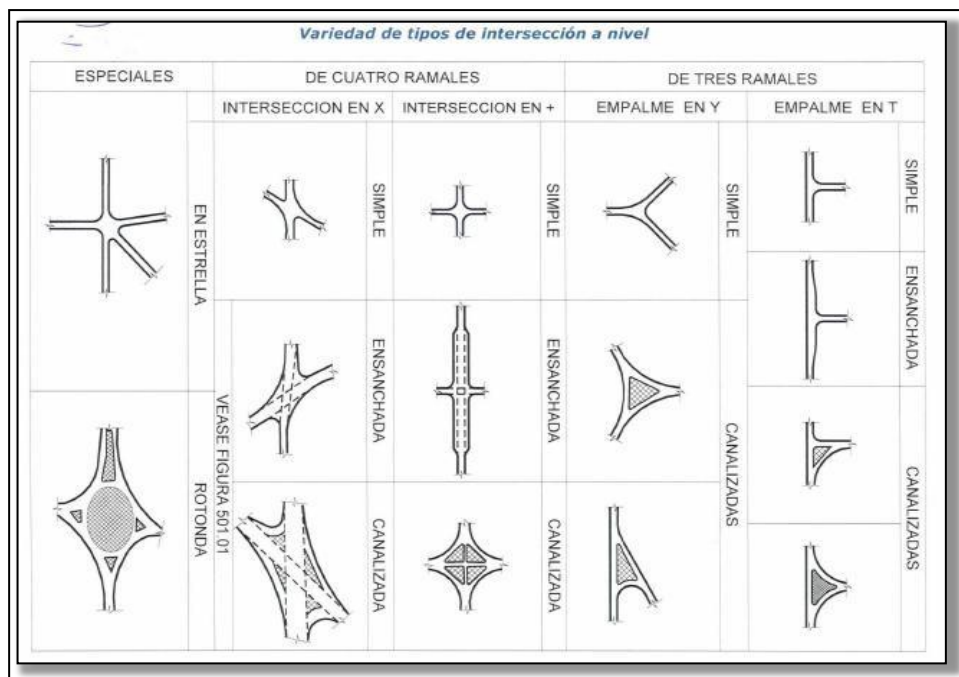


Figura 5: Tipos de intersecciones a nivel

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018)



I. Intersecciones de 3 ramales

Este tipo de intersecciones se utiliza para el objetivo de resolución entre las calles primarias y opcionales, siendo las últimas consumidas por las anteriores. Debido a su curso de acción geométrica en el plan, dos tipos están obviamente separados:

Intersecciones en T: Las ramas concuerdan en encuadrar bordes más mayores que 60° , en otras palabras, con rodamientos razonablemente opuestos.

Intersecciones en Y: Al menos uno de los ángulos formados entre los ramales es menor de 60°

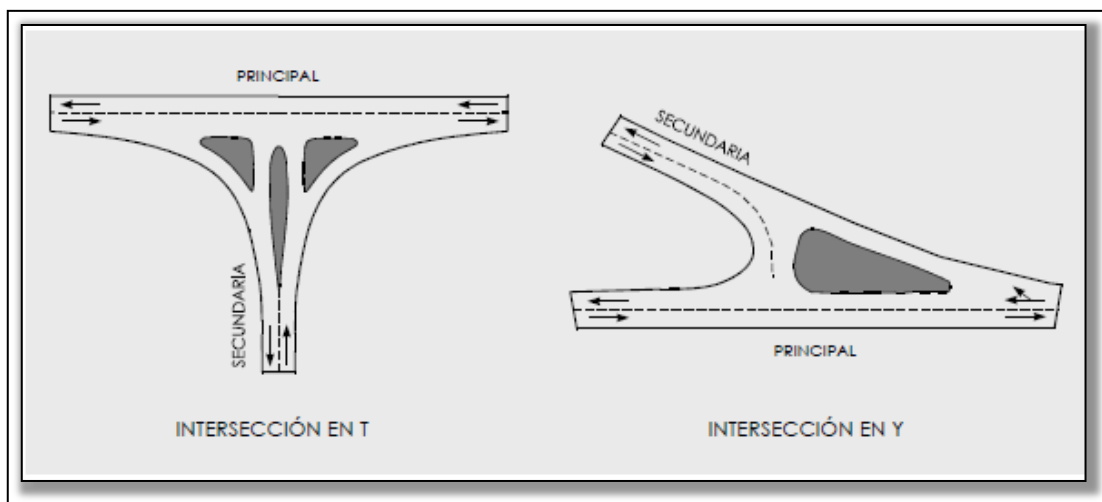


Figura 6: Intersecciones de tres ramales

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

II. Intersecciones de 4 ramales

En ellos, hay un crece de dos vías, cuatro ramas en total, por y generalmente de alcance cercano. Como en las anteriores, se perciben dos tipos:

Intersecciones en cruz: Sin embargo, los ramales están opuestas en un borde de más de 60° , y los encabezamientos son esencialmente opuestos.



Intersecciones en X: Los ramales forman dos ángulos menores de 60°.

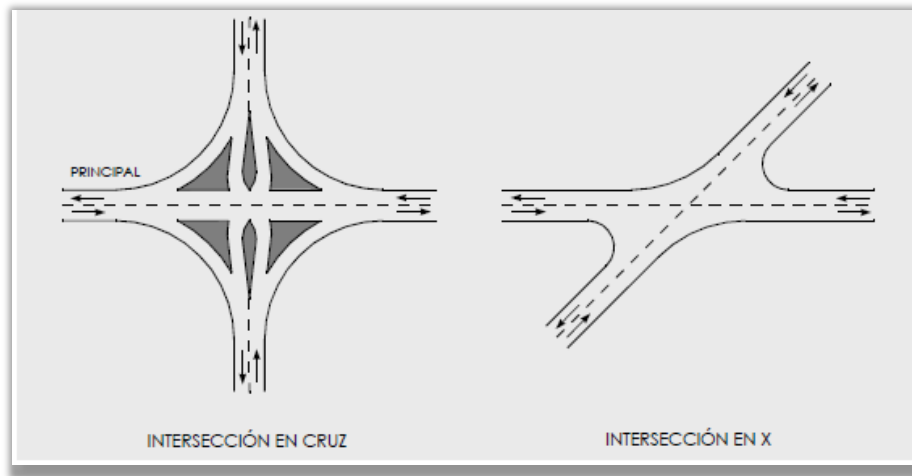


Figura 7: Intersecciones de cuatro ramales

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

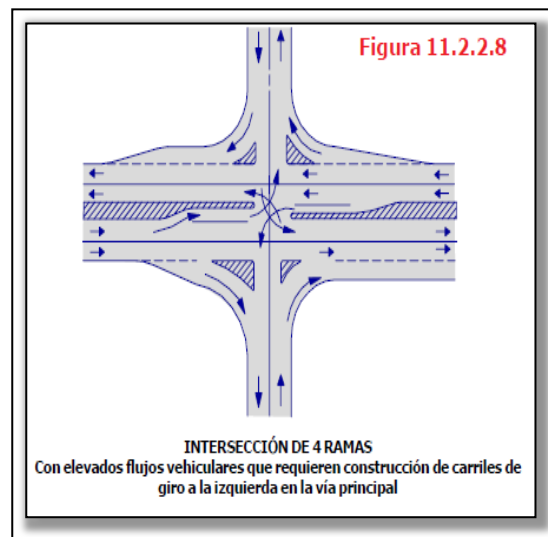


Figura 8: Intersección de 4 ramales con elevados flujos vehiculares

Fuente: (Chavez loiza, 2005)



Figura 9: Intersección de 4 ramales con bajos flujos vehiculares

Fuente: (Chavez loaiza, 2005)

III. Intersección con más de 4 ramales

Este tipo de puntos de cruce son difíciles de gestionar, por lo que es prudente mantener una distancia estratégica de ellos, por mucho que se pueda esperar razonablemente. En su mayor parte, el arreglo ideal es sofocar una de las ramas, injertándola en el punto de cruce. En diferentes ocasiones, sea como fuere, esto está más allá del ámbito de la imaginación y se deben alcanzar arreglos complejos o tipo de pivote. En las zonas metropolitanas, la fundación del tráfico de dirección única en ramas específicas mejora la actividad del punto de cruce. (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

IV. Intersecciones giratorias o glorieta

La rotonda o punto de cruce giratorio se describe por la intersección de las ramas en un anillo de flujo giratorio en sentido contrario a las agujas del reloj alrededor de un islote focal, con necesidad de entrada para los vehículos que circulan en él. Este tipo de convergencia surge como un esfuerzo para curar los problemas iniciales de atascos y percances en las comunidades urbanas. (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

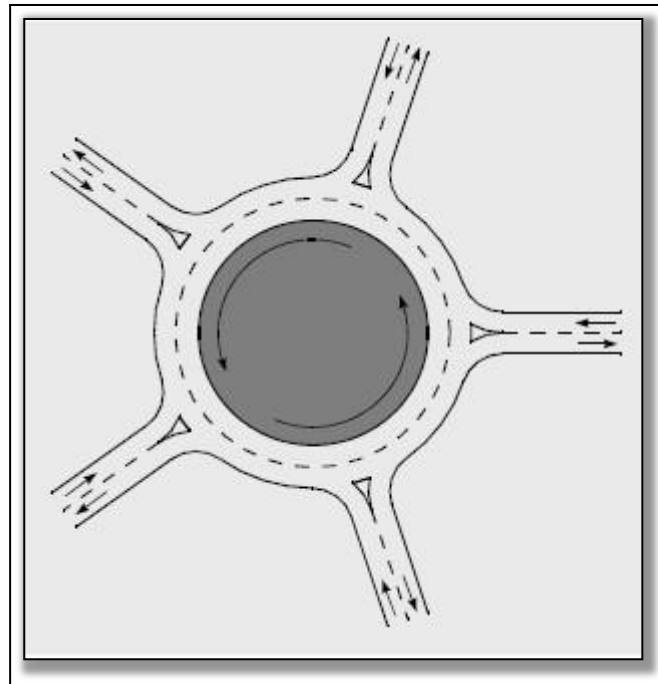


Figura 10: Esquema de una intersección giratoria o glorieta

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

✓ **Intersección semaforizada**

La convergencia dirigida por la señal de tráfico es una de las circunstancias más alucinantes del marco circulatorio. La investigación de los puntos de cruce controlados por señales de tráfico debe pensar en un amplio surtido de condiciones ganadoras, incluyendo la suma y la circulación del tráfico, los atributos geométricos y las sutilezas de la señalización de la convergencia. En las convergencias controladas por señales de tráfico, se debe añadir un componente extra a la idea de límite: el transporte por tiempo.

Una señal de tráfico básicamente transmite el tiempo entre desarrollos circulatorios en conflicto que planean utilizar un espacio físico similar.

La metodología introducida se aplica al límite y al nivel de administración de los llega a la convergencia. El límite se evalúa en cuanto a la conexión entre la potencia de petición y el límite (proporción I/c), mientras que el grado de administración se evalúa en función del retardo normal de parada por vehículo (sg/v). (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

I. Semáforos

Las señales de tráfico actuales dan el tiempo desde varias perspectivas, desde el método más fácil de las ocasiones preestablecidas (tiempo fijo) y dos etapas hasta el tipo multietapa más alucinante. Este segmento representa los diferentes tipos de actividad de las señales de tráfico y su efecto sobre el límite.

Los términos que lo acompañan se utilizan comúnmente para describir las tareas de las señales de tráfico:

Ciclo: Cualquier sucesión total de marcaciones o mensajes de una señal de tráfico.

Duración del ciclo: El tiempo de espera que requiere el semáforo para terminar un ciclo, comunicado de inmediato, es representado por la simbolo C.

Fase: El aspecto de un ciclo que se da a cualquier mezcla de desarrollos de tráfico que están calificados para pasar todo el tiempo durante al menos un lapso. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

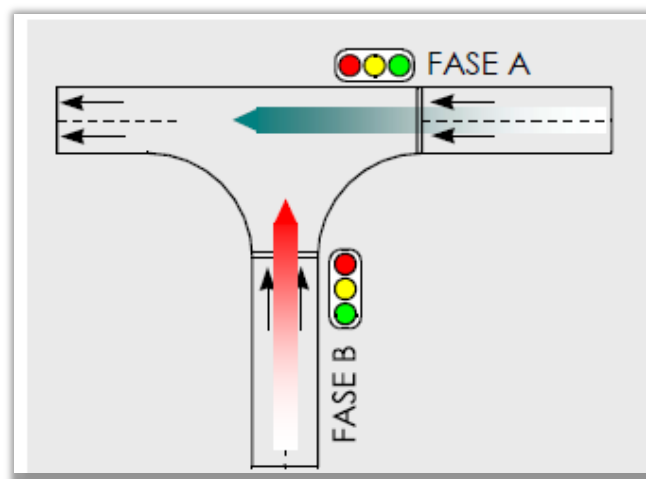


Figura 11: Esquema de fase en una intersección semafORIZADA

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

Intervalo: Un marco de tiempo durante el cual todas las señales de tráfico se mantienen consistentes.



Tiempo de cambio. Los tramos "amarillos" además de "todos los rojos" que se suceden entre las etapas para permitir el despeje del punto de cruce antes de que se pongan en marcha los desarrollos restrictivos: a esto se refiere con el símbolo "Y", y se estima en segundos.

Tiempo de verde: El tiempo, dentro de una etapa dada, durante el cual el signo "verde" es obvio: comunicado con el símbolo "Gi" (para la fase I) y en segundos.

Tiempo perdido: El tiempo durante el cual la intersección no es utilizada con éxito por ningún desarrollo; estas ocasiones ocurren durante el lapso de movimiento (durante el cual el punto de cruce se vacía) y hacia el comienzo de cada etapa cuando los principales vehículos de la línea se posponen en el comienzo

Tiempo de verde efectivo: El tiempo durante una etapa determinada al que se puede acceder con éxito para los desarrollos permitidos se suele considerar como el tiempo verde, además del lapso de cambio menos el tiempo perdido para la etapa a la que se hace referencia; comunicado en un momento o dos y anotado con el símbolo de "i" (para la etapa I).

Proporción de verde: El grado de verde viable comparable a la duración del proceso, observado con la imagen gi/C (para la etapa I).

Rojo efectivo: Es el tiempo durante el cual no se permite que fluya un determinado desarrollo o conjunto de desarrollos; es el lapso del ciclo corto el tiempo verde viable para una etapa particular, comunicado como un flash y anotado con la imagen "ri". (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

II. Tipos de movimiento

En una convergencia controlada por señales de tráfico, la asignación del tiempo verde no es lo principal que afecta esencialmente a su capacidad; el plan de los desarrollos de giro dentro de la sucesión de etapas debe ser considerado igualmente. Se pueden reconocer cuatro tipos de desarrollos: paso, giro permitido, giro asegurado y giro sin oposición.

- **De paso:** El vehículo procede hacia el camino que iba antes de la intersección



con el punto de cruce. De la aparente multitud de desarrollos, es el menos requerido por el sistema.

- **Giro permitido:** El vehículo que realiza esta actividad debe cruzar un arroyo peatonal o un arroyo vehicular en sentido contrario. Por ejemplo, un giro a la izquierda realizado simultáneamente al desarrollo del tráfico en el otro sentido se considera permitido. Del mismo modo, un desarrollo de giro a la derecha sincronizado con una intersección de caminantes será igualmente permitido. Este tipo de desarrollo requiere una mayor utilización del tiempo verde.
- **Giro protegido:** En este tipo de desarrollo, el vehículo no presenta ninguna restricción de vehículo o de caminante al realizar el movimiento. Esta sería la situación de los giros a la izquierda realizados en una etapa selectiva para ellos - un perno verde extra en el semáforo - o giros a la derecha con una restricción en la intersección para las personas a pie durante esa etapa.
- **Giro sin oposición:** A diferencia del caso anterior, este tipo de desarrollo no necesita una guía de etapas de élite, ya que el diseño del punto de cruce hace impensable que se produzcan choques o impedimentos con el tráfico de paso. Ocurren predominantemente en carreteras de una sola dirección o en intersecciones en T que funcionan con dos etapas separadas para cada curso. (Bañón Blázquez & Beví García, 2000)

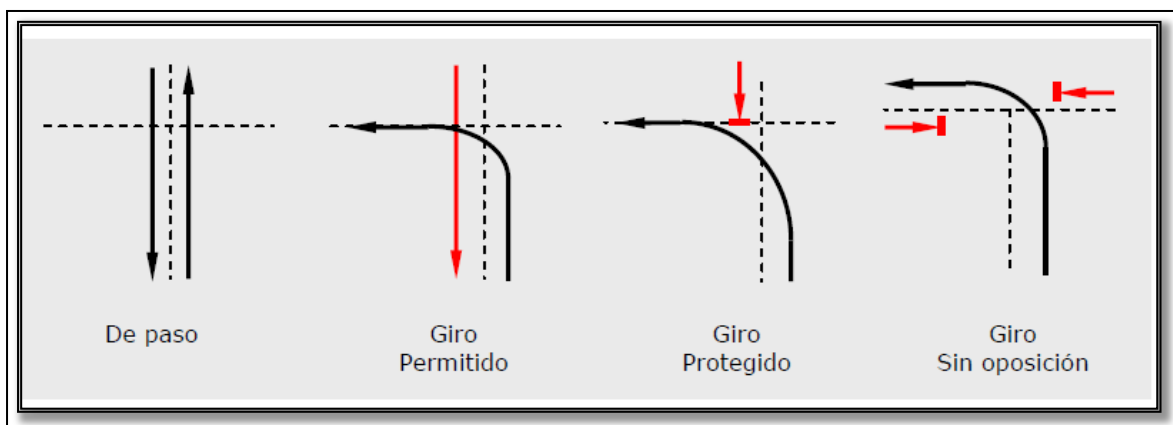


Figura 12: Tipos de movimientos en una intersección

Fuente: (Bañón Blázquez & Beví García, 2000)



III. Modalidades básicas de operación

Las señales de tráfico pueden funcionar en tres modos fundamentales dependiendo del tipo de equipo de control utilizado:

Operación prefijada o de tiempos fijos:

La duración del ciclo, las fases, el tiempo verde y los períodos de cambio están en gran medida preestablecidos. El semáforo gira a través de este ciclo caracterizado continuamente; cada ciclo es el equivalente, siendo la duración del proceso y las etapas constantes. Dependiendo del equipo informático al que se tenga acceso, pueden utilizarse unos pocos ajustes de tiempo preestablecidos, cada uno de los cuales entra en actividad de forma natural en momentos específicos.

Operación semi accionada por el tráfico:

En la actividad semi-robotizada, la avenida central a la que se hace referencia se marca en "verde" durante todo el tiempo hasta que los buscadores de caminos auxiliares muestran que un vehículo o vehículos han llegado a una o ambas puertas opcionales. El semáforo en ese punto muestra una etapa "verde" para la calle auxiliar, después de un tramo de cambio adecuado, que se mantiene hasta que todos los vehículos hayan pasado o hasta que el verde de la calle opcional llegue en un tiempo preestablecido más extremo.

Operación totalmente accionada:

En la actividad completamente determinada todas las etapas de los semáforos están limitadas por identificadores. Cuando todo está dicho en el hecho, la base y las mayores ocasiones verdes se determinan para cada etapa, al igual que la disposición de las etapas. En este tipo de actividad la duración del proceso y las ocasiones verdes pueden diferir ampliamente dependiendo de la solicitud. Ciertas etapas del ciclo pueden ser discretionales y pueden ser totalmente abrogadas si los indicadores registran la solicitud. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)



2.2.4.1.2. Intersecciones a desnivel

Se trata de una disposición matemática del plan, para potenciar la intersección de al menos dos calles o con los ferrocarriles a varios niveles, de manera que los vehículos puedan hacer todos los desarrollos potenciales de cambios de dirección empezando por una calle y luego por la siguiente, con la base de propósitos de contención concebible. Se trabaja en un puente, con el fin de ampliar el límite o el nivel de administración de las convergencias significativas, con altos volúmenes de tráfico y condiciones de seguridad deficientes en las calles, o para mantener los atributos utilitarios de un curso sin convergencia de niveles.

Las convergencias deben contener los estados más ideales de seguridad, perceptibilidad, utilidad y límite.

En la parte superior de la línea interestatal, es una condición que todos los puntos de cruce estén nivelados, aunque en los aparcamientos por debajo de la media y en las calles de la parte superior de la línea, es concebible unir las convergencias niveladas y no niveladas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

2.2.4.1.2.1. Justificación de intersección a Desnivel

Hay varias reglas o factores que legitiman el desarrollo de convergencias no niveladas en lugar de algún otro tipo de punto de cruce a nivel. Estas medidas se reúnen en cuatro encuentros principales:

- **Funcionalidad:** Las cualidades de determinadas calles, por ejemplo, las interestatales, las autopistas y las autovías, pueden requerir la inasistencia de convergencias de nivel con calles diferentes. Las intersecciones a nivel son obligatorias en calles con un $IMD > 5000$.
- **Capacidad:** Las intersecciones desproporcionadas se comprenden como los arreglos que, en general, dan el mayor límite a costa de la base, manteniendo un grado decente de bienestar.
- **Seguridad:** La peligrosa idea de zonas específicas puede hacer que sea importante planificar un punto de cruce desequilibrado para perjudicar cualquier arreglo, ya que son cimientos más seguros, que evitan determinados tipos de percances, por ejemplo, los impactos frontales o laterales.
- **Rentabilidad:** La intersección desequilibrada es un esfuerzo financieramente más



costoso que algún otro tipo de punto de cruce, a pesar del hecho de que en el prolongado tal especulación puede ser más que productiva, siempre y cuando disminuya la tasa de accidentes y mejore la progresión del tráfico.. (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

a) Ramales de Intersección a desnivel:

Cada una de las áreas que interconectan dos calles se denomina ramal de punto de cruce desviado, impulsando el desarrollo de vehículos entre ellas.

Se pueden reconocer tres tipos de ramas, dependiendo de cómo se produzca esta convergencia desnivelada:

Directo: La rama hace la asociación inmediata entre dos formas diferentes, sin intersección con alguna otra o utilizando estructuras auxiliares.

Semidirecto: En este ramal, el tráfico que hace el giro a la izquierda está ocupado recientemente a un lado, uniéndose a la otra calle situada a un nivel alterno.

Lazo o loop: Rama en la que se fluye generalmente hacia un lado, primero intersectando la estructura por su parte sub-parte, para luego ir hacia un lado para unirse al otro.(Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

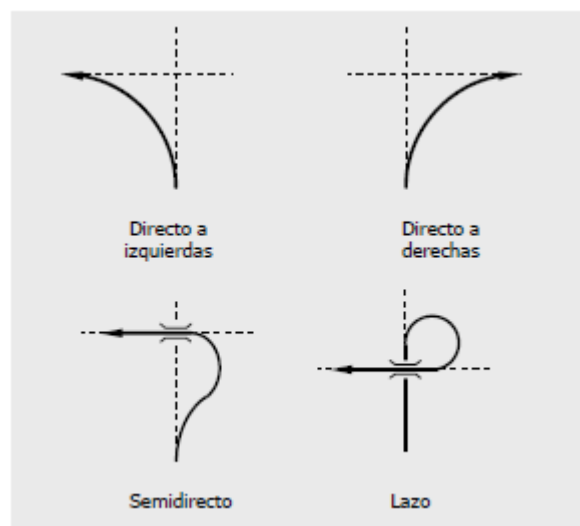


Figura 13: Ramales de Intersecciones a Desnivel

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

b) Clasificación del tipo de intersecciones a desnivel.

La clasificación y tipo de intersecciones a desnivel son las siguientes:

- **Intercambios de tres ramas:** Tipo Trompeta “T”, Direccionales en “T” y Direccionales en “Y”.
- **Intercambios de cuatro ramas con condición de Parada:** Tipo Diamante Clásico, Tipo Diamante Partido y Tipo Trébol parcial (2 cuadrantes)
- **Intercambios de cuatro ramas de libre circulación:** Tipo Trébol Completo (4cuadrantes), Rotatorios, Omnidireccionales, de Tipo Turbina y de más de Cuatro ramas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

DE CUATROS RAMAS				DE TRES RAMAS	
DE LIBRE CIRCULACIÓN		CON CONDICIÓN PARADA		DIRECCIONALES	TROMPETAS
OTROS	TRÉBOL COMPLETO	DIAMANTES	TRÉBOL PARCIAL		

Figura 14: Tipos de Intersección a desnivel

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Intercambio de tres ramas:

Ocurren cuando una calle se une a otra, subsiguientemente en una convergencia desviada directa donde no hay desarrollos de intersección y sólo dos a un lado. Hay numerosos arreglos, utilizando al menos una estructura auxiliar, de los cuales presentaremos el acompañamiento por su sencillez y viabilidad.

a) **Trompeta:**

Se sugiere por la potencia de uno de los pasajes o dejar los desarrollos a la calle principal. Además, tiene el beneficio de ocupar moderadamente poco espacio.



El surtido más utilizado se compone de una rama semidirecta para el desarrollo de la izquierda con mayor fuerza y un círculo para el resto del desarrollo, siendo inmediatos los giros correctos. (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

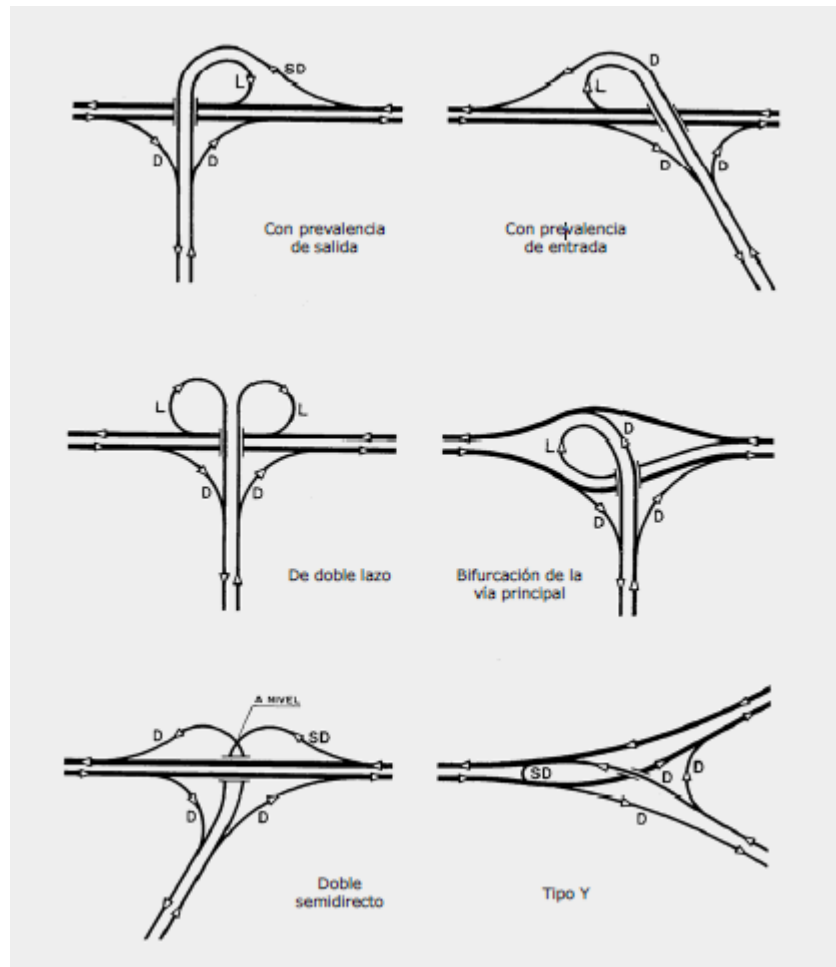


Figura 15: Intercambio de tres ramas tipo trompeta

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

b) Tipo T:

Se describen por la utilización de más de una estructura, o utilizando un tipo escalonado. Son más alucinantes y costosos que los anteriores, y requieren una mayor zona de terreno para su desarrollo.(Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

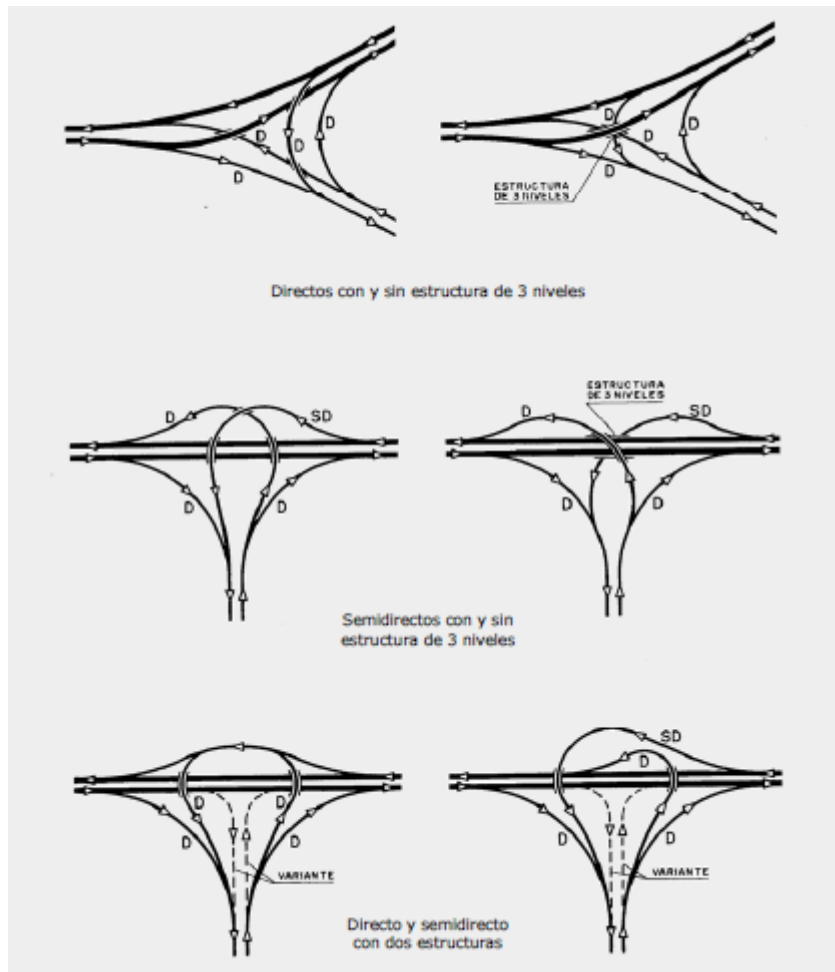


Figura 16: Intercambio de tres ramas tipo T

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

Intercambio de cuatro y más ramas

Un intercambio de cuatro ramas es normal en circunstancias en las que una calle se une a otra, sin perder su progresión, con algunas corrientes de tráfico detenidas o todas las corrientes libres. (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

I. Con Condición de Parada:

Es decir, con convergencias de nivel en la calle opcional. Son razonables como difusores y conexiones cuando todo está dicho en el hecho. (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

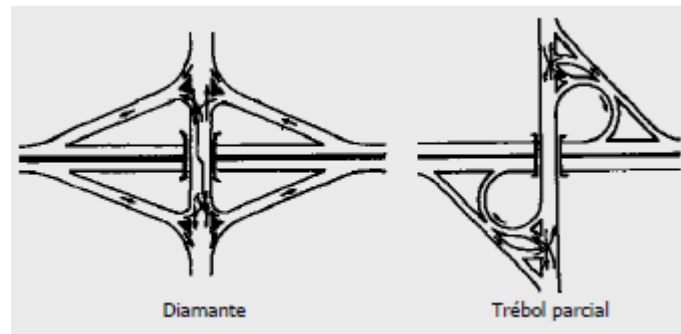


Figura 17: Elementos de intercambio tipo diamante y trébol

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

a) **Tipo diamante:**

Uno de los tipos más utilizados para resolver a desnivel el cruce de una carretera principal con otra secundaria. En el diamante típico, todos los giros a la izquierda producen intersecciones a nivel en la carretera secundaria por lo que, cuando esta tiene cierta importancia, las intersecciones se saturan, debiendo adoptarse disposiciones más complejas. Normalmente, es preferible que la vía principal ocupe el nivel inferior, ya que de este modo los ramales de enlace son más cortos al ser la pendiente favorable al movimiento del vehículo.

El diamante es un enlace que ocupa poco espacio y relativamente barato, por lo que se emplea en núcleos urbanos y sus cercanías. (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

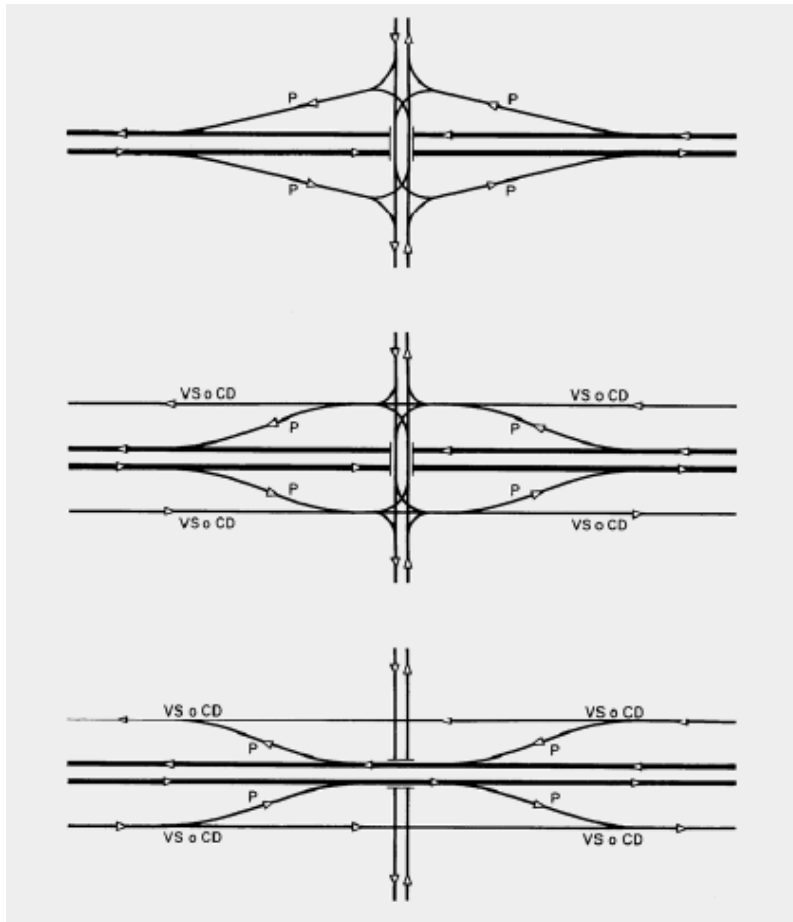


Figura 18: Intercambio de cuatro ramas tipo diamante clásico

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

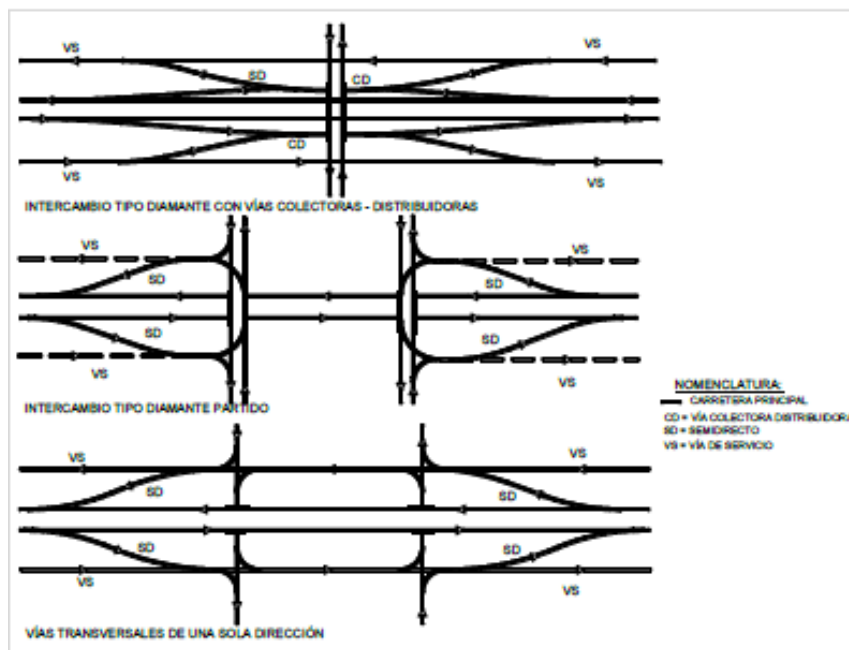


Figura 19: Modificaciones de Intercambio de cuatro ramas tipo diamante

Fuente: (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)



b) Tipo trébol parcial

Es una solución clásica para intersecciones a desnivel en los que, si bien se admiten ciertos movimientos con parada, se mantienen otros giros a la izquierda de forma continua a través de lazos. En general, el trébol parcial es apropiado cuando solo pueden utilizarse algunos cuadrantes del área de cruce, por existir obstáculos topográficos o urbanísticos en los otros, situación bastante frecuente. Al igual que ocurre con el diamante, existen múltiples variantes de enlace.

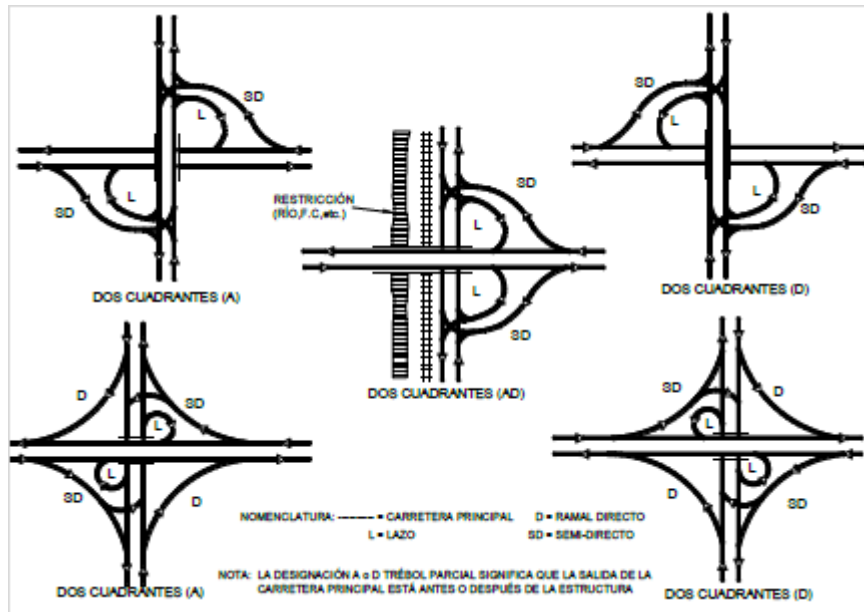


Figura 20: Intercambio tipo trébol parcial

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018)

II. De libre Circulación

En el que todos los movimientos se producen sin intersecciones a nivel, condición indispensable en determinadas vías.

a) Trebol:

Es el enlace interurbano por excelencia, donde la gran ventaja de este tipo de intersección es su simplicidad, está compuesto por una única estructura auxiliar, por lo que es fácilmente interpretable por los conductores. Denominado de esta manera por su disposición geométrica en planta, realiza los giros a la derecha de forma directa, y emplea lazos para efectuar los giros a la izquierda. Esto crea ciertos problemas de congestión debajo de la estructura, requiriendo además grandes longitudes de trenzado. (Bañón Blázquez & Beví García, 2000)

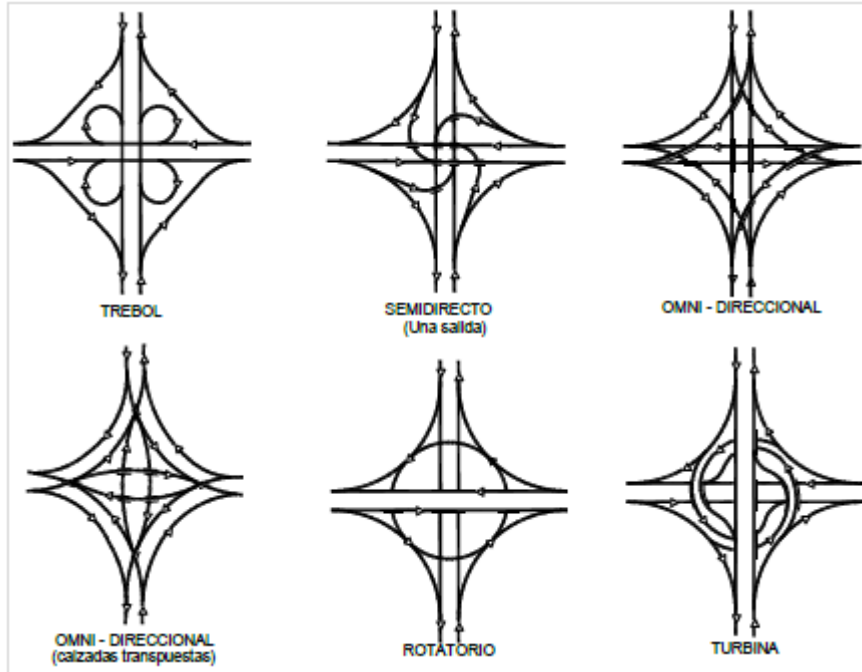


Figura 21: Intercambio tipo trébol simétricos de libre circulación

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018)

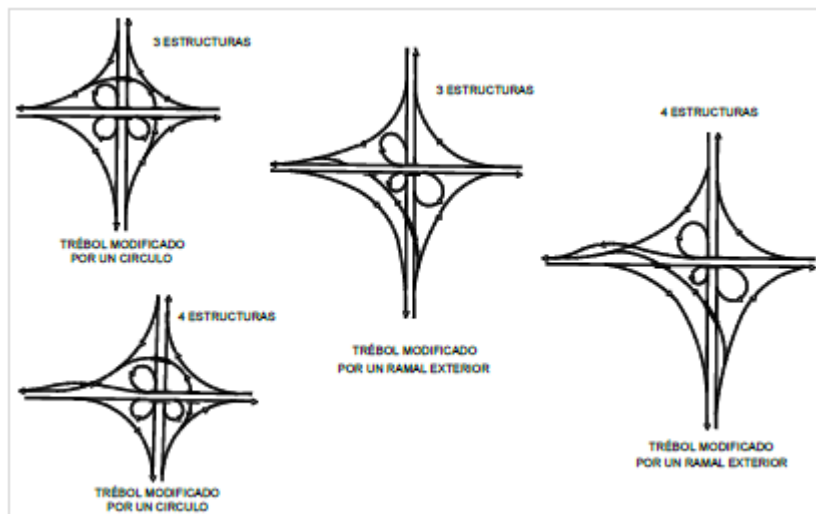


Figura 22: Intercambio tipo trébol no simétrico de libre circulación

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

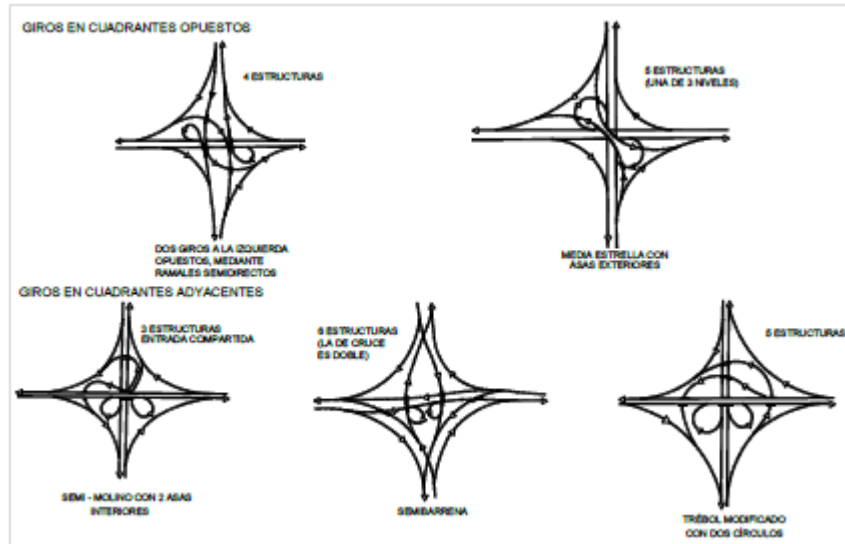


Figura 23: Intercambio de más de cuatro ramas con giros a la izquierda mayores a la capacidad de lazos

Fuente: (Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018)

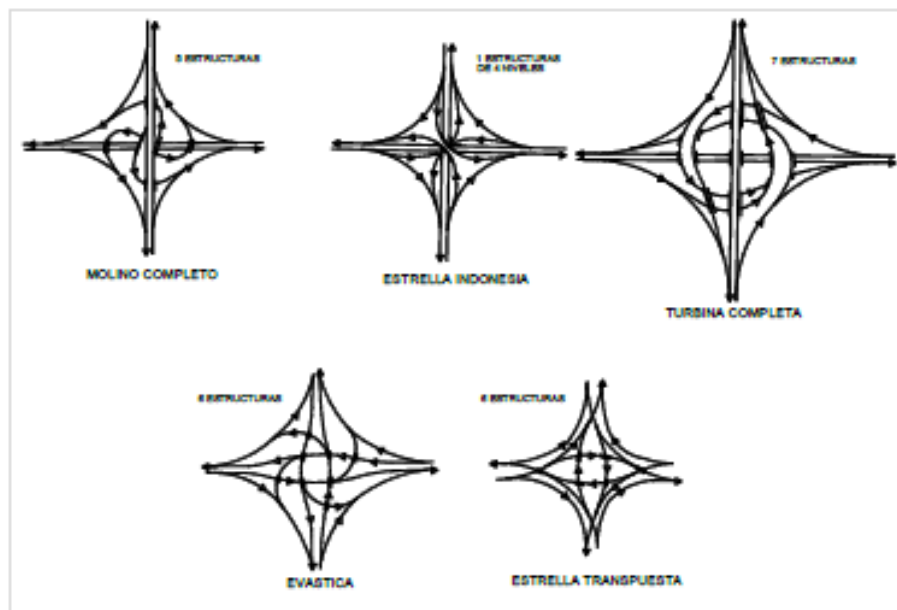


Figura 24: Intercambio de más de cuatro ramas con todos los giros a la izquierda

Fuente: (Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018)



c) Criterios generales de diseño

Las estructuras para la Separación de Niveles

La primera consideración para determinar si la carretera principal debe pasar por arriba o por debajo de la estructura de separación de niveles en un intercambio, está en función de la adaptación del diseño a la topografía del terreno, adaptación que será tanto más exitosa cuanto mejor reúna los atributos de ser una solución estéticamente agradable y funcional, además de fácil de construir y mantener. Si la topografía predomina, el diseño de la estructura y los demás componentes de intercambio deben ineludiblemente someterse a ella, sin desconocer la sensible ponderación que el costo tiene en la elección de la mejor alternativa.

I. Al paso Inferior por las Estructuras de Separación de Niveles

Se afirma que el paso inferior del tránsito principal, presenta la ventaja de ofrecer al conductor la visión inmediata del puente del intercambio y de las entradas y salidas de las diferentes rampas que lo complementan. Esta ventaja se mantiene aun cuando la rasante del puente se identifica con el nivel del terreno donde la topografía es relativamente plana, y la carretera principal se deprime un tanto para acomodar el paso por debajo de la estructura. Otra ventaja adicional la ofrecen las rampas, que lucen más naturales cuando los vehículos que se separan de la corriente principal empiezan a perder velocidad en el ascenso de la rampa y, por el contrario, empiezan a ganar velocidad en el descenso de la rampa para incorporarse a la corriente principal, haciendo más eficiente el funcionamiento de los carriles de aceleración.

II. Paso superior por las cubiertas de las Estructuras

El paso superior ofrece, por su parte, las mejores facilidades para el desarrollo del proyecto por etapas, algo que puede ser sumamente atractivo para los países en desarrollo. La construcción de una parte del ancho del puente, en una primera etapa, para luego adicionarle los carriles y la franja divisoria central en los anchos preestablecidos, constituye un buen ejemplo de un desarrollo incremental o por etapas de la solución estructural, que no sacrifica nada de la primera parte de la inversión. Donde una nueva carretera cruza con considerables volúmenes de tránsito una ruta existente, la construcción de un paso superior ocasiona las menores alteraciones al tránsito existente, ya que no exige la construcción o habilitación de desvíos



provisionales. Adicionalmente, el cruce de la carretera principal por arriba no tiene limitación alguna para el movimiento de camiones con cargas de dimensiones extraordinarias, a menos que la estructura del puente sea una armadura de acero de paso a través. Finalmente, cabe destacar que el paso superior del tránsito principal es más favorable para el tratamiento apropiado del drenaje superficial en el área del intercambio.

III. Ancho de las Estructuras de Separación de Niveles en los Intercambios

La recomendación más general en lo que se refiere al ancho de la sección transversal del puente o los puentes de un intercambio, es que esta sección debe ser igual al ancho de la corona de la carretera en sus accesos al puente o los puentes, particularmente si se trata de una autopista, para que transmita al conductor la confortable sensación de amplitud y seguridad que requiere en sus operaciones. En contraste, la sensación de estrechamiento que producen los postes, los pasillos, las columnas de los puentes, los parapetos y los pasamanos de las estructuras, induce al conductor a separarse de esos obstáculos fijos e invadir los carriles contiguos, a riesgo de su seguridad y la de los demás.

IV. Medianas

Para puentes entre 30 y 120 metros de longitud, los volúmenes de tránsito, las Velocidades, las distancias de visibilidad, la necesidad de postes para el alumbrado público, la sección transversal de los accesos, etc., determinarán si se requieren o no las medianas. En puentes de más de 120 metros, se justifica la construcción de medianas delimitadas por bordillos.

V. Altura libre del Paso Inferior

Conviene recordar que la mayor altura del vehículo de diseño es de 4.10 metros, aunque algunos Estados norteamericanos admiten que los vehículos cargados alcancen alturas hasta de 4.40 metros. Si se toma en cuenta que debe haber una altura libre entre el vehículo cargado y la cara inferior de la estructura de soporte del puente de por lo menos 0.30 metros, al adicionara los datos anteriores la pérdida de altura por los trabajos de revestimiento periódico de la carretera, se tiene que la altura libre deseable del nivel de la rasante a la cara inferior de la estructura es de 5.50 metros y de 4.80 metros el mínimo recomendable bajo ciertas condiciones.

VI. Distancia Horizontal para efectuar la Separación de Niveles

La distancia mínima requerida, D , para efectuar la separación de niveles depende de la velocidad de diseño, de la pendiente longitudinal de la carretera y de la altura de subida o bajada, H , necesaria para la separación de niveles.

La figura N°27 muestra la distancia requerida en terreno plano, que puede utilizarse como guía para el diseño preliminar de soluciones con pendientes y rasantes diferentes, según la conformación del terreno.

La distancia requerida, para un diseño preliminar, puede determinarse de la tabla N°5 para pendientes comprendidas entre 2 y 7 por ciento y para velocidades de 80 a 110 kilómetros por hora, aplicables a autopistas, y velocidades hasta de 50 kilómetros por hora para carreteras menores. Los valores se han derivado para condiciones similares de pendientes de ambos lados de la estructura, pudiendo interpolarse o extrapolarse dichos valores. Los valores de D , expresados en metros, son válidos igualmente para situaciones de pendientes desiguales.

Pendientes mayores de 3, 4, 5 y 6 por ciento, no deben usarse con velocidades de 110, 100, 80 y 60 kilómetros por hora respectivamente, cuando la separación de niveles sea de 7.50 metros o menos.

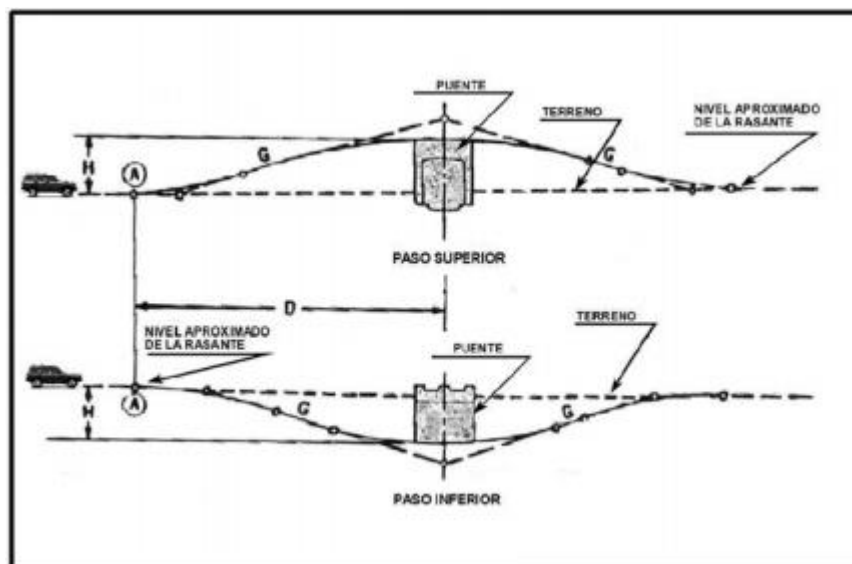


Figura 25: Altura libre H requerida en terreno plano para paso superior e inferior

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018)



Tabla 3: Altura libre H requerida en terreno plano para el paso superior e inferior

Velocidad, km/h y Pendiente		Valores de H**, metros			
VELOCIDAD	PENDIENTE	4	6	8	10
50	5%	130	170	210	250
50	7%	-	160	180	210
60	4%	160	210	260	310
60	6%	-	190	220	250
80	3%	220	290	350	420
80	5%	-	-	300	340
100	2%	330	400	460	530
110	3%	-	350	410	480

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

VII. Perfil Longitudinal y Pendientes Recomendables en la Rampa

Con terminales apropiadas, las pendientes cortas de ascenso de 7 y 8 por ciento, permiten las operaciones de los vehículos livianos sin afectar su velocidad ni su seguridad. Por otra parte, las pendientes de 5 por ciento, en tanto sean aplicadas en cortas distancias de ascenso, no interfieren con las operaciones de los camiones y otros vehículos pesados. En las rampas de descenso, las pendientes hasta de 8 por ciento no afectan las operaciones de los vehículos livianos, sin embargo, para no afectar a los camiones y otros vehículos pesados usuales en la corriente del tránsito, se recomienda que las rampas de descenso sean limitadas a 3 y 4 por ciento de pendiente.

(Carreteras, 2011)

2.2.5. Dispositivos para el Control del Tránsito

Se denomina dispositivos para el control de tránsito a las señales de tránsito, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo, que se coloca sobre o adyacente a las calles y carreteras encargados por la autoridad pública, para prevenir, regular y guiar a los usuarios de la misma.

La implementación de los dispositivos de control del tránsito, se realizará de acuerdo a los estudios de ingeniería vial que debe realizarse para cada caso, y que entre otros contemple, el tipo de vía, el uso del suelo del sector adyacente, las características de diseño acorde al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG vigente), características de operación, sus condiciones ambientales, y en concordancia con las normas de tránsito correspondientes. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016)



2.2.5.1. Clasificación de dispositivos de control

Los dispositivos de control indican a los usuarios las precauciones (preventivas), las limitaciones (reguladoras) y las informaciones (informativas). Los dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras se clasifican en:

2.2.5.1.1. Señales verticales

Las señales verticales son dispositivos instalados al costado o sobre el camino, y tienen por finalidad, reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos establecidos en este Manual.

Su implementación será de acuerdo al estudio de ingeniería vial anteriormente citado debiendo evitarse, por ejemplo, el uso excesivo de señales verticales en un tramo corto puesto que puede ocasionar contaminación visual y pérdida de su efectividad. Asimismo, es importante el uso frecuente de señales informativas de identificación y destino, a fin de que los usuarios de la vía conozcan oportunamente su ubicación y destino. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016)

a) Clasificación de señales verticales:

- **Señales Reguladoras o de Reglamentación:** Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, en el uso de las vías. Su incumplimiento constituye una falta que puede acarrear un delito.
- **Señales de Prevención:** Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.
- **Señales de Información:** Tienen como propósito guiar a los usuarios y proporcionarles información para que puedan llegar a sus destinos en la forma más simple y directa posible. Además, proporcionan información relativa a distancias a centros poblados y de servicios al usuario, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, y otros. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016)



2.2.5.1.2. Señales horizontales

Se compone de manchas planas en el asfalto, por ejemplo, líneas pares y cruzadas, flechas, imágenes y letras, que se aplican o se pegan al asfalto, sardineles, otras estructuras de calles y zonas cercanas.

Una parte de esta señalización son los dispositivos elevados que se colocan en la superficie de rodadura, llamados también marcas elevadas en el asfalto, para controlar, canalizar el tráfico o demostrar las limitaciones.

Se utilizan para controlar o dirigir el tráfico, advertir y guiar a los clientes de la calle, por lo que son un componente crucial para la actividad de los vehículos y el bienestar de la calle. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016)

2.2.6. Volumen de Transito Horario:

Con base en la hora seleccionada se define los siguientes volúmenes de transito horario, dado en vehículos por hora.

2.2.6.1. Volumen horario de máxima demanda:

Es el mayor número de vehículos que pasan por un punto o segmento de un camino o calle durante 60 minutos seguidos. Es el agente de los tiempos de mayor interés que pueden ocurrir durante un día específico. (MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS, 2005)

2.2.6.2. Volumen Horario de Proyecto

Es el volumen de tráfico por hora lo que servirá para decidir las cualidades matemáticas de la calle. Fundamentalmente se amplía con un volumen horario anticipado. (MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS, 2005)

2.2.7. Velocidad en General

Por regla general, el término velocidad se caracteriza por la conexión entre el espacio viajado y el tiempo que se tarda en atravesarlo. Como tal, para un vehículo habla de su conexión de desarrollo, por lo general comunicado en kilómetros cada hora (km/h).Para



el caso de una velocidad constante, ésta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, expresada por la fórmula: (MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS, 2005)

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

Donde:

v = Velocidad constante (Kilómetro por hora)

d = Distancia recorrida (kilómetros)

t = Tiempo de recorrido (horas)

2.2.7.1. Velocidad a flujo libre

La velocidad de flujo libre es la velocidad normal de los vehículos en una calle determinada, estimada en condiciones de bajo volumen, cuando los conductores en general conducen a una velocidad inmediatamente limitada. (Bañón Blázquez & Bevía García, 2000)

2.2.8. Capacidad Vial en Intersecciones Semaforizadas

El límite de convergencia se caracteriza por cada reunión de caminos. El límite del grupo de senderos es la tasa de corriente más extrema para el grupo de senderos objetivo que puede atravesar el punto de cruce en las condiciones comunes de tráfico, calle y señales de tráfico. La velocidad del flujo es comúnmente estimada o anticipada para marcos de tiempo de 15 minutos, y el límite se establece en vehículos cada hora (vph).

- a) **Condiciones de tráfico:** Las condiciones del tráfico incorporan volúmenes en cada aproximación, apropiación de vehículos por urbanización (izquierda, frente, derecha), diseminación del tipo de vehículo en cada urbanización, área y utilización de paradas de transporte (transporte público) dentro de la zona de convergencia, corriente de peatones en las intersecciones y salidas de urbanizaciones dentro de la región del punto de cruce.



- b) **Condiciones de la vía (geométricas):** Las condiciones de las vías incorporan el cálculo fundamental de la convergencia, incluyendo el número y el ancho de las vías, las pendientes y la tarea de uso de las vías, incluyendo las vías de parada.
- c) **Condiciones de semaforización:** Las condiciones de los semáforos incorporan un significado absoluto de las etapas de la señal, los tiempos y el tipo de control, y una evaluación del movimiento para cada reunión de pistas. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.9. Nivel de Servicio

Es una medida subjetiva que describe los estados de funcionamiento de una corriente de vehículos y su reconocimiento por los conductores o posibles viajeros. Estas condiciones se representan en cuanto a componentes, por ejemplo, velocidad y tiempo de viaje, oportunidad de moverse, consuelo, comodidad y seguridad en la calle. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

El nivel de servicio de los puntos de cruce de señales de tráfico se caracteriza por la demora, que es una proporción de la decepción del conductor, la insatisfacción, la utilización de combustible y el tiempo de viaje perdido..

La demora experimentada por el conductor es hecha sobre un número de factores que relacionan el control, la geometría, el tráfico y los incidentes. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

- **Nivel de servicio A** retrata actividades con un control de aplazamiento de 10 s/veh o menos y una proporción de volumen/límite no superior a 1,0. Este nivel se reparte regularmente cuando la proporción volumen/límite es baja y el movimiento es extraordinariamente bueno o la duración del proceso es corta. Este nivel se designa normalmente cuando la proporción volumen/límite es baja y el movimiento es particularmente positivo o la duración del proceso es corta. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)
- **Nivel de servicio B** representa actividades con un aplazamiento de algún punto en el rango de 10 y 20 s/veh y una proporción de volumen/límite cercana a 1,0. Este nivel se suele designar cuando la proporción volumen/límite es baja y el



movimiento es excepcionalmente positivo o la duración del proceso es corta. Más vehículos fijos que con el nivel de servicio A. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

- **Nivel de servicio C** retrata tareas con retardos de control en el rango de 20 y 35 s/veh y una proporción volumen/límite cercana a 1,0. Este nivel se asigna regularmente cuando el movimiento es bueno o la duración del proceso es moderada. En este nivel pueden empezar a aparecer decepciones de ciclo singulares (es decir, que al menos uno de los vehículos de una línea no pueda salir debido a un límite deficiente durante el ciclo). La cantidad de vehículos que se detienen es significativa, aunque numerosos vehículos pasan por el punto de cruce sin cesar. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)
- **Nivel de servicio D** retrata tareas con retardos de control en el rango de 35 y 55 s/veh y una proporción volumen/límite cercana a 1,0. Este nivel se relega regularmente cuando la proporción volumen-límite es alta y el movimiento es insuficiente o la duración del proceso es larga. Numerosos vehículos se detienen y se perciben las decepciones de cada ciclo. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)
- **Nivel de servicio E** retrata tareas con retardos de control en el rango de 55 y 80 s/veh y una proporción volumen/límite cercana a 1,0. Este nivel se asigna típicamente cuando la proporción volumen/límite es alta, el movimiento es horrible y la duración del proceso es larga. Las decepciones de los ciclos singulares son continuas. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)
- **Nivel de servicio F** describe tareas con control de posposición más destacadas que los 80 s/veh o una proporción volumen/límite más destacada que 1,0. Este nivel se asigna regularmente cuando la proporción volumen/límite es excepcionalmente alta, el movimiento es extremadamente pobre y la duración del proceso es larga. La mayoría de los ciclos no consideran la evacuación de las colas vehiculares. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

Criterios del nivel de servicio	Control de demora (S/veh)	Niveles de servicio por la proporción volumen-capacidad	
		≤ 10	A
	$> 10-20$	B	F
	$> 20-35$	C	F
	$> 35-55$	D	F
	$> 55-80$	E	F
	> 80	F	F

^a Para evaluaciones basadas en aproximación en toda la intersección, los niveles de servicio se definen únicamente con el control de demora exclusivamente por retraso de control.

Figura 26: Criterios del nivel de servicio

Fuente: (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.10. Tasa de Demanda del Flujo

La tasa de solicitud de flujo para una convergencia a la difusión del tráfico se caracteriza por la cantidad de vehículos que se presentan en el punto de cruce durante el período de examen, dividida por la duración del período de investigación. Se comunica como una tasa de flujo para cada hora, excepto puede hablar de un tiempo de investigación de menos de 1 h. La tasa de solicitud de flujo habla del ritmo de flujo de vehículos que aparecen en la convergencia. En el momento en que se estima en el campo, esta tasa de flujo depende de un control del tráfico que se abraza antes de la línea relacionada con la convergencia. Esta calificación es importante para conocer las comprobaciones durante los períodos bloqueados, ya que el recuento de vehículos mediante una metodología de bloqueo proporcionará una tasa de solicitud de flujo inferior a la tasa real. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)



2.2.11. Factor Hora Punta de Intersección

Un factor de hora punta para toda la intersección se calcula con la siguiente ecuación:

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 n_{15}}$$

Donde:

PHF : Factor de hora pico

n_{60} : Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh)

n_{15} : Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

La inclusión utilizada en el denominador de la condición debe ser tomada durante un tiempo de 15 minutos que ocurre dentro del tiempo de 1 h hablada por la variable en el numerador. Los dos factores de esta condición hablan del número completo de vehículos que entran en el punto de cruce durante sus períodos de tiempo individuales. Considerando todo, se determina un factor de tiempo ocupado para el punto de cruce. Este factor se aplica independientemente a cada desarrollo del tráfico. Las cualidades de este factor regularmente van de 0,80 a 0,95.

La utilización de un factor de hora pico solitario para toda la convergencia tiene por objeto evitar la probabilidad de que se produzcan situaciones de conflicto de intereses con volúmenes que no se correspondan con los volúmenes reales durante el período de investigación de 15 minutos. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.12. Relación de pelotón

La proporción de separación se utiliza para describir la naturaleza de la señal de movimiento para el encuentro de desarrollo comparativo. Se determina como la tasa de flujo de interés durante la señal verde dividida por la tasa de flujo de interés normal. Las cualidades de la proporción de desprendimiento normalmente oscilan entre 0,33 y 2,0. La tabla 6 da una señal de la naturaleza del movimiento relacionada con ciertas



estimaciones de la proporción de la tripulación.

Tabla 4: Valores de la relación de Pelotón

Platoon Ratio	Arrival Type	Progression Quality
0.33	1	Very poor
0.67	2	Unfavorable
1.00	3	Random arrivals
1.33	4	Favorable
1.67	5	Highly favorable
2.00	6	Exceptionally favorable

Fuente: (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

La relación de pelotón para un grupo de movimiento puede ser estimada a partir de datos de campo con la siguiente ecuación:

$$R_p = \frac{P}{(g/C)}$$

R_p : Relación de pelotón,

P : La proporción de vehículos que lleguen durante la indicación verde (decimal),

g : Tiempo verde efectivo (s), y

C : Duración de ciclo (s).

La extensión de los vehículos que aparecen durante la señal verde " P se determina como la cantidad de vehículos que aparecen durante la señal verde dividida por la cantidad de vehículos que aparecen durante todo el ciclo de la señal. Es normal hablar de las condiciones durante el tiempo de investigación. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.12.1. Tipos de llegada:

- La llegada del tipo 1 se describe por un grueso desprendimiento de más del 80% del desarrollo del volumen de recolección que aparece hacia el inicio del tramo rojo. Este tipo de apariencia está frecuentemente conectado con secciones cortas con un



- movimiento excepcionalmente indefenso hacia el movimiento (y quizás un gran movimiento para el otro encabezamiento). (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)
- El aspecto tipo 2 es representado por una compañía respetablemente gruesa que aparece en el centro de la franja roja o una unidad dispersa que contiene entre el 40% y el 80% del volumen del peloton de desarrollo que aparece en toda la franja roja. Este tipo de apariencia está regularmente conectado con secciones de longitud media con un movimiento problemático hacia el movimiento. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)
 - La llegada tipo 3 retrata una de las dos condiciones. En el caso de que los signos del fragmento límite estén compuestos, después de la aparición de este tipo se describe una unidad que contiene menos del 40% del desarrollo del volumen de recolección que aparece a mitad de camino durante el tramo rojo y de forma incompleta durante el tramo verde. En el caso de que los signos no estén compuestos, después de la aparición de este tipo se describe por unidades que se muestran en la convergencia en varias ocasiones durante el lapso de tiempo de investigación, por lo que las apariciones son realmente irregulares. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)
 - La llegada tipo 4 se caracteriza por una compañía respetablemente gruesa que aparece en el centro del tramo verde o un desprendimiento disperso que contiene entre el 40% y el 80% del volumen del peloton de desarrollo que aparece en el tramo verde. Este tipo de apariencia está frecuentemente conectado con porciones de longitud media con un buen desarrollo hacia el movimiento. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)
 - La llegada tipo 5 está representado por una unidad gruesa de más del 80% del desarrollo del volumen de recolección que aparece hacia el comienzo del tramo verde. Este tipo de apariencia está frecuentemente conectado con porciones cortas con un movimiento totalmente positivo hacia el viaje y un número bajo a directo de tramos de carretera lateral. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)
 - La llegada de tipo 6 se representa por un grueso paquete de más del 80% del desarrollo del volumen de recolección que llega al comienzo del tramo verde. Este



tipo de apariencia ocurre sólo en cortos fragmentos con increíblemente buen movimiento hacia el movimiento y caminos laterales inmatriculados. Se lleva a cabo para cursos en organizaciones de señales gruesas, quizás con caminos de una sola dirección. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.13. Cola inicial

La línea subyacente habla de la línea presente hacia el comienzo del plazo de investigación para la reunión de desarrollo. Esta cola se hace cuando la sobresaturación se mantiene durante un tiempo. La cola inicial puede evaluarse comprobando el recuento de la línea constantemente durante cada uno de los tres ciclos de retroceso que se producen no mucho antes del comienzo del marco temporal de examen. Se registran las comprobaciones más pequeñas que se ven durante cada ciclo. El calibre de la línea subyacente es equivalente al normal de los tres controles. La evaluación subyacente de la cola debería excluir los vehículos de cola debido a las vacilaciones arbitrarias, ciclo por ciclo. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.14. Máximo Verde

El ajuste máximo verde caracteriza la medida de tiempo más extrema en que un signo verde puede mostrarse a la vista del interés de la contención. Las calidades más extremas para las etapas de desvío a la izquierda van de 15 a 30 s. Las calidades normales para servir por etapas menores de carretera van de 20 a 40 s y las calidades para servir por etapas importantes de carretera van de 30 a 60 s. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.15. Mínimo Verde

El ajuste de verde mínimo habla de la medida base de tiempo que puede mostrar una señal verde cuando se promulga una señal de escenario. Su longitud depende de las contemplaciones del tiempo de respuesta del conductor, el tamaño de la cola y el deseo del conductor.

Los típicos rangos de Verde mínimo normalmente oscilan entre 4 y 15 s, con valores más cortos en este rango utilizado para las fases sirviendo movimientos de giro y bajos



volumen a través de movimientos. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.16. El Cambio de Color Amarillo y el Rojo

El cambio de color amarillo y rojo son ajustes flojos para la contribución de cada etapa del signo. El rango de movimiento amarillo se propone para que el conductor sea consciente de la ineludible introducción de una señal roja. Va desde 3 s a 6 s, con cualidades superiores en este alcance utilizadas con etapas que sirven a desarrollos rápidos. El tramo de desprendimiento rojo puede utilizarse para permitir que pase un breve lapso de tiempo después de la señal amarilla, durante el cual las señales significativas relacionadas con la última etapa y todas las etapas en conflicto muestran una señal roja. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.17. Duración de Ciclo (Coordinado- Operación Actuada)

La duración del ciclo es el tiempo que transcurre entre la consumación de dos introducciones consecutivas de una etapa verde organizada. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.18. Fase dividida (Coordinado- Operación Actuada)

Cada etapa no coordinada es consistentemente un "Split". Esta vez habla de la totalidad de los cambios verdes, amarillos y rojos de la etapa.

La razón para decidir la longitud de la franja verde cambia entre los seres vivos; no obstante, se identifica frecuentemente con la longitud "ideal" de la franja verde preestablecida. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.19. Desplazamiento y Punto de Referencia de Desplazamiento.

La fase de referencia se especifica que una de las dos fases coordinada (es decir, la fase 2 o 6). El desplazamiento introducido en el controlador representa el momento en que comienza la fase de referencia (o extremos) relativo al tiempo cero del sistema dominante.

El desplazamiento debe ser especificado como se hace referencia al principio o al final del intervalo verde de la fase de referencia. El punto de referencia de desplazamiento suele ser el mismo en todas las intersecciones en un determinado sistema de señal.



(HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.20. Modo de Fuerza (Operación Coordinada- Actuada)

Este modo es una configuración específica del controlador. Se establece en "fijos" o "flotantes". El controlador calcula el punto de fuerza de la fase para cada fase no coordinada sobre la base modo forzado y fase dividida, Cuando está en el modo fijo, cada fase no coordinada tiene su punto de fuerza establecido en un tiempo fijo en el ciclo, relativo al tiempo cero en el sistema dominante. Esta operación permite no usar el tiempo dividido para volver a la siguiente fase. Cuando se establece el modo flotante, cada fase no coordinada tiene su punto de fuerza fijado en el tiempo dividido después de la primera fase que se activa. Esta operación permite no usar el tiempo dividido para volver a la fase coordinado (lo que se conoce como "un pronto retorno a verde"). (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.21. Metodología del HCM

2.2.19.1. Paso 1: Determinar grupo de movimientos y grupo de Carriles

a) Grupo de carriles y grupo de movimientos

Un carril o grupo de carriles designados para separar el análisis se conoce como un grupo de carril. En general, un separado grupo de carril está establecido para

- (a) Cada carril (o combinación de carriles adyacentes), que sirve exclusivamente a un movimiento y
- (b) cada carril compartidos por dos o más movimientos.

El concepto de los grupos del movimiento también se establece para facilitar la entrada de datos. Un independiente grupo de movimiento está establecido para

- (a) cada movimiento de giro con uno o más carriles de giro exclusivo y
- (b) a través del movimiento (incluyendo cualquier vuelta movimientos que comparten un carril).

(HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

b) Movimiento y Numeración de la fase

La figura 30 ilustra los movimientos de tráfico de vehículos y peatones en una intersección de cuatro piernas. Tres movimientos de tráfico vehicular y un movimiento de tráfico peatonal se muestran para cada intersección. Para facilitar la discusión, a cada



movimiento se le asigna un único número o un número y combinación de letras. La letra P denota un movimiento peatonal. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

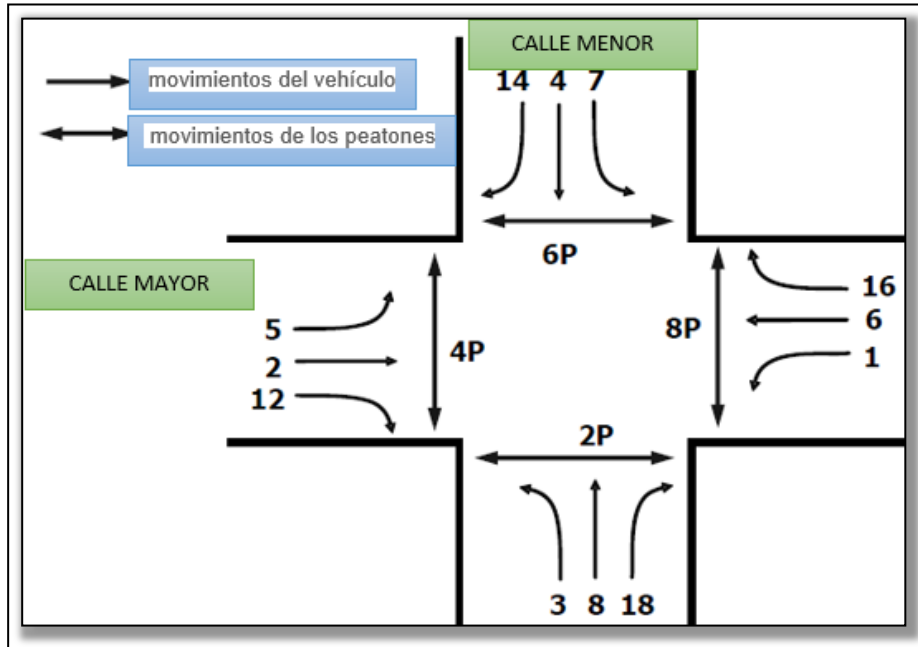


Figura 27: Movimiento de tráfico de vehículos y peatones

Fuente: Elaboración Propia

2.2.19.2. Paso 2: Determinar la tasa de flujo de Grupo de Movimientos

La tasa de flujo de cada grupo de movimiento es determinada en este paso. Si un movimiento de giro sirve para una o más carriles exclusivos y no carriles compartidos, entonces cada tasa de flujo de movimiento es asignada a un grupo de movimiento. Cualquiera de los flujos de enfoque que aún no se ha asignado para un grupo de movimiento es asignado a un grupo de movimiento. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.19.3. Paso 3: Determinar la tasa de Flujo de Grupo de Carriles

La tasa de flujo del grupo de carriles es determinada en este paso. Si no hay carriles compartidos en la intersección enfocada, o el enfoque tiene solo un carril, hay una correspondencia uno a uno entre los grupos de carriles y grupo de movimientos. En esta situación, la tasa de flujo del grupo de carril es igual a la tasa de flujo del grupo de



movimiento. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.19.4. Paso 4: Determinar los Ajustes de la Tasa de Flujo de Saturación:

El ajuste de la tasa de flujo de saturación para cada carril de cada grupo de carriles es calculado en este paso. La tasa de flujo de saturación base proporcionada como una variable de entrada es usada en este cálculo.

El cálculo del flujo de saturación es referido como el “ajuste” de tasa de flujo de saturación porque este refleja la aplicación de varios factores de ajuste a la tasa de flujo de saturación base a las condiciones específicas presentes en la intersección enfocada. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

$$S = S_o f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$$

Donde:

S = Ajuste de la tasa de flujo de saturación.

S_o = Tasa de flujo de saturación base. (pc/h/ln)

f_w = Factor de Ajuste por ancho de carril

f_{HV} = Factor de Ajuste por Vehículos Pesados:

f_g = Factor de Ajuste por Pendiente:

f_p = Factor de Ajuste para Estacionamiento

f_{bb} = Factor de Ajuste para bloqueo de buses

f_a = Factor de Ajuste por tipo de área

f_{IU} = Factor de Ajuste por el carril utilizado

f_{LT} = Factor de Ajuste por giros a la derecha

f_{RT} = Factor de Ajuste por giros a la izquierda

f_{Lpb} = Factor de Ajuste para peatones

f_{Rpb} = Factor de Ajuste para bicicletas

a) Flujo de Saturación Base:

La Tasa de flujo de Saturación representa el máximo caudal de caudal de una vía de



circulación, medida en la línea de parada durante la indicación verde. La tasa de flujo de saturación de base representa la saturación del caudal para un carril de tráfico que es de 12 pies de ancho y no tiene vehículos pesados, grado plano, no hay estacionamiento, no hay autobuses que paran en la intersección, incluso la utilización de carril, y no hay giro de vehículos. Normalmente, una tasa base es seleccionado para representar a todas las intersecciones señalizadas en la jurisdicción (o de área), dentro del cual se encuentra la intersección.

Cuando la intersección se encuentre en un área metropolitana con **250.000 habitantes o más**, la saturación base es de **1900** automóviles/carril/hora, y en otras ciudades **1750**. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

b) Factor de Ajuste por ancho de carril:

Factor de Ajuste por ancho de carril f_w cuenta el impacto negativo del carril estrecho en la tasa de flujo de saturación y permite un incremento de tasa de flujo en carriles anchos.

Tabla 5: Factores de Ajuste

Average Lane Width (ft)	Adjustment Factor (f_w)
<10.0 ^a	0.96
≥10.0–12.9	1.00
>12.9	1.04

Fuente: (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

c) Factor de Ajuste por Vehículos Pesados:

Un vehículo pesado se define como cualquier vehículo con más de cuatro neumáticos tocando el pavimento. Los autobuses locales que paran en el área de intersección no se incluyen en el recuento de vehículos pesados. El porcentaje de vehículos pesados representa el número de vehículos pesados que llegan durante el período de análisis, dividido por el número total de vehículos contados para el mismo período. Este porcentaje se proporciona para cada intersección a la circulación del tráfico; sin embargo, un valor representativo para todos los movimientos puede ser utilizado para un análisis de la planificación.



El factor de ajuste por vehículos pesados f_{HV} cuenta es espacio adicional ocupado por los vehículos pesados y por la diferencia en su capacidad operativa, comparado con carros de pasajeros. Este. Este factor no se refiere a la parada de buses locales en el área de intersección. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$$

Donde

P_{HV} : porcentaje de vehículos pesados en el correspondiente grupo de movimiento.

E_T : equivale al número de autos para cada vehículo pesado.

d) Factor de Ajuste por Pendiente:

El factor de ajuste por pendiente explica los efectos de la pendiente de aproximación en el rendimiento del vehículo.

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200}$$

Donde:

P_g : es la pendiente de aproximación para el correspondiente grupo de movimiento.

Este factor aplica para pendientes que va desde -6.0% a +10.0%. Una cuesta arriba tiene un valor positivo y una cuesta abajo tiene un valor negativo. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)



e) Factor de Ajuste para Estacionamiento

El factor de ajuste de estacionamiento f_p tiene en cuenta el efecto friccionante de un carril de estacionamiento sobre el flujo del grupo de carriles adyacente al carril de estacionamiento. Esto también representa el bloqueo ocasional de un carril adyacente por los vehículos que circulan dentro y fuera de la zona de estacionamiento. Si el estacionamiento no está presente, entonces este factor tiene un valor de 1,00. Si el estacionamiento está presente, entonces el valor de este factor se calcula con la ecuación:

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3,600}}{N} \geq 0.050$$

Donde:

N_m : tasa de maniobra de estacionamiento adyacente al grupo de carriles
(maniobras/h)

N : número de carriles en un grupo de carriles (LN).

La tasa de maniobra de estacionamiento corresponde a las áreas de estacionamiento directamente adyacente al grupo de carriles y dentro de 250 pies antes de la línea de parada. Un límite práctico de 180 maniobras/h debe ser mantenido con la ecuación. Un valor mínimo de f_p de esta ecuación es de 0,050. Cada maniobra (dentro o fuera) se asume para bloquear el tráfico en el carril adyacente a la maniobra de estacionamiento para un promedio de 18 s.

El factor sólo se aplica al grupo de carriles que es adyacente al estacionamiento. En una calle de un solo sentido con un solo carril de grupo de carriles, el número de maniobras utilizadas es el total de ambos lados de la pista. En una calle de un solo sentido con dos o más grupo de carriles, el factor se calcula por separado para cada grupo de carriles y se basa en el número de maniobras adyacente al grupo de carriles. Las Condiciones de estacionamiento con cero maniobras tienen un impacto diferente que el de una situación de no estacionamiento. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)



f) Factor de Ajuste para bloqueo de buses

El factor de ajuste de bloqueo de autobuses f_{bb} tiene en cuenta el impacto de autobuses de tránsito local que paran para descargar o recoger pasajeros en una cercana o lejana parada de buses dentro de los 250 pies de la línea de parada (anterior o posterior). Los valores de este factor se calculan con la ecuación:

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_b}{3,600}}{N} \geq 0.050$$

Donde:

N: Es el número de carriles en un grupo de carriles (ln)

Nb: Es la tasa de parada de buses en el sujeto enfocado (buses/h).

Este factor debe usarse sólo cuando la parada de autobuses bloquea el flujo del tráfico en el grupo de carriles. Un límite práctico de 250 buses/h debe ser sustentado con la ecuación. Un mínimo valor de f_{bb} de esta ecuación es de 0,050. El factor utilizado aquí asume un promedio de tiempo de bloqueo de 14,4 s durante una indicación verde. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

g) Factor de Ajuste por tipo de área

El factor de tipo de área se utiliza para indicar si la intersección está en un distrito central de negocios (CBD).

El factor de tipo de área f_a tiene en cuenta la ineficiencia de las intersecciones en CBDs (zonas comerciales) en comparación a aquellas situadas en otras ubicaciones. Cuando se utiliza, tiene un valor de 0,90.

El uso de este factor debe ser determinado en caso de base de casos. Este factor no es limitado para determinadas zonas CBD, tampoco es necesario utilizarse para todas las zonas CBD. En lugar de ello, este debería utilizarse en zonas donde el diseño geométrico y el tráfico o flujos peatonales, o ambos, son tales que los avances de los vehículos son significativamente incrementados. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)



h) Factor de Ajuste por el Carril Utilizado

Factor de ajuste por la utilización del carril cuenta para la desigualdad en la distribución del tráfico entre los carriles de circulación en aquellos grupos con más de un carril exclusivo. Este factor proporciona un ajuste a la tasa de flujo de saturación base para la cuenta de uso desigual de los carriles. Esto no se utiliza a menos que un grupo de movimiento tenga más de un carril exclusivo. Se calcula con la ecuación:

$$f_{LU} = \frac{v_g}{N_e v_{g1}}$$

f_{LU} : Factor de ajuste por utilización de carril

v_g : Tasa de flujo de demanda para el grupo de movimiento (veh/h),

N_e : Tasa de flujo de demanda en el único carril exclusivo con la mayor tasa de flujo de todos los carriles exclusivos en el grupo de movimiento (veh/h/ln), y

v_{g1} : Número de carriles exclusivos en grupo de movimiento(LN).

Un factor de utilización de un carril de 1,0 se utiliza cuando una distribución del tráfico uniforme puede ser asumida en todos los carriles exclusivos en el grupo de movimiento o cuando un grupo de movimiento sólo tiene un carril. Los valores inferiores a 1,0 se aplican cuando el tráfico no está distribuido uniformemente. Enfoques como la demanda de capacidad, el factor de utilización de carril es a menudo más cerca de 1.0 porque los conductores tienen menos oportunidad de seleccionar su carril. En algunas intersecciones, los conductores pueden elegir uno por encima de otro carril en anticipación del giro en una intersección posterior. Cuando este tipo de "pre posicionamiento" ocurre, una evaluación más precisa será obtenida cuando la actual tasa de flujo para cada carril enfocado es medida en el campo y siempre como una aportación a la metodología. El factor de ajuste de la utilización del carril de entrada se utiliza para estimar la tasa de flujo de saturación de un grupo de carriles con más de un carril exclusivo. Si el grupo de carriles tiene un carril compartido o uno exclusivo, este factor es de 1,0. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)



i) Factor de Ajuste por Giros a la Derecha

El factor de ajuste de giro derecha f_{RT} está destinado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de la ruta de giro a la derecha en la tasa de flujo de la saturación. El valor de este factor de ajuste es calculado con la ecuación:

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R}$$

Donde:

E_R : Es el equivalente al número de carros para un giro a la derecha protegida de vehículo (= 1.18).

Si el movimiento de giro a la derecha comparte un carril con otro movimiento o ha permitido la operación, entonces el procedimiento descrito en el capítulo 31 debe utilizarse para calcular el ajuste de tasa de flujo de saturación para el carril compartido del grupo de carriles. El efecto de peatones y bicicletas en la tasa de flujo de saturación de giro a la derecha es considerado en un factor de ajuste separado. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

j) Factor de Ajuste por giros a la izquierda

El factor de ajuste de giro a la izquierda f_{LT} está destinado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de la ruta de giro a la izquierda en la tasa de flujo de la saturación. El valor de este factor de ajuste es calculado con la ecuación:

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L}$$

Donde:

E_L : Es el equivalente al número de carros para un giro a la izquierda protegido de vehículo (= 1,05).

Si el movimiento de giro a la izquierda comparte un carril con otro movimiento o ha permitido la operación, entonces el procedimiento descrito en el capítulo 31 debe utilizarse para calcular el ajuste de tasa de flujo de saturación para el carril compartido del grupo de carriles. El efecto de los peatones en la tasa del flujo de saturación de giro



a la izquierda es considerado en un factor de ajuste separado. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.19.5. Paso 5: Determinar la Proporción que Llegan Durante el Verde

La demora de control y el tamaño de la cola en una intersección señalizada dependen en gran medida de la proporción de vehículos que llegan durante el verde y la indicación de señal rojo. La demora y el tamaño de la cola son menores cuando una larga proporción de vehículos llegan durante la indicación verde.

$$P = R_p (g / C)$$

Esta ecuación requiere conocimiento del tiempo efectivo en verde g y la duración del ciclo C . Estos valores son conocidos por la operación pre programado. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.19.6. Paso 6: Determinar la Duración de la Fase de Señal

La duración de la fase de señal depende del tipo de control que se utiliza en el tema de la intersección. Si la intersección tiene un control pre programado, entonces la duración de la fase es una entrada y este paso es omitido.

La duración de una fase activada está compuesta de cinco períodos de tiempo. El primer período representa el tiempo perdido mientras la cola reacciona al cambio de la señal de indicación a verde. El segundo intervalo representa el tiempo necesario para despejar la cola de vehículos. El tercer período representa el tiempo de indicación verde extendido por vehículos que ingresan al azar. Termina cuando existe una abertura en el tráfico (es decir, hueco) o el verde se extiende hasta el límite máximo (es decir, Max). El cuarto período representa el intervalo de cambio de color amarillo, y el quinto período representa el intervalo de separación de color rojo. La duración de una fase activada está definida por la ecuación:



$$D_p = l_1 + g_s + g_e + Y + R_c$$

Donde:

D_p = duración de fase (s)

l_1 = pérdida de tiempo de arranque = 2.0 (s)

G_s = tiempo de servicio de cola (s)

G_e = tiempo de extensión verde (s)

Y = el intervalo de cambio Amarillo (s)

R_c = intervalo de separación rojo (s).

El Tiempo efectivo verde para la fase se calcula con la siguiente ecuación:

$$g = D_p - l_1 - l_2 = g_s + g_e + e$$

Donde:

l_2 = tiempo perdido de despeje = $Y + R_c - e$

(s) e = extensión del verde efectivo $e = 2.0$ (s)

Y todas las demás variables están previamente definidas. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.19.7. Paso 7: Determinar la capacidad y la relación de volumen y capacidad

a) Relación de Volumen y capacidad del grupo de carriles

La capacidad de un determinado grupo de carriles sirve a un movimiento de tráfico, y para los cuales no están permitidos movimientos de giro a la izquierda, es definido por la ecuación:

$$c = N s \frac{g}{C}$$

Donde C es la capacidad (veh/h) y las otras variables están previamente definidas. Esta



ecuación no puede usarse para calcular la capacidad de un carril compartido de un grupo de carriles o un grupo de carriles con operación de giro a la izquierda permitido porque estos grupos de carriles tienen otros factores que afectan a su capacidad

La relación de volumen y capacidad para un grupo de carriles es definida como el volumen del grupo de carriles sobre su capacidad. Se calcula mediante la ecuación:

$$X = \frac{v}{c}$$

Donde:

X = relación del volumen y capacidad

v = demanda del índice de flujo (veh/h),

c = capacidad (veh/h).

(HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.19.8. Paso 8: Determinar Demoras

La demora calculada en este paso representa el control promedio de demoras experimentadas por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis. Incluye cualquier demora por estos vehículos que están todavía en la cola después de que finalice el periodo de análisis. El control de demora para un determinado grupo de carriles se calcula utilizando la ecuación:

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

Donde:

d = control de demora (s/veh)

d_1 = demora uniforme (s/veh)

d_2 = demora incremental (s/veh)

d_3 = demora de cola inicial (S/veh).

(HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)



a) Demora Uniforme

La siguiente ecuación representa una forma para calcular la demora cuando las llegadas son asumidas aleatoriamente a lo largo de todo el ciclo. También asume un período verde efectivo durante el ciclo y una tasa de flujo de saturación durante este período. Esto se basa en el primer término de la ecuación de demora presentada en otro lugar (6).

$$d_1 = \frac{0.5 C (1 - g / C)^2}{1 - [\min(1, X)g / C]}$$

Todas las variables están previamente definidas. El procedimiento de cálculo de demoras utilizado en esta metodología es consistente con la ecuación. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

b) Demora Incremental

El término de demora incremental toma en cuenta la demora debido a la variación aleatoria en el número de llegadas en un ciclo por ciclo base. Esto también toma en cuenta la demora causada por exceso de demanda a la capacidad durante el período de análisis. La cantidad por la que la excede demanda a la capacidad durante el período de análisis se denomina aquí como demanda insatisfecha. La ecuación de demora incremental fue derivada mediante el uso de una hipótesis de una cola no inicial debido a la demanda insatisfecha en el anterior período de análisis. Ecuación de 18 a 45 años, con la ecuación 18-46, son usadas para calcular la demora incremental. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

$$d_2 = 900 T \left[(X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{8 k I X_A}{c_A T}} \right]$$
$$X_A = v / c_A$$



Donde X_A es la relación de volumen y capacidad promedio y las otras variables están previamente definidas. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

c) Demora de la Cola Inicial

Si ningún grupo de carriles tiene una cola inicial, entonces la demora de la cola inicial d_3 es igual a 0.0 s/veh. Si una cola inicial está presente para cualquier grupo de carriles en la intersección, entonces la ecuación A mediante la ecuación B son usadas para calcular la demora de la cola inicial para cada grupo de carriles. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

$$d_3 = \frac{3,600}{vT} \left(t_A \frac{Q_b + Q_e - Q_{eo}}{2} + \frac{Q_e^2 - Q_{eo}^2}{2c_A} - \frac{Q_b^2}{2c_A} \right)$$

	$Q_e = Q_b + t_A(v - c_A)$
If $v \geq c_A$, then	$Q_{eo} = T(v - c_A)$
	$t_A = T$
If $v < c_A$, then	$Q_{eo} = 0.0 \text{ veh}$
	$t_A = Q_b / (c_A - v) \leq T$

Donde:

T_A = duración ajustada de la demanda insatisfecha en el periodo de análisis (h), Q_e = cola al final del período de análisis (veh),

Q_{eo} = cola al final del período de análisis cuando $v \geq c_A$ y

$Q_b = 0.0$ (veh), Y otras variables previamente definidas. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)



2.2.19.9. Paso 9. Determinar El Nivel de Servicio

La tabla N°8 se utiliza para determinar el nivel de servicio para cada grupo de carriles, cada enfoque y la intersección como un todo. El Nivel de Servicio es una indicación de la aceptabilidad de los niveles de demora para automovilistas en la intersección. También puede indicar una operación sobresaturada inaceptable para grupos de carriles individuales.

Tabla 6: Niveles de Servicio

Control Delay (s/veh)	LOS by Volume-to-Capacity Ratio ^a	
	≤1.0	>1.0
≤10	A	F
>10–20	B	F
>20–35	C	F
>35–55	D	F
>55–80	E	F
>80	F	F

Fuente: (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.2.22. Trafico Futuro

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o (1+i)^{n-1}$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = Años del período de diseño.

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

Estas tasas pueden variar sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos por implementarse con certeza a corto plazo en la zona de la carretera.



La proyección puede también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población. Y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos datos sobre índices de crecimiento normalmente obran en poder de la región. (HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

La capacidad vial es menor de 1000 vph para la mayoría de las intersecciones, mientras que el nivel de servicio estará en un rango de E-F para la situación actual. Las demoras superan los 60 segundos/vehículo en promedio. Después de la propuesta de solución se tienen demoras menores a 30 segundos por vehículo.

2.3.2. Sub hipótesis

Sub Hipótesis N°1: Las condiciones de tráfico o demanda de vehículos se ha modificado al crearse un nuevo conector que permite circular por la Av. Del Ejército. Incluyendo un mayor flujo de vehículos hacia la Av. Del Ejército y disminuyendo la cantidad de vehículos en la Av. Antonio Lorena.

Sub Hipótesis N°2: La capacidad vial y niveles de servicio tienen una mejor disposición en la geometría y sección vial, considerando carriles de continuidad a lo largo de la vía.

Sub Hipótesis N°3: La capacidad vial y niveles de servicio mejoran con una adecuada optimización semafórica y modificación de los sistemas de control en las intersecciones de la Av. Ejercito

Sub Hipótesis N°4: La diferencia de los tiempos de viaje para la situación actual y la propuesta de solución a la conectividad de la Av. del Ejército hacia la carretera Cusco-Abancay es mayor del 20%

Sub Hipótesis N°5: La relación de saturación Volumen/Capacidad de las



intersecciones en la Av. del Ejército es menor de 1.0 después de la optimización geométrica y semafórica.

Sub Hipótesis N°6: La velocidad promedio en la avenida ejército es menor <30 km/h.

2.4. Definición de variables

2.4.1. Variable Independiente:

2.4.1.1. Intersecciones

Dimensión de Variable Independiente:

2.4.1.2. Intersección Semaforizada.

2.4.1.3. Intersecciones a Desnivel.

Indicadores de Variable Independiente:

2.4.1.4. Geometría de la intersección.

2.4.2. Variables Dependientes:

- Capacidad Vial.

- Nivel de Servicio.

2.4.2.1. Dimensión de las Variables Dependientes

- Condiciones de Trafico
- Condiciones Geométricas
- Condiciones Semafóricas
- Tiempos de demora
- Grado de Saturación (V/C)
- Kilómetros por hora (km/h)



2.4.2.2. Indicadores de las variables dependientes:

- Vehículos pesados (%)
- Estacionamiento
- Paradas de autobús
- Número de carriles
- Ancho de carriles (m.)
- Inclinación de la Rasante
- Tipo de área
- Duración de fase en verde (seg.)
- Duración de fase en rojo (seg.)
- Ciclo del semáforo (seg.)
- Giros a la derecha
- Giros a la izquierda
- Demora uniforme
- Factor de ajuste de Progresión Uniforme.
- Demora Incremental.
- Demora por demanda residual
- Relación Volumen/Capacidad
- Condición de la estructura de la vía.
- Diseño geométrico de la vía.



2.4.3. Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 7: Cuadro operacional de variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES				
VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE				
X ₁ : Intersecciones	Es el cruce de dos o de más calles, caminos.(confluencia de varias vías)	Intersecciones semaforizadas	Semáforos	HCM2010
		Intersecciones no semaforizadas	Geometría de la intersección	HCM2010
VARIABLE DEPENDIENTE				
Y ₁ : Capacidad vial	Es el máximo flujo posible en una facilidad de transporte, bajo condiciones prevalecientes.	Flujo de Saturación Velocidad	Cantidad de Vehículos Ciclos Semafóricos	HCM2010 SYNCHRO Fichas de campo
Y ₂ : Nivel de servicio	Es la medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular.	Demoras Colas Volumen/Capacidad	Niveles A,B,C,D,E,F	HCM 2010 SYNCHRO

Fuente: Elaboración Propia



CAPÍTULO III - METODOLOGÍA

3.1.

Metodología de la Investigación:

3.1.1. Enfoque de la Investigación:

En el enfoque cuantitativo se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis. (Roberto Hernandez Sampieri. Carlo Fernandez Collado, 2003, Pag. 4)

La tesis a presentar, por naturaleza del objeto de estudio, es de tipo Cuantitativa. Debido a que se recogió se procesó los datos obtenidos del trabajo en campo para la determinación de flujos viales críticos, capacidad vial y nivel de servicio.

3.1.2. Nivel de Investigación:

El nivel de estudio que se utilizó fue Descriptivo, porque describimos eventos, y especificamos las propiedades de la geometría de la vía así como los anchos del carril, pendientes, capacidad vial y nivel de servicio. Nuestro propósito es de describir las características y propiedades de dichos fenómenos que influyen en los niveles de servicio del sistema vial, que dicho sistema se estudiara en distintos escenarios planteados.

3.1.3. Método de Investigación:

Aquella orientación que va de lo general a lo específico; es decir, que parte de un enunciado general del que se van desentrañando partes o elementos específicos. (Caballero Romero, 2008)

En el presente estudio se aplicó el método Deductivo, debido a que se recolecta datos de forma independiente de distintos puntos del área de estudio con la finalidad de cumplir los objetivos específicos para luego cumplir el objetivo general.

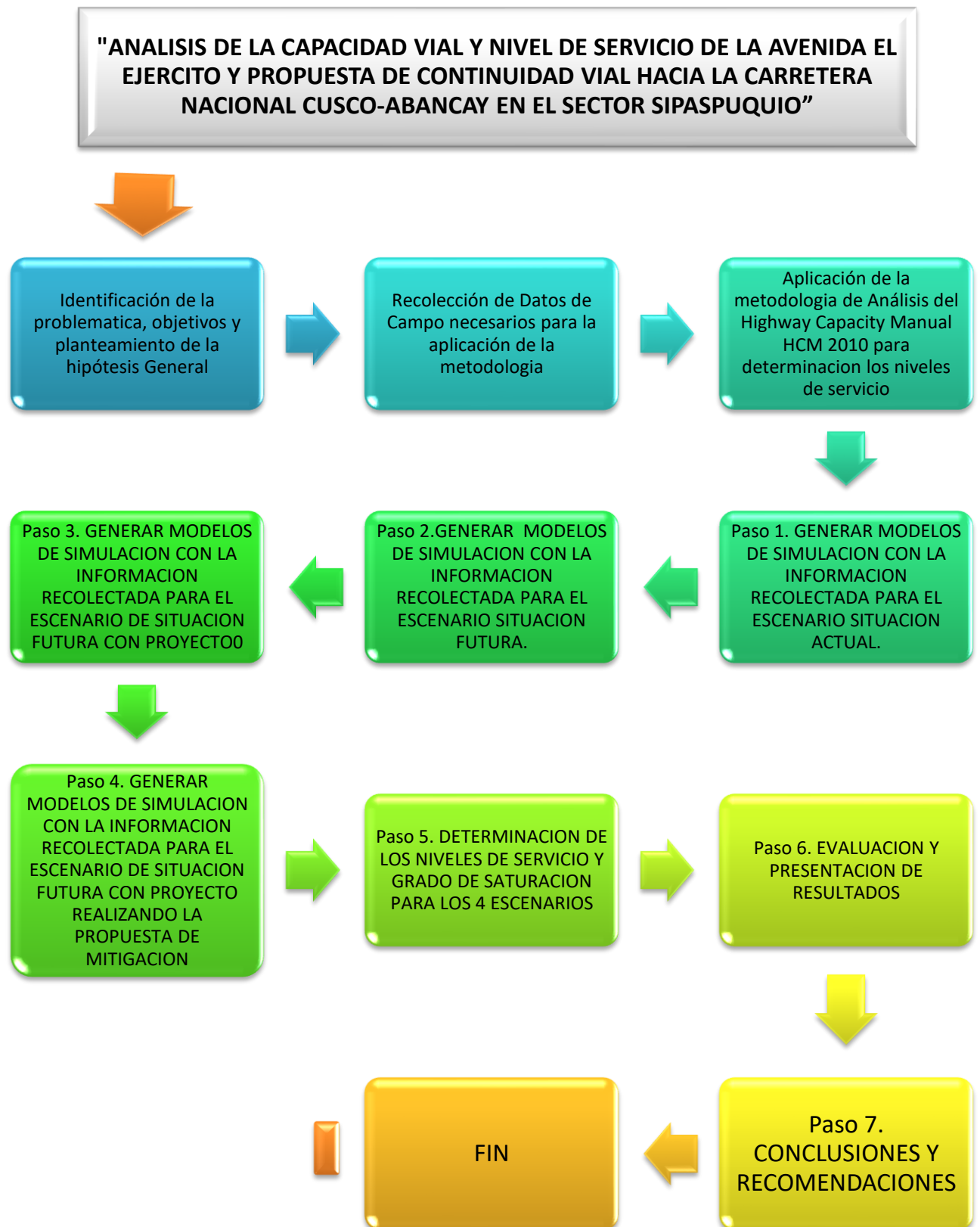
3.2. Diseño de la Investigación:

3.2.1. Diseño Metodológico:

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, consideramos este tipo, debido a que no incluye ninguna modificación, ni manipulación de las variables y observamos los fenómenos en condiciones reales.



3.2.2. Diseño de Ingeniería

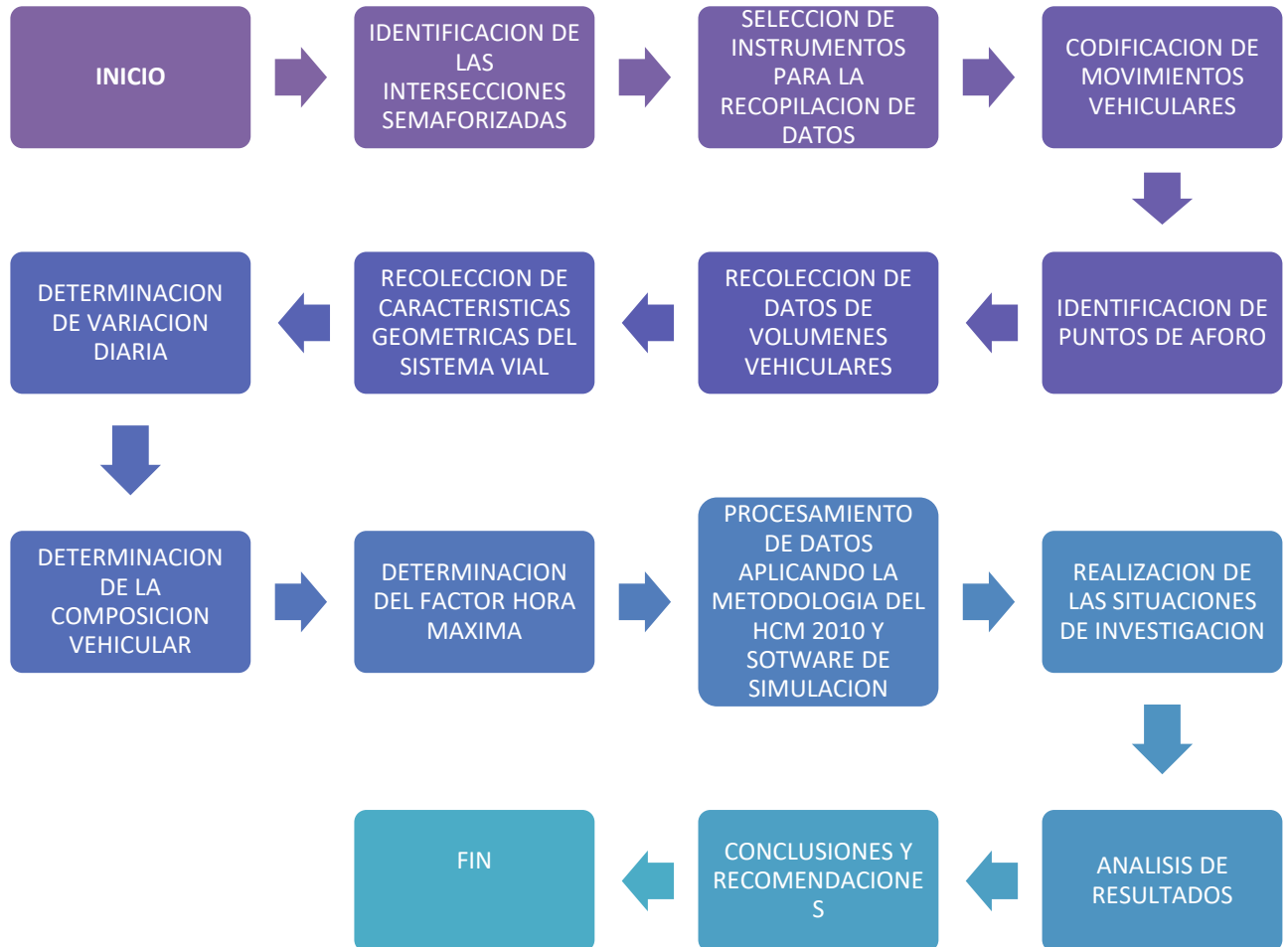


Flujo grama del Diseño de Investigación

Fuente: Elaboración propia



ACTIVIDADES A REALIZARSE PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN



Flujo grama de las actividades de la Investigación
Fuente: Elaboración propia



3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la Población

La población constituye las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas existentes en la Av. Ejército y la Av. Antonio Lorena en la ciudad del Cusco, las cuales son de gran importancia y requieren un mayor estudio.

3.3.1.2. Cuantificación de la Población

La población está constituida por todas las intersecciones a lo largo del sistema vial en estudio, en total tenemos 32 intersecciones en ambos sistemas viales comprendidos entre calles y avenidas que lo conforman, tanto de la Av. Del Ejército como de la Av. Antonio Lorena.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la Muestra

La muestra que se seleccionó en la presente tesis, son las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas con mayor incidencia y alto tránsito del sistema vial en estudio. Las intersecciones son parte del sistema de como componentes de paso. Todas las intersecciones fueron analizadas en cuanto a sus niveles de servicio. Nuestra muestra a estudiar es determinada por:

Sus características de tránsito y circulación, los cuales son obtenidos mediante el aforo manual de 24 horas en la intersección Av. Antonio Lorena con Calle Ricardo Palma mediante el cual se determinó la hora punta para el aforo del resto de intersecciones en estudio los realizamos una hora en el sistema vial para determinar el volumen, velocidad, composición y distribución direccional del tránsito.

Las características físicas son obtenidas en base a pendientes, número de carriles, ancho de carriles.

Las características de los sistemas de control son las que se tiene en el sistema vial que regulan la circulación vehicular y que estas serán modificadas en la fase de situaciones futuras para evaluar las condiciones del tiempo de circulación en dicho sistema.

3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra:

En nuestro caso la muestra no coincidió con la población. Trece áreas de estudio, cada intersección semaforizada y no semaforizada se detallan a continuación:

1. Av. Del Ejército con Ca. San Miguel.
2. Av. Grau con Rampa subida Av. Del Ejército.
3. Av. Grau con Rampa bajada Av. Del Ejército.
4. Av. Del Ejército con Ca. Pera.
5. Av. Del Ejército con Ca. General Buendía.
6. Av. Del Ejército con Rampa Puente Almudena.
7. Av. Del Ejército con Av. Ayahuayco.
8. Av. Ayahuayco con Ca. Nueva Alta.
9. Av. Túpac Amaru con Ca. Ricardo Palma.
10. Av. Antonio Lorena con Ca. Ricardo Palma.
11. Av. Antonio Lorena con Ca. Precursores.
12. Av. Antonio Lorena con Ca. Almudena.
13. Av. Antonio Lorena con Ca. Tambopata
14. Av. Antonio Lorena con Ca. Rocopata.
15. Av. Antonio Lorena con Av. Grau



Figura 28: Intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del sistema vial en estudio

Fuente: Elaboración propia



3.3.2.3. Método de Muestreo:

El método es no probabilístico, ósea el muestreo será intencional o de conveniencia según el criterio del investigador.

- Con la finalidad de tener un perfil de tráfico y determinar las horas puntas.
- Se tomaron en cuenta las intersecciones que forman parte del corredor vial de la Av. Ejército y la Av. Antonio Lorena, que forman parte del sistema como componente de paso.
- Se tomaron los datos de vehículos que se encontraban circulando en las vía.
- Se tomaron datos de las características físicas de todo el tramo de vía contenido entre las intersecciones citadas.

3.3.2.4. Criterios de Evaluación de Muestra:

Evaluamos las 15 intersecciones en base a la metodología Highway capacity Manual 2010 (HCM 2010)

- Determinación de las características del tránsito.
- Determinación de las características semafóricas.
- Determinación de las características geométricas.

3.3.3. Criterios de Inclusión:

Los criterios que tomamos en cuenta para la inclusión son los siguientes:

- Intersecciones viales que estén dentro de la tipología de intersecciones semaforizadas.
- Intersecciones viales que enlace los sistemas viales más importantes de la ciudad del Cusco.
- Intersecciones viales con gran flujo vehicular (demanda).
- Intersecciones viales que ofrezcan mayor infraestructura vial (oferta).