



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“ANÁLISIS OPERACIONAL PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LA VÍA NACIONAL 3S COMPRENDIDA DESDE GRANJA KAYRA-SAN JERÓNIMO HASTA HUASAO-SAYLLA, USANDO LOS MÉTODOS DE MICROSIMULACIÓN Y METODOLOGÍA DEL HCM PARA VÍAS RURALES SEMIURBANAS.”

Presentado por

Bach. Crhystiams Saúl Corrales Jorge

Bach. Juvenal Allcca Ccarhuas

Para optar al Título Profesional de

Ingeniero Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Jean F. Pérez Montesinos

CUSCO – PERÚ
2019



DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado fuerza y salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre con mucho amor y cariño, le dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de esta tesis, Por su sacrificio y entrega, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante, por su apoyo incondicional en todo momento y por su amor.

A mi novia, siendo una gran motivación en mi vida encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto para poder lograr alcanzar este objetivo en la vida, que con su amor y apoyo incondicional se preocupó por mí en cada momento y siempre quiso lo mejor para mi porvenir.

A mi familia, tíos y primos por los consejos y recomendaciones que me permitieron salir adelante.

Crhystiams Saúl Corrales Jorge



DEDICATORIA

Para mis añorados padres, con mucho apego, les dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de esta tesis, Por su valentía y dedicación, por las enseñanzas aprendidas de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante, por su apoyo incondicional en todo momento y por su proeza.

A mis hermanos por sus consejos, apoyo incondicional y compañía en todo momento, demostrando que la familia es un vínculo de amor irrompible.

A mi familia, tíos, primos y chuperamigos por los consejos y recomendaciones que fueron oportunos para concluir esta tapa de mi formación profesional así continuar con esta historia.

A mi esposa Miriam, por afirmar mi arrebato por concluir esta investigación.

Juvenal Alleca Ccarhuas.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, en especial a mi madre Raquel y mi novia Fiorella, les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por su apoyo incondicional y por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado,

A mis tíos y primos por sus consejos y recomendaciones, a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que estuvieron allí en la formación de mi vida profesional.

Y a todos mis amigos y personas que hicieron posible la conclusión de esta investigación.

Crhystiams Saúl Corrales Jorge



AGRADECIMIENTO

Agradezco mi esposa Miriam, gratitud a mis padres Julio y Santosa, a mis hermanos Guillermo, Edwin, Marisol, Ever, Julio Cesar y Graciela, les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por su apoyo incondicional y por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado.

A mis tíos y primos por sus consejos y recomendaciones, a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil que con un amor desprendido impartieron sus conocimientos para hacer de nosotros una idea diferente.

Y a todos mis amigos y personas que hicieron posible la conclusión de esta investigación.

Juvenal Allcca Ccarhuas.



RESUMEN

Debido al crecimiento rápido del parque automotor y la escasa mejora de las condiciones físicas de las ciudades, la congestión vehicular se ha vuelto uno de los principales problemas urbanos, es por eso que hoy en día la planificación vial y urbanística es de suma importancia.

La presente tesis de investigación tuvo como objetivo principal analizar las condiciones de tráfico en el corredor vial de la vía nacional 3S, que parte desde el sector de Kayra hasta el sector de Huasao, pasando por Saylla.

Con los datos obtenidos se procedió al cálculo de la capacidad vial y nivel de servicio basado en el Highway Capacity Manual (HCM 2010) el cual está incorporado en el software de microsimulación Synchro 8.0, dicho software nos permitió realizar la simulación de dichas intersecciones en su estado actual.

Se hizo el análisis de este corredor vial considerando que este tramo ya está definido como un sector semi urbano, teniendo accesos transversales que definen las intersecciones. Por esta razón se hizo un análisis basado en estas demoras generadas por las intersecciones, así como la reducción de la velocidad de circulación.

Palabras clave: Corredor vial, Capacidad Vial, Niveles de servicio.



ABSTRACT

Due to the rapid growth of the automobile fleet and the poor improvement of the physical conditions of the cities, vehicular congestion has become one of the main urban problems, which is why road and urban planning are of the utmost importance today. The main objective of this research thesis was to analyze the traffic conditions in the road corridor of the 3S national highway, which starts from the Kayra sector to the Huasao sector, passing through Saylla. With the data obtained, the road capacity and service level calculation was calculated based on the Highway Capacity Manual (HCM 2010) which is incorporated into the Synchro 8.0 microsimulation software, this software allowed us to simulate these intersections in its Actual state. The analysis of this route was made considering that this section is already defined as a semi-urban sector, having transversal accesses that define the intersections. For this reason, an analysis was made based on these delays generated by the intersections, as well as the reduction of the speed of circulation.

Keywords: road corridor, Road Capacity, Service levels.



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 y análisis sobre estos temas, especialmente cuando se dan cambios en la infraestructura vial y peatonal de la ciudad del Cusco.

En la presente tesis se analizó el impacto que generara el corredor vial nacional 3S en el tramo desde Granja Kayra hasta Huasao. Tal como se observa las condiciones de tráfico, especialmente durante el fin de semana, miles de vehículos dejan la ciudad del Cusco con destino de diversión y esparcimiento hacia Saylla, Huasao, Oropera, Tipon, generando el colapso de esta vía, en especial en el sector de Saylla donde las operaciones semafóricas no generan demoras, y no se tiene un paso de tipo vía de Evitamiento.

En la presenta tesis se estudió las demoras y niveles de servicio a lo largo de este corredor vial, iniciando en los primeros capítulos con la recopilación de datos, seguido del procesamiento de datos y análisis. Producto de los resultados se obtuvo niveles de servicio bajos y grandes demoras, especialmente en nodos como Saylla y Huasao. Posteriormente se hizo una propuesta de solución ampliando la capacidad de la vía y generando una vía de circulación alternativa para vehículos pesados y tráfico que atraviesa Saylla.

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



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA I

DEDICATORIA II

AGRADECIMIENTO III

AGRADECIMIENTO IV

RESUMEN V

ABSTRACT VI

INTRODUCCIÓN..... VII

CAPÍTULO I..... 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 1

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA 1

 1.1.1. Descripción del Problema..... 1

 1.1.1.1. Ubicación Geográfica: 1

 1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema:..... 2

 1.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema General 2

 1.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos 2

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN: 3

 1.2.1. Justificación Técnica..... 3

 1.2.2. Justificación Social..... 3

 1.2.3. Justificación por Viabilidad 3

 1.2.4. Justificación por Relevancia 4

1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 4

 1.3.1. Limitaciones por Espacio:..... 4

 1.3.2. Limitaciones por Tiempo: 4

 1.3.3. Limitaciones por datos:..... 5

 1.3.4. Limitaciones por Fuente de Base:..... 5

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN 5

 1.4.1. Objetivo General..... 5



1.4.2. *Objetivo Específicos*..... 5

1.5. HIPÓTESIS..... 6

1.5.1. *Hipótesis General*..... 6

1.5.2. *Sub hipótesis*..... 6

1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES 7

1.6.1. *Variable Independiente:* 7

1.6.1.1. *Dimensión de Variable Independiente:* 7

1.6.1.2. *Indicadores de Variable Independiente:* 7

1.6.2. *Variables Dependientes:* 8

1.6.2.1. *Dimensión de las Variables Dependientes* 8

1.6.2.2. *Indicadores de las variables dependientes:* 8

1.7. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 8

CAPÍTULO II..... 9

2. MARCO TEÓRICO DE LA TESIS..... 10

2.1. ANTECEDENTES DE LA TESIS 10

2.1.1. *Antecedentes a Nivel Local* 10

2.1.2. *Antecedentes a nivel internacional* 11

2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTE..... 12

2.2.1. *Definición de Infraestructura vial*..... 13

2.2.2. *Clasificación de Vías*..... 13

2.2.2.1. *Vías expresas* 14

2.2.2.2. *Vías arteriales:* 15

2.2.2.3. *Vías colectoras:*..... 15

2.2.2.4. *Vías locales*..... 16

2.2.2.5. *Vías de diseño especial*..... 16

2.2.3. *Usuarios de la Vía*..... 17

2.2.3.1. *El conductor*..... 17

2.2.3.2. *El Vehículo* 18

2.2.3.3. *Tipos de vehículos* 18

A. *Vehículos ligeros* 18

B. *Vehículos pesados*..... 19

2.2.3.4. *El peatón y su interacción con la vía* 21

2.2.4. *Intersecciones Viales*..... 21



2.2.4.1. Tipos de Intersecciones Viales	22
A. <i>Intersecciones a Nivel</i>	22
a. <i>Criterios de diseño</i>	23
1. <i>Criterios generales</i>	23
2. <i>Consideraciones del tránsito</i>	24
3. <i>Demanda y modelación</i>	25
4. <i>Elección del tipo de control</i>	25
b. <i>Elementos canalizadores y reguladores</i>	25
1. <i>Semáforos</i>	27
c. <i>Tipología de intersecciones a nivel</i>	27
1. <i>Intersecciones según su composición:</i>	27
c.2. <i>Intersecciones no semaforizadas</i>	36
2.2.5. <i>Estudios de impacto vial (EIV)</i>	36
2.2.5.1. <i>Definición</i>	37
2.2.5.2. <i>Algunas consideraciones sobre los EIV</i>	37
2.2.5.3. <i>Procedimientos de un Estudio de Impacto Vial</i>	38
2.2.5.4. <i>Requisitos de un EIV</i>	38
2.2.6. <i>Dispositivos para el Control del Tránsito</i>	41
2.2.6.1. <i>Clasificación de dispositivos de control</i>	42
2.2.7. <i>Volumen de Tránsito Horario:</i>	43
2.2.7.1. <i>Volumen horario de máxima demanda:</i>	43
2.2.7.2. <i>Volumen Horario de Proyecto</i>	43
2.2.8. <i>Velocidad en General</i>	44
2.2.9. <i>Capacidad Vial en Intersecciones Semaforizadas</i>	44
2.2.10. <i>Nivel de Servicio</i>	45
2.2.11. <i>Tasa de Demanda del Flujo</i>	47
2.2.12. <i>Factor Hora Punta de Intersección</i>	47
2.2.13. <i>Relación de pelotón</i>	48
2.2.13.1. <i>Tipos de llegada:</i>	49
2.2.14. <i>Cola inicial</i>	50
2.2.15. <i>Tasa de Flujo Peatonal</i>	51
2.2.16. <i>Tasa de Flujo de Bicicletas</i>	51
2.2.17. <i>Máximo Verde</i>	51
2.2.18. <i>Minino Verde</i>	52



2.2.19. <i>El Cambio de Color Amarillo y el Rojo</i>	52
2.2.19.1. Duración de Ciclo (Coordinado- Operación Actuada)	52
2.2.19.2. Fase dividida (Coordinado- Operación Actuada)	53
2.2.20. <i>Desplazamiento y Punto de Referencia de Desplazamiento (Coordinado- operación Actuada)</i>	53
2.2.21. <i>Modo de Fuerza (Operación Coordinada- Actuada)</i>	53
2.2.22. <i>Metodología del HCM</i>	54
2.2.22.1. Paso 1: Determinar grupo de movimientos y grupo de Carriles	54
2.2.22.2. Paso 2: Determinar la tasa de flujo de Grupo de Movimientos	55
2.2.22.3. Paso 3: Determinar la tasa de Flujo de Grupo de Carriles	55
2.2.22.4. Paso 4: Determinar los Ajustes de la Tasa de Flujo de Saturación:.....	55
A. <i>Flujo de Saturación Base:</i>	56
B. <i>Factor de Ajuste por ancho de carril:</i>	57
C. <i>Factor de Ajuste por Vehículos Pesados:</i>	57
D. <i>Factor de Ajuste por Pendiente:</i>	58
E. <i>Factor de Ajuste para Estacionamiento</i>	58
F. <i>Factor de Ajuste para bloqueo de buses</i>	59
G. <i>Factor de Ajuste por tipo de área</i>	60
H. <i>Factor de Ajuste por el Carril Utilizado</i>	61
I. <i>Factor de Ajuste por Giros a la Derecha</i>	62
J. <i>Factor de Ajuste por giros a la izquierda</i>	62
K. <i>Factor Ajuste para Peatones y Bicicletas</i>	63
2.2.22.5. Paso 5: Determinar la Proporción que Llegan Durante el Verde.....	63
2.2.22.6. Paso 6: Determinar la Duración de la Fase de Señal	63
2.2.22.7. Paso 7: Determinar la capacidad y la relación de volumen y capacidad	64
A. <i>Relación de Volumen y capacidad del grupo de carriles</i>	65
2.2.22.8. Paso 8: Determinar Demoras	65
A. <i>Demora Uniforme</i>	66
B. <i>Demora Incremental</i>	66
C. <i>Demora de la Cola Inicial</i>	67
2.2.22.9. Paso 9. Determinar El Nivel de Servicio	68
2.2.23. <i>Ubicación de los Paraderos</i>	69
2.2.23.1. Punto de Parada Antes de la Intersección.....	69
2.2.23.2. Punto de Parada Después de la Intersección	69



CAPÍTULO III 71

METODOLOGÍA 71

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: 71

 3.1.1. *Enfoque de la investigación:* 71

 3.1.2. *Nivel de investigación:* 72

 3.1.3. *Método de investigación:* 73

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: 73

 3.2.1. *Diseño metodológico:* 73

 3.2.2. *Diseño de ingeniería* 74

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA 76

 3.3.1. *Población* 76

 3.3.1.1. Descripción de la población..... 76

 3.3.1.2. Cuantificación de la población 76

 3.3.2. *Muestra*..... 76

 3.3.2.1. Descripción de la muestra..... 76

 3.3.2.2. Método de muestreo: 76

 3.3.2.3. Criterios de evaluación de muestra:..... 77

 3.3.3. *Criterios de inclusión:*..... 77

3.4. INSTRUMENTOS: 77

 3.4.1. *Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos:* 77

 3.4.1.1. Ficha de aforo vehicular 77

 3.4.1.2. Ficha de aforo peatonal..... 79

 3.4.1.3. Ficha de características geométricas..... 80

 3.4.1.4. Ficha de características semafóricas de la vía 80

 3.4.2. *Instrumentos de ingeniería:* 81

 3.4.2.1. Cámara filmadora: 81

 3.4.2.2. Estación total: 82

 3.4.2.3. Synchro 8 educacional:..... 83

 3.4.2.4. Software de apoyo: autocad..... 84

3.5. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: 85

 3.5.1. *Codificación de movimientos vehiculares*..... 85

 3.5.2. *Registro fílmico* 99

 3.5.3. *Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales* 99



3.5.4. *Recolección de características geométricas de la vía*..... 100

3.5.5. *Recolección de características semaforicas*..... 101

3.5.6. *Determinación de la variación diaria y horaria* 101

 3.5.6.1. *Variación diaria:* 101

3.5.7. *Determinación de volúmenes vehiculares y peatonales por sentido:*..... 102

3.5.8. *Procesamiento de datos aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0)* 103

 A. *Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio*..... 103

CAPÍTULO IV **109**

RESULTADOS..... **109**

 4.1. **RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL SISTEMA VIAL ACTUAL 2019**..... 109

 4.2. **RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL SISTEMA VIAL MEJORADO** 112

 4.3. **DIMENSIONES REQUERIDAS PARA LA UBICACIÓN DE LOS PARADEROS** 124

 4.3.1. *Solución con señalización horizontal*..... 124

 4.3.2. *Solución con paraderos en bahías* 126

CAPÍTULO V **129**

DISCUSIÓN..... **129**

GLOSARIO **131**

CONCLUSIONES..... **133**

RECOMENDACIONES..... **135**

REFERENCIAS **138**

ANEXOS **139**

ANEXOS DE PLANOS **150**



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro operacional de variables	8
Tabla 2: Factores que afectan al conductor	17
Tabla 3: Datos básicos de vehículos	21
Tabla 4: Valores de la relación de pelotón	49
Tabla 5: Factores de ajuste	57
Tabla 6: Niveles de servicio	68
Tabla 7: Formato de conteo vehicular	78
Tabla 8: Formato de ficha de aforo peatonal.....	79
Tabla 9: Formato de ficha de características geométricas de la vía	80
Tabla 10: Formato de ficha de características semafóricas de la vía	81
Tabla 11: Codificación de movimientos vehiculares	85
Tabla 12: Características geométrica.	100
Tabla 13: Tabla De Resultados	111
Tabla 14: Tabla De Resultados-Propuesta	115



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Alturas asociados a vehículos ligeros 19

Figura 2: Alturas asociadas a vehículos pesados 20

Figura 3: Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel 22

Figura 4: Intersección sin canalizar y canalizada..... 24

Figura 5: Tipos de isletas 27

Figura 6: Tipos de intersecciones a nivel 28

Figura 7: Intersecciones de tres ramales 29

Figura 8: Intersecciones de cuatro ramales 29

Figura 9: Intersección de 4 ramales con elevados flujos vehiculares 30

Figura 10: Intersección de 4 ramales con bajos flujos vehiculare..... 30

Figura 11: Esquema de una intersección giratoria o glorieta 31

Figura 12: Esquema de fase en una intersección semaforizada 33

Figura 13: Tipos de movimientos en una intersección..... 35

Figura 14: Esquema de los Pasos para un EIV..... 38

Figura 15: Criterios del nivel de servicio 47

Figura 16: Movimiento de tráfico de vehículos y peatones 55

Figura 17: paradero sobre el carril del lado derecho y más cerca de la esquina, facilita el giro del ómnibus a la derecha 69

Figura 18: de parada después de la intersección 70

Figura 19: Cámara y Gopro Hero4..... 81

Figura 20: Estación total e instrumentos complementarios 82

Figura 21: Instrumento de Recolección de Datos: Cinta métrica..... 83

Figura 22: Instrumento de Recolección de Datos: Eclímetro 83

Figura 23: Synchro 8 educacional 84

Figura 24: Toma de pantalla del Software AutoCAD..... 84

Figura 25: Codificación de movimientos vehiculares intersección 01 86

Figura 26: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 02..... 86

Figura 27: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 03..... 87

Figura 28: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 04..... 87

Figura 29: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 05..... 88

Figura 30: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 06..... 89



Figura 31: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 07 90

Figura 32: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 08..... 91

Figura 33: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 09..... 92

Figura 34: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 10..... 93

Figura 35: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 11 94

Figura 36: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 12..... 95

Figura 37: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 13..... 96

Figura 38: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 14..... 97

Figura 39: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 15..... 98

Figura 40: Vista en planta de las Intersecciones 103

Figura 41: Codificación de las intersecciones 104

Figura 42: Movimientos de carriles Intersección 105

Figura 43: Volúmenes por sentido de circulación..... 106

Figura 44: Ventana de Ajuste de metodología HCM..... 107

Figura 45: Simulación de la Intersección 108

Figura 46: demoras existentes 109

Figura 47: niveles de servicio existentes..... 110

Figura 48: relación de saturación v/c 110

Figura 49: demoras generadas 112

Figura 50: niveles de servicio..... 113

Figura 51: relación de saturación 114

Figura 52: paradero ubicado antes de la intersección 124

Figura 53: paradero ubicado después de la intersección 125

Figura 54: paradero en bahías antes de la intersección 126

Figura 55: paradero en bahías después de la intersección..... 127

Figura 56: paradero en bahías a mitad de cuadra 128

Figura 57: Esquema del carril de adelantamiento 136



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

A diario se tiene una incertidumbre respecto a la calidad dela circulación en este corredor, miles de vehículos diarios circulan por este sector que es la única salida a varios destinos hacia el sur del Cusco, Arequipa, Puno, Sicuani, Puerto Maldonado.

Colas interminables y baja velocidad restringen la calidad de circulación, la inexistencia de zonas de sobrepaso generando operaciones peligrosas que conducen a la existencia de accidentes de tránsito. La baja capacidad se ve refleja en inseguridad vial.

Existe una inseguridad vial en varias intersecciones que deberia estar semaforizadas dando la garantia a peatones y vehiculos de evitar accidentes. Tal es el caso del sector urbano de Saylla y el sector de la Universidad Andina en collana, donde no se tiene control semaforico adecuado.

1.1.1.1. Ubicación Geográfica:

Las intersecciones a analizar tienen la siguiente ubicación geográfica, carretera 3S desde Kayra hasta Huasao teniendo una distancia de 5.8 kilometros.

Tabla n..... ubicación y coordenadas

DEPARTAMENTO	CUSCO	PROVINCIA	CUSCO
DISTRITO	SAN JERONIMO, SAYLLA, HUASAO	ZONA	19L
UBICACIÓN	avenida Manco Capacc, carretera 3s cusco Urcos, tramo Kayra - Saylla		
COORDENADAS UTM	Inicio: Este: 19L-178140.75 m E Norte: 8503436.93 m S		Final: Este: 19L-187289.92 m E Norte: 8500580.62 m S

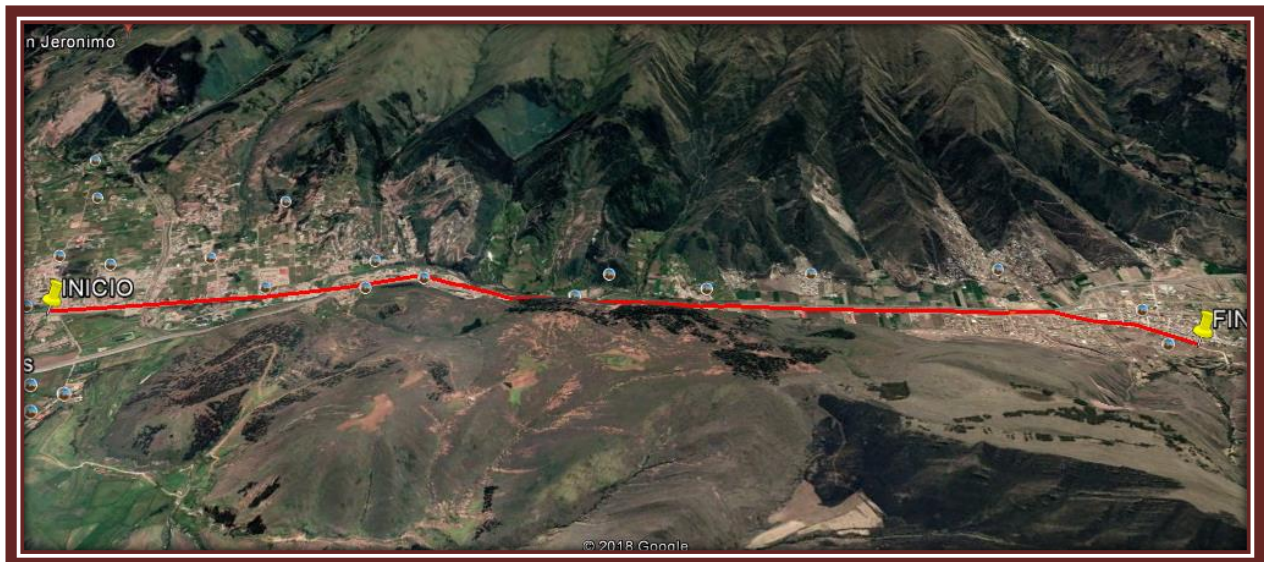


Figura 1: corredor vial, avenida Manco Capacc, carretera 3s cusco urcos, tramo kayra - saylla

Referencia: Google Earth

1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema:

1.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema General

¿Cuál es la capacidad vial y nivel de servicio, propuesta para mejorar la calidad de circulación en el tramo de la vía rural comprendida desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)?

1.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos

PE 01.- ¿Cuál es el nivel de servicio en el tramo de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)?

PE 02.- ¿Cómo influirá la cantidad de vehículos pesados en la determinación de nivel de servicio en el tramo de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)?

PE 03.- ¿Cómo influye la existencia de estacionamiento en el nivel de servicio en el tramo de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)?

PE 04.- ¿Cuál es la capacidad vial y cómo influye en el nivel de servicio en el



tramo de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)?

PE 05.- ¿Cuál es la relación de saturación en el tramo de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)?

1.2. Justificación e Importancia de la Investigación:

1.2.1. Justificación Técnica

Aplicando la metodología que nos ofrece el manual de capacidad vial americano (HCM), los aportes técnicos de esta investigación serán:

- Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones en estudio y comparación con el nivel servicio para el diagnóstico y para la propuesta de solución.
- Evaluar la factibilidad de proponer acciones de solución para mejorar la seguridad vial y el tránsito vehicular.
- Hallazgo de las respuestas, direcciones y lineamientos que promuevan y encaminen a soluciones a corto, mediano y largo plazo.

1.2.2. Justificación Social

El usuario que se moviliza por este sistema vial se vería afectado por las modificaciones planteadas, para poder reducir sus tiempos de viaje para llegar a su destino en un menor tiempo y disminuir el estrés provocado por la congestión que se presenta en horas y días críticos. Es decir que las vías puedan brindarle un mejor servicio.

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 software de modelación están al alcance y disposición de cualquier operario.
- Contamos con el financiamiento requerido para realizar la investigación eficientemente.



1.2.4. Justificación por Relevancia

El tema de investigación es de gran importancia ya que el corredor vial Semi urbano a estudiar es de las más transitadas en la ciudad del Cusco, y en la que se presentan ciertos problemas de circulación. Por esta razón que al conocer el nivel de servicio y la capacidad vial antes y después del cierre parcial propondremos respuestas, direcciones y lineamientos que promuevan y encaminen posibles soluciones.

1.3. Limitaciones de la Investigación

1.3.1. Limitaciones por Espacio:

El estudio se realizó en quince intersecciones:

- Kayra con Carretera 3S
- Ccollana con Carretera 3S
- UAC con Carretera 3S
- Vía de Evitamiento con Carretera 3S
- Acceso comunidad 1 con Carretera 3S
- Acceso Tingo con Carretera 3S
- Acceso carretera comunidad 2 y Carretera 3S
- Ingreso Saylla con Carretera 3S
- Primer semáforo Saylla con Carretera 3S
- Segundo semáforo Saylla con Carretera 3S
- Acceso piscina Saylla con Carretera 3S
- Calle s/n Saylla con Carretera 3S
- Acceso Huasao con Carretera 3S

1.3.2. Limitaciones por Tiempo:

Con la evidencia de dificultades en el tránsito como la congestión vehicular realizados en los meses de julio del 2019, bajas velocidades de circulación, embotellamientos en las intersecciones a estudiar, debido al aumento del flujo vehicular y mayor porcentaje de vehículos ligeros o pesados se debe realizar el análisis de capacidad vial y niveles de servicio cada año, considerando los grandes porcentajes de aumento y variación de la capacidad vial y niveles de servicio en



dichas vías.

1.3.3. Limitaciones por datos:

Se tuvo la inexistencia de datos actualizados referentes a volúmenes de tránsito. Hecho que se superó mediante la obtención de datos con el apoyo de métodos topográficos y el trabajo en campo realizado, como son los aforos manuales en campo, e inventarios de datos semafóricos.

1.3.4. Limitaciones por Fuente de Base:

Para el estudio de la Capacidad y Niveles de Servicio en el Perú no se cuenta con una metodología propia es por eso que se recurrió a la utilización de la metodología expuesta por el manual norteamericano Highway Capacity Manual (HCM 2010).

Esta metodología está avalada por el MTC mediante el Manual de Diseño Geométrico de Vías DG 2018.

1.4. Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

OG. - Determinar la capacidad vial y el nivel de servicio, propuesta para mejorar la calidad de circulación en el tramo de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)

1.4.2. Objetivo Específicos

Objetivo Específico N°1:

OE 01.- Determinar el nivel de servicio de las intersecciones en el segmento de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)

Objetivo Específico N°2:

OE 02.- Evaluar cómo influirá la cantidad de vehículos pesados en la determinación de nivel de servicio en el segmento de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)

Objetivo Específico N°3.



OE 03.- Determinar la influencia de estacionamiento a lo largo del corredor vial desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)

Objetivo Específico N°4:

OE 04.- Determinar la capacidad vial de las intersecciones en el segmento de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)

Objetivo Específico N°5:

OE 05.- Determinar la relación de saturación de las intersecciones en el segmento de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

El nivel de servicio de las intersecciones a lo largo del corredor vial en varios casos supera el nivel D.

1.5.2. Sub hipótesis

Sub Hipótesis N° 1: La configuración de los sistemas de control, semaforizadas y no semaforizadas inciden y modifican el cálculo de los niveles de servicio en el sistema vial antes y después del cierre parcial.

Sub Hipótesis N°2: La cantidad de vehículos pesados tiene un impacto negativo en la circulación a largo del corredor vial en estudio, generando demoras adicionales. Es necesario implementar carriles de sobre paso o adelantamiento en varios tramos largo, así como desviarlo por rutas ralentizadas por Saylla.

Sub Hipótesis N°3: La presencia de estacionamiento a lo largo de la vía, así como la presencia de paraderos incrementan las demoras y reducen los niveles de servicio.

Sub Hipótesis N°4: La capacidad vial de los accesos de las intersecciones del corredor vial en estudio es inferior a 1000 vehículos por hora.

Sub Hipótesis N°5: La relación de saturación volumen/capacidad para las intersecciones es en algunos casos superior a 1.0, especialmente en el sector de



Saylla.

1.6. Definición de variables

1.6.1. Variable Independiente:

- Sistemas de control
- Grado de saturación
- Geometría de las vías
- Cantidad de estacionamiento y paraderos
- Demanda vehicular y peatonal

1.6.1.1. Dimensión de Variable Independiente:

- Fase de Diagnóstico
- Fase de Propuesta

1.6.1.2. Indicadores de Variable Independiente:

- Vehículos pesados (%)
- Estacionamiento
- Paradas de autobús
- Circulación de peatones y ciclistas
- Número de carriles
- Ancho de carriles (m)
- Pendiente
- Tipo de área
- Duración de fase en verde (s)



- Duración de fase en rojo (s)
- Ciclo del semáforo (s)
- Giro a la derecha
- Giros a la izquierda
- Demora uniforme
- Demora Incremental
- Demora por demanda residual
- Numero de peatones/hora

1.6.2. Variables Dependientes:

- Nivel de servicio
- Capacidad vial

1.6.2.1. Dimensión de las Variables Dependientes

- Fase de Diagnóstico
- Fase de Propuesta

1.6.2.2. Indicadores de las variables dependientes:

- Demoras

1.7. Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 1: Cuadro operacional de variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Y ₁ :(independiente) nivel de servicio	Es la calidad de circulación en las intersecciones del segmento o corredor vial.	(segundos)	HCM2010
X ₁ : Tipo y configuración de sistemas de control	Se refiere al tipo de control de flujo que tiene las intersecciones del sistema. semaforizado y no semaforizado	(segundos), (minutos)	HCM2010 SYNCHRO
X ₂ : Relación volumen/capacidad	Es la medida cuantitativa de la congestión, mediante la relación entre el volumen y la capacidad.	Ratio V/C	HCM2010 SYNCHRO
X ₃ : Geometría Vial	Son las condiciones geométricas que definen la capacidad vial.	Centímetros, metros, cantidad	Fichas de campo
X ₄ : Número de estacionamientos y paraderos de transporte público.	Es la presencia o no de estacionamiento y paraderos de buses.	Cantidad,	Autocad y fichas de campo
X ₅ : Demanda	Cantidad de vehículos y peatones en el sistema	Flujo vehicular y peatonal	Fichas de campo, aforos.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO II



MARCO TEÓRICO DE LA TESIS

2.1. Antecedentes de la Tesis

2.1.1. Antecedentes a Nivel Local

Tesis: Análisis de la capacidad vial y nivel de servicio de las vías principales de acceso a la ciudad del Cusco: Saylla – Cusco y Poroy – Cusco.

- ❖ Autor: José Andrés Mayhuire Gutierrez.
- ❖ Institución: Universidad Andina del Cusco.
- ❖ Lugar: Cusco, 2014.

Los investigadores analizan la capacidad y el nivel de servicio aplicando dos procedimientos diferentes, el método HCM 2010 e INVIAS 1996, con los cuales llegaron a determinar que los tramos I y II corresponden al nivel de servicio de categoría “D” (tramo I Poroy-Cusco y tramo II Saylla-Cusco) y la capacidad en el tramo I (Poroy - Cusco), es de 1716.24 (veh/hr) la cual se ve reducida en un 39% de su capacidad ideal y la capacidad en el tramo II (Saylla-Cusco), es de 2235.81 (veh/hr) y se ve reducida en un 20% de su capacidad ideal.

- ❖ Se pudo obtener información sobre capacidad y niveles de servicio, así como el procedimiento metodológico de análisis de los datos y los formatos utilizados en dicha investigación.
- ❖ Para la obtención del nivel de servicio en cuanto a la condición de conservación de la carretera propuesto por el Ministerio de Transportes del Perú (MTC), en los tramos I y II, no satisface con porcentajes mínimos que se requieren para obtener un nivel de servicio óptimo. (Mayhuire, 2014).

Tesis: Experiencia de medición de niveles de servicio en carreteras asfaltadas en zona de selva.

- a. Autor: Miguel Ángel Justo Casaretto.
 - ❖ Institución: Universidad de Piura.



❖ Lugar: Lima, 2013.

a.1.- Resumen:

El objetivo de la tesis es poner en conocimiento la experiencia obtenida en los trabajos de medición de los niveles de servicio en condiciones climáticas variables como es el caso de la selva del Perú.

La metodología empleada es descriptiva, teniendo en cuenta la experiencia profesional desplegada por el suscrito como ingeniero residente de la misma, en la supervisión de la carretera: desviación Las Vegas-Tarma-Satipo.

a.2.- Conclusiones:

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar a los usuarios seguridad y comodidad al conducir, esto significa que el camino debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda que lo solicita.

Dentro de la experiencia de medición de niveles de servicio, la finalidad es que el cliente pueda exigir al contratista en todo el periodo del contrato con veracidad y controles objetivos, lo que genera por parte del contratista una mejor gestión de sus recursos.

a.3.- Aporte:

Con una proposición de mejora de los parámetros de medición de niveles de servicio basados en la experiencia obtenida, en este tipo de trabajos, realizados en carreteras de zonas de selva con climas variados. (Justo, 2013).

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

Tesis: Análisis de la capacidad y nivel de servicio de las vías principales y secundarias de acceso a la ciudad de Manizales.

a. Autor: Víctor Hugo Naranjo Herrera.

- Institución: Universidad Nacional de Colombia.
- Lugar: Manizales, 2008.

a.1.- Resumen:



El flujo de vehículos desde diferentes vías de acceso a la ciudad de Manizales evidencia dificultades permanentes, como son la formación de filas y la baja velocidad de circulación a flujo libre. Resulta entonces necesario realizar un análisis diagnóstico de la capacidad y nivel de servicio de las vías de acceso a Manizales, para posibilitar intervenciones que atiendan los requerimientos de los volúmenes de tránsito que por allí circulan. El presente trabajo contiene un análisis de capacidad y niveles de servicio de las vías principales y secundarias que llegan a Manizales, a partir de los lineamientos del Instituto Nacional de Vías de Colombia (INVIAS) y del Manual de Capacidad Vial año 2000 del Consejo de Investigaciones del Transporte de los Estados Unidos.

a.2.- conclusiones:

El estudio de la Capacidad de una vía y de su Nivel de Servicio, constituye un paso preliminar para el diseño y la planeación de posibles intervenciones tendientes a su mejoramiento. En este sentido, se espera que el presente documento contribuya como punto de partida para otros investigadores.

Todas las vías de acceso a la ciudad de Manizales presentan una Capacidad buena en relación con los volúmenes de tránsito que registran, Así mismo, no se espera que se saturen en el corto plazo, de mantenerse la tendencia en el comportamiento del tránsito de los

últimos años.

a.3.- aportes:

El investigador propone soluciones a partir de los problemas generados de la congestión vehicular y peatonal en las vías principales y secundarias que llegan a la ciudad de Manizales, evaluando parámetros de tiempo y velocidad.

Se tomó como referencia la idea planteada de hallar un promedio de nivel de servicio y el procedimiento metodológico en base al nivel de servicio vehicular.(Naranjo, 2008)

2.2.Aspectos Teóricos Pertinente



2.2.1. Definición de 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.

En el caso de la infraestructura vial, los análisis generalmente se basan en el periodo de máxima demanda, en el que se presenta los mayores volúmenes de tránsito del día. A este periodo normalmente corresponden los niveles de servicio más bajos, caracterizados por las más altas demoras en las intersecciones y, en general, por las condiciones más críticas de operación del día. (CAL Y MAYOR & ASOCIADOS, 1998)

2.2.2. Clasificación de Vías

El sistema de clasificación planteado es aplicable a todo tipo de vías públicas urbanas terrestres, ya sean calles, jirones, avenidas, alamedas, plazas, malecones, paseos, destinados al tráfico de vehículos, personas y/o mercaderías; habiéndose considerado los siguientes criterios:

- ❖ 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 clasificación adoptada considera cuatro categorías principales: Vías expresas, arteriales, colectoras y locales. Se ha previsto también una categoría adicional denominada “vías especiales” en la que se consideran incluidas aquellas que, por sus particularidades, no pueden asimilarse a las categorías principales.



La clasificación de una vía, al estar vinculada a su funcionalidad y al papel que se espera desempeñe en la red vial urbana, implica de por sí el establecimiento de parámetros relevantes para el diseño como son:

- ❖ 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. (Ing. Víctor Chavez Loaiza, 2005)

2.2.2.1. Vías expresas

Función: Las vías expresas establecen la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí). Unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad.

Facilitan una movilidad óptima para el tráfico directo. En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercaderías, ni el tránsito de peatones. Este tipo de vías también han sido llamadas “autopistas”.

Características del flujo: En esta vía el flujo es ininterrumpido, porque no existen cruces al mismo nivel con otras vías, sino solamente a diferentes niveles en intercambios especialmente diseñados.

Tipos de vehículos: Las vías expresas suelen transportar vehículos pesados,



cuyo tráfico es tomado en consideración para el diseño geométrico correspondiente. Para el transporte público de pasajeros se permite el servicio de buses, preferentemente en carriles segregados y el empleo de paraderos debidamente diseñados en los intercambios.

2.2.2.2. Vías arteriales:

Función: Las vías arteriales permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido.

Características del flujo: En estas vías deben evitarse interrupciones en el flujo de tráfico. En las intersecciones donde los semáforos están cercanos, deberán ser sincronizados para minimizar las interferencias al flujo directo.

Los peatones deben cruzar solamente en las intersecciones o en cruces semaforizados especialmente diseñados para el paso de peatones. Los paraderos del transporte público deberán estar diseñados para minimizar las interferencias con el movimiento del tránsito directo.

En las intersecciones pueden diseñarse carriles adicionales para volteos con el fin de aumentar su capacidad.

Tipos de vehículos: Las vías arteriales son usadas por todos los tipos de tránsito vehicular. Se admite un porcentaje reducido de vehículos pesados

Se recomienda que estas vías cuenten con pistas de servicio laterales para el acceso a las propiedades.

2.2.2.3. Vías colectoras:

Función: Las vías colectoras sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes.



Características del flujo: El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arteriales y, con controles simples, con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales. El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes.

Tipos de vehículos: Las vías colectoras son usadas por todo tipo de tránsito vehicular. En las áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Para el sistema de buses se podrá diseñar paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.

2.2.2.4. Vías locales

Función: Son aquellas cuya función principal es proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida.

Tipos de vehículos: Por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semipesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras.

2.2.2.5. Vías de diseño especial

Son todas aquellas cuyas características no se ajustan a la clasificación establecida 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 (Ing. Víctor Chavez Loaiza, 2005)

En el siguiente Cuadro se presenta resumidamente las categorías principales y los parámetros de diseño antes mencionados.

2.2.3. Usuarios de la Vía

Antes de abordar cualquier proyecto, es conveniente y muy recomendable recabar la máxima información acerca de sus destinatarios o usuarios finales para de esta forma adecuar aquello que se pretende diseñar a sus necesidades.

En el caso que nos ocupa; el proyecto de carreteras e infraestructuras urbanas el conductor es sin duda alguna el elemento principal de un complejo sistema integrado por personas, vehículos y vías denominado tráfico; no hemos de olvidar la importancia del vehículo, instrumento que actúa como intermediario entre conductor y vía, ni descuidar la interacción de un tercer componente tan sumamente frágil como es el peatón. (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

2.2.3.1. El conductor

Técnicamente, podría definirse como aquel sujeto que maneja el mecanismo de dirección o va al mando de un vehículo. Empleando términos más gráficos, podría decirse que el conductor es el cerebro del vehículo.

De él depende; una vez haya fijado su destino - la elección de uno u otro itinerario para llegar al mismo, así como la velocidad con que lo recorrerá en cada momento. Es necesario realizar una síntesis de estos factores, estableciendo una clasificación que figura en la siguiente tabla:

Tabla 2: Factores que afectan al conductor

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 luminica- Altura del ojo- Otros sentidos
	Psicosomáticos	<ul style="list-style-type: none">- Cansancio- Sexo- Edad
FACTORES EXTERNOS	Tiempo (meteorológico) Uso del suelo Tráfico Características de la vía Estado del firme	



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

2.2.3.2. El Vehículo

El vehículo es el nexo entre el conductor que lo maneja y la vía que lo contiene, por lo que el estudio de sus características y comportamiento es fundamental. Los vehículos que se fabrican en la actualidad están destinados a muy distintos usos, por lo que sus características varían dentro de una amplia gama de formas, tamaños y pesos. (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

2.2.3.3. Tipos de vehículos

El manual de diseño geométrico de carreteras DG 2014 clasifican los vehículos en vehículos ligeros y pesados:

A. 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 condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan camiones, situación poco probable en el proyecto de carreteras. A modo de referencia, se citan las Dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles:

- **Ancho**: 2,10 m.

- **Largo:** 5,80 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables les en cuanto a 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 0 menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.

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

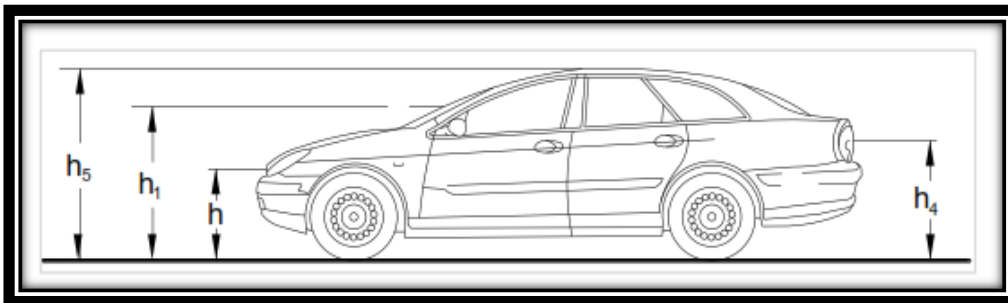


Figura 1: Alturas asociados a vehículos ligeros

Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG 2018)

B. Vehículos pesados

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías:

- **M:** vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de Pasajeros, (excepto la MI).
- **N:** vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías
- **O:** remolques y semirremolques
- **S:** combinaciones especiales de los M, N V 0

Características

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

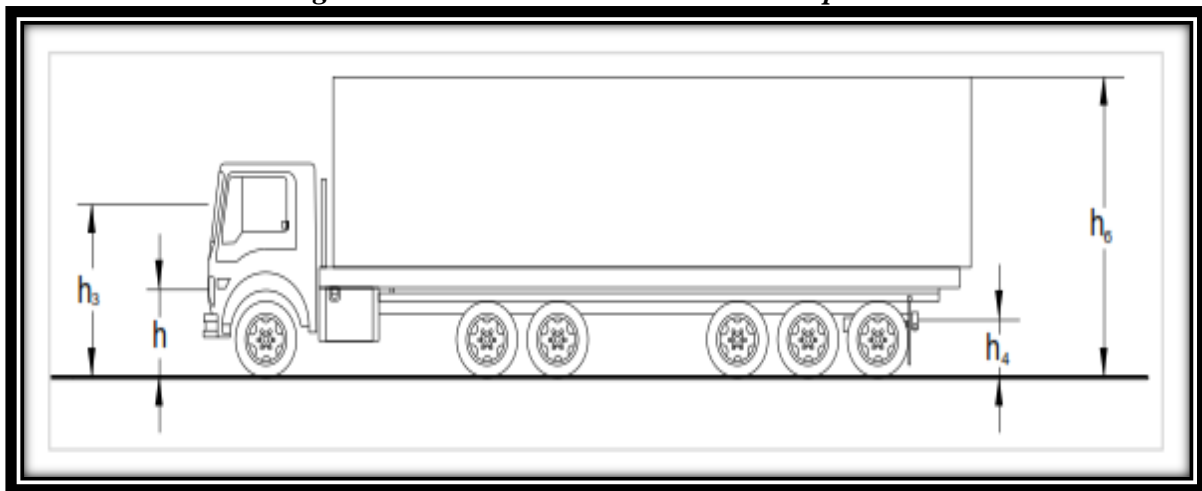
H : altura de los faros delanteros: 0,60 m.

h3 : altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2,50 m.

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

h6 : altura del techo del vehículo pesado: 4,10 m

Figura 2: Alturas asociadas a vehículos pesados



Fuente: (Manual de Carreteras Diseño geométrico DG 2018)

En la siguiente tabla se consideran datos básicos de los vehículos

Tabla 3: Datos básicos de vehículos

Tabla 202.01

**Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras
Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)**

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

2.2.3.4. El peatón y su interacción con la vía

En zonas urbanas, la mayoría de las calles son utilizadas conjuntamente por peatones y vehículos. Fuera de ellas, el tráfico de peatones disminuye considerablemente, aun estando permitido en todas las vías a excepción de las autopistas. El comportamiento de este colectivo cabe aún más impredecible que el de los vehículos ya que, salvo que perciba situaciones de evidente peligro, el peatón.

Se ha comprobado estadísticamente que la máxima distancia admitida por el Peatón para desplazarse sin usar ninguna clase de vehículo es de 300 m., dato a tener en cuenta en el proyecto de infraestructuras propias para su uso.

(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

2.2.4. Intersecciones Viales

Las intersecciones son áreas comunes a dos o más vías que se cruzan al mismo nivel y en las que se incluyen las calzadas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles.

Las intersecciones son elementos de discontinuidad en cualquier red vial, por lo que representan situaciones críticas que hay que tratar específicamente, ya que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos.

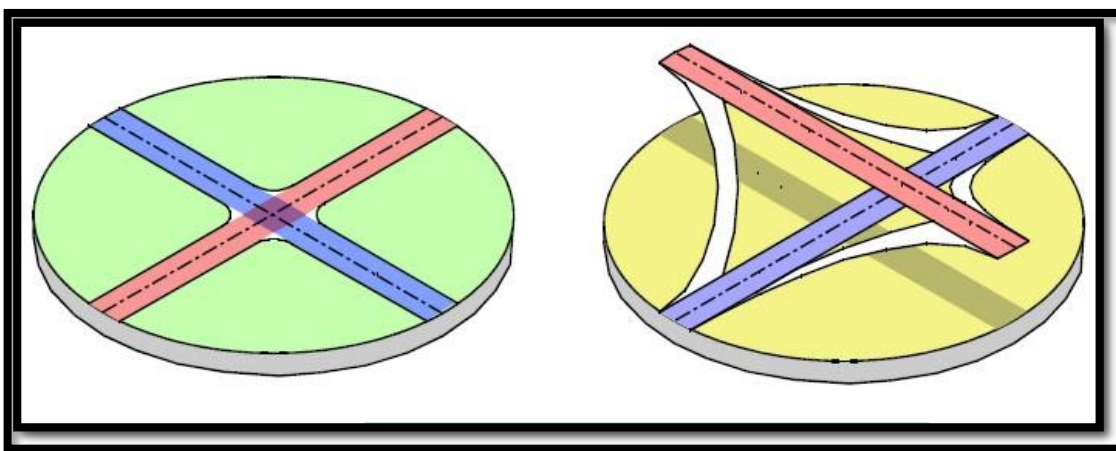
(Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)

2.2.4.1. Tipos de Intersecciones Viales

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

La diferencia radica en que en las intersecciones el cruce se realiza a nivel, los ejes de las diversas vías se cortan en un punto; en el enlace el cruce se realiza a distinto nivel, interceptándose en este caso en las proyecciones horizontales de los ejes.

Figura 3: Representación esquemática de intersecciones a nivel y desnivel



Fuente: (Bañón Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

A. Intersecciones a Nivel

Es una solución de diseño geométrico a nivel, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas, que contienen áreas comunes o compartidas que incluyen las calzadas, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos necesarios de cambios de trayectoria.

Las intersecciones a nivel son elementos de discontinuidad, por representar



situaciones críticas que requieren tratamiento específico, teniendo en consideración que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos. Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones de seguridad, visibilidad y capacidad, posibles.

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

a. Criterios de diseño

La mejor solución para una intersección a nivel, es la más simple y segura posible. Esto significa que cada caso debe ser tratado cuidadosamente, recurriendo a todos los elementos de que se dispone (ensanches, islas o isletas, carriles auxiliares, etc.), con el criterio de evitar maniobras difíciles o peligrosas y recorridos innecesarios. En tal proceso, es necesario tener presente los siguientes criterios generales:

1. Criterios generales

Preferencia de los movimientos más importantes. En el diseño, debe especificarse la(s) vía(s) principales y secundarias con el fin de determinar la preferencia y las limitaciones del tránsito vehicular.

Reducción de las áreas de conflicto. En las intersecciones a nivel no debe proyectarse grandes áreas pavimentadas, ya que ellas inducen a los vehículos y peatones a movimientos erráticos y confusión, con el consiguiente peligro de ocurrencia de accidentes.

Perpendicularidad de las intersecciones. Las Intersecciones en Angulo recto, por lo general son las que proporcionan mayor seguridad, ya que permiten mejor visibilidad a los conductores y contribuyen a la disminución de los accidentes de tránsito.

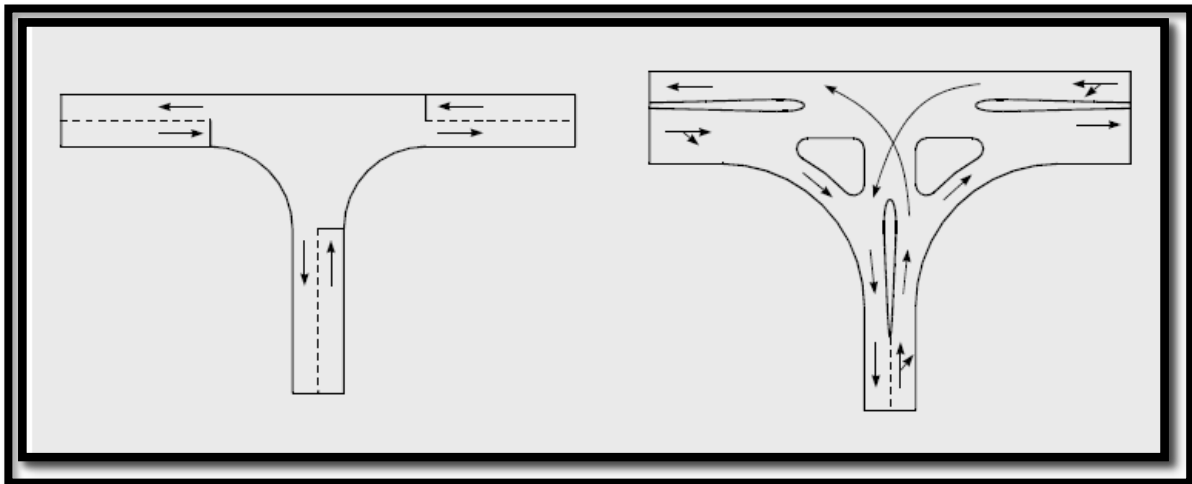
Separación de los movimientos. Cuando el diseño del proyecto lo requiera, la intersección a nivel estará dotada de vías de sentido único (carriles de aceleración o Deceleración), para la separación del movimiento vehicular.

Visibilidad. La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección, debe Limitarse en función de la visibilidad, incluso Llegando a la detención total. Tipos de intersecciones a nivel.

Canalización y puntos de giro. Además de una adecuada señalización horizontal y vertical acorde a la normativa vigente, la canalización y el diseño de curvas de radio adecuado, contribuyen a la regulación de la velocidad del tránsito en una intersección a nivel.

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Figura 4: Intersección sin canalizar y canalizada



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

2. Consideraciones del tránsito

Las principales consideraciones del tránsito que condicionan la elección de la solución a adoptar, son las siguientes:

Volúmenes de tránsito, que confluyen a una intersección, su distribución y la proyección de los posibles movimientos, para determinar las capacidades de diseño de sus elementos.

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, 2014)

3. Demanda y modelación

La demanda es la variable de tránsito más gravitante en el diseño de una intersección, puesto que la capacidad resultante de dicho diseño deberá satisfacerla. Esto implica el dimensionamiento en términos geométricos y estructurales de sus unidades constitutivas, la operación de semáforos si tal elemento de control existe, y su coordinación.

La satisfacción de la demanda, deberá considerar las condiciones actuales y su proyección al año de diseño del proyecto, de manera que satisfaga el nivel de servicio y el flujo vehicular, en conformidad con la normativa vigente.

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014)

4. Elección del tipo de control

El diseño de las intersecciones a nivel, determinará el tipo y características de los elementos de señalización y dispositivos de Control de tránsito que estarán provistos, con la finalidad de facilitar el tránsito vehicular y peatonal,

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, 2014)

b. Elementos canalizadores y reguladores

Existen una serie de elementos que regulan y canalizan el acceso y la circulación en una intersección. Entre los existentes, destacan dos de ellos: isletas o elementos canalizadores, y semáforos o elementos reguladores.

Isletas: Las isletas son zonas bien definidas, situadas entre carriles de circulación, destinadas a guiar el movimiento de los vehículos y a servir de eventual



refugio a los peatones. Su materialización puede realizarse de dos formas:

Mediante marcas viales pintadas sobre el pavimento; esta solución es la más económica, pero no supone ningún tipo de barrera para los vehículos, que pueden invadirla con total libertad.

Mediante elevaciones de la superficie, conformando verdaderas “islas” rodeadas de asfalto. Esta elevación supone un obstáculo para el tráfico rodado canalizándolo adecuadamente al no permitir fácilmente su invasión, y sirviendo además de refugio a peatones que eventualmente crucen la vía.

Funcionalmente, existen tres tipos de isletas:

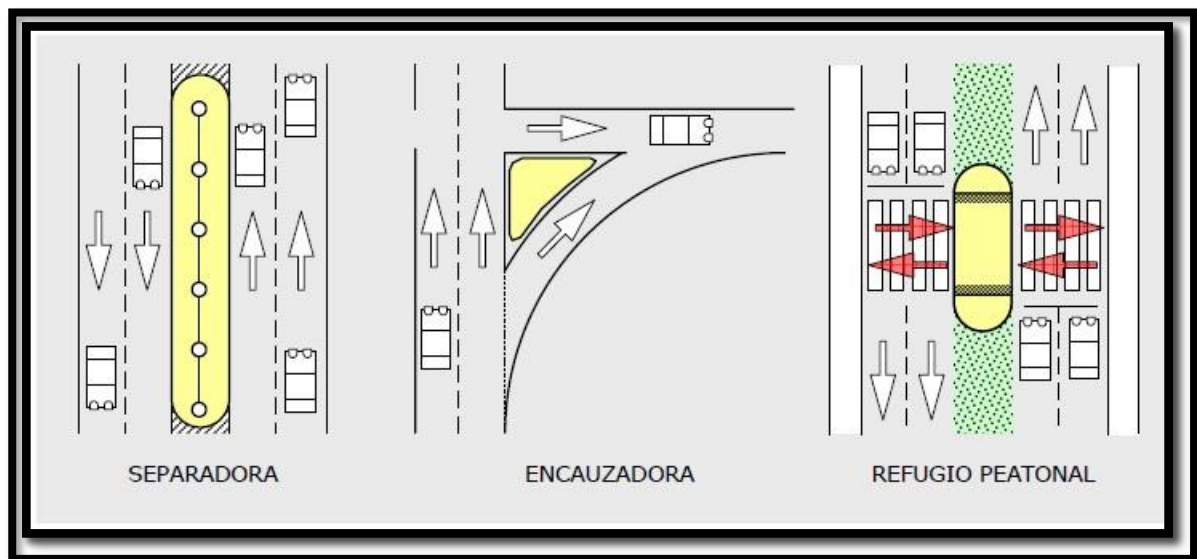
Isletas separadoras o divisorias: Destinadas a separar sentidos iguales u opuestos de circulación. Facilitan y ordenan los giros principales.

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: Infraestructuras destinadas al resguardo de los peatones, empleadas normalmente por razones de seguridad en tramos excesivamente anchos de vía. Su ancho mínimo debe ser de 1 m. y su longitud, al menos el doble de la anchura del paso de peatones.

(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

Figura 5: Tipos de isletas



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

1. Semáforos

Los semáforos son los elementos reguladores del tráfico por excelencia en las zonas urbanas, aunque su uso puede llegar a hacerse necesario en carreteras, especialmente intersecciones próximas núcleos de población. En cada uno de los accesos a la intersección se coloca al menos un semáforo, en cuya cabeza aparecen tres luces: roja, ámbar y verde que se encienden sucesiva y ordenadamente. Se definen dos conceptos consustanciales a las intersecciones semaforizadas.

(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

c. Tipología de intersecciones a nivel

Una Intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto. En la siguiente tabla, se presentan los tipos básicos de Intersección a nivel.

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

1. 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 6: Tipos de intersecciones a nivel

Variedad de tipos de intersección a nivel

ESPECIALES	DE CUATRO RAMALES				DE TRES RAMALES				
	INTERSECCION EN X		INTERSECCION EN +		EMPALME EN Y		EMPALME EN T		
	EN ESTRELLA		SIMPLE		SIMPLE		SIMPLE		SIMPLE
			ENSANCHADA		ENSANCHADA				ENSANCHADA
	VEASE FIGURA 507.01 ROTONDA		CANALIZADA		CANALIZADA	CANALIZADAS			CANALIZADAS
			CANALIZADA		CANALIZADA				

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

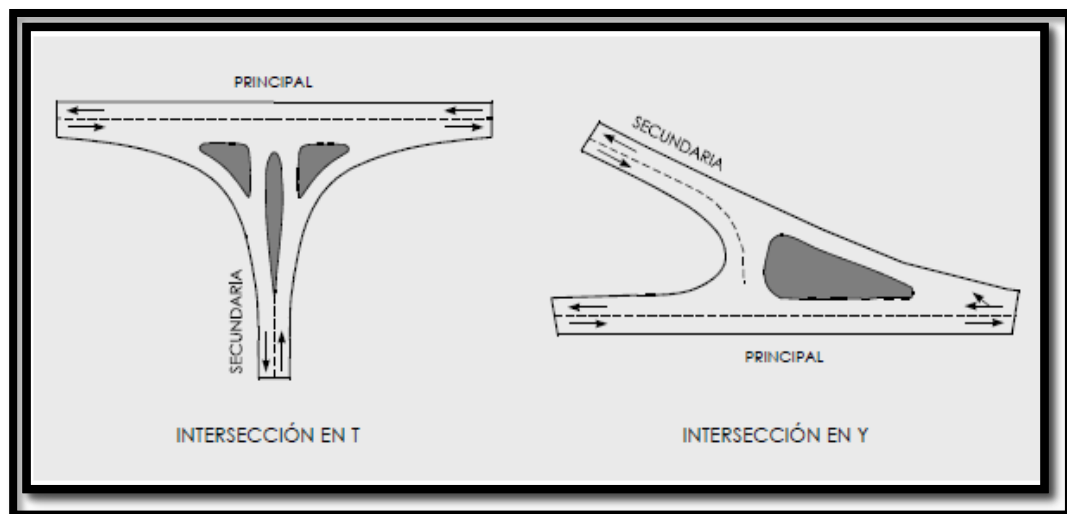
I. Intersecciones de 3 ramales

Este tipo de intersecciones se emplean para la resolución de encuentros entre carreteras principales y secundarias, quedando estas últimas absorbidas por las primeras. Por su disposición geométrica en planta, se diferencian claramente dos tipos:

Intersecciones en T: Los ramales concurren formando ángulos mayores de 60°, es decir, con direcciones sensiblemente perpendiculares.

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

Figura 7: Intersecciones de tres ramales



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

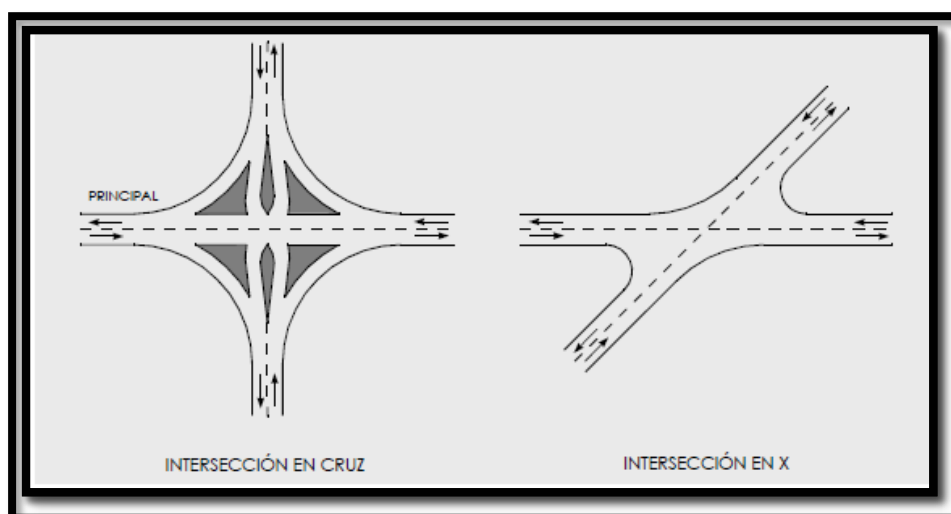
II. Intersecciones de 4 ramales

En ellas se produce un cruce de dos vías cuatro ramales en total, generalmente de rango similar. Al igual que en las anteriores, se distinguen dos tipos:

Intersecciones en cruz: Los ramales concurren formando en cualquier caso ángulos mayores de 60° , con direcciones sensiblemente perpendiculares.

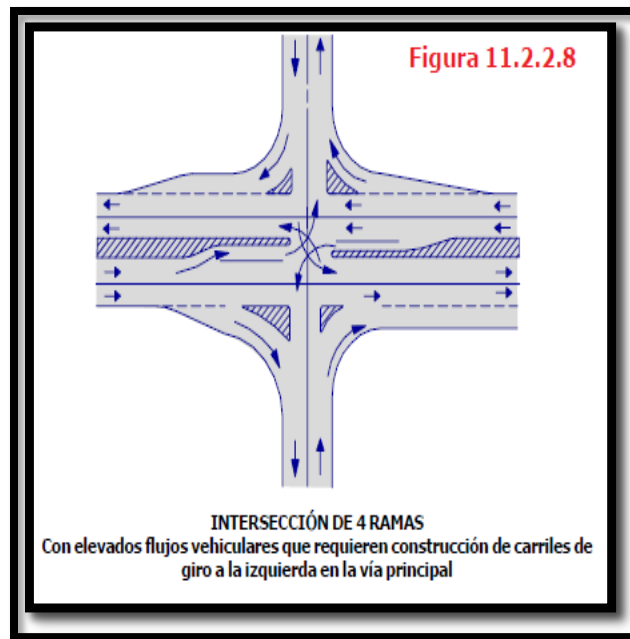
Intersecciones en X: Los ramales forman dos ángulos menores de 60° .

Figura 8: Intersecciones de cuatro ramales



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

Figura 9: Intersección de 4 ramales con elevados flujos vehiculares



Fuente: (Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)

Figura 10: Intersección de 4 ramales con bajos flujos vehiculare



Fuente: (Ing. Victor Chavez Loaiza, 2005)

III. Intercesión con más de 4 ramales

Este tipo de intersecciones es difícil de tratar, por lo que es conveniente evitarlas

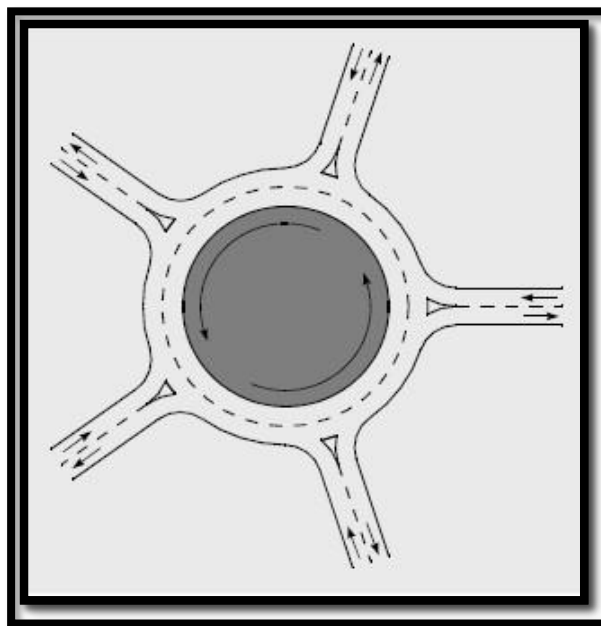
en la medida de lo posible. Generalmente, la solución ideal es suprimir alguno de los ramales, empalmándolo fuera de la intersección. Otras veces, sin embargo, esto no es posible y hay que llegar a complejas soluciones o de tipo giratorio. En zonas urbanas, el establecimiento del sentido único en determinados ramales simplifica el funcionamiento de la intersección.

(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

IV. Intersecciones giratorias o glorieta

La glorieta o intersección giratoria se caracteriza por la confluencia de los ramales en un anillo de circulación rotatoria en sentido anti horario alrededor de una isleta central, teniendo prioridad de paso aquellos vehículos que circulan por ella. Este tipo de intersección surge como un intento de remediar los incipientes problemas de congestión y accidentalidad en las ciudades.

Figura 11: Esquema de una intersección giratoria o glorieta



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

c.1. Intersección semaforizada

La intersección regulada por semáforos es una de las situaciones más complejas en el sistema circulatorio. El análisis de intersecciones reguladas por semáforos debe



considerar una amplia variedad de condiciones prevalecientes, incluida la cantidad y la distribución del tráfico, características geométricas y los detalles de la señalización de la intersección. En las intersecciones reguladas por semáforos hay que añadir un elemento adicional dentro del concepto de capacidad: la distribución del tiempo.

Un semáforo esencialmente distribuye tiempo entre movimiento circulatorios conflictivos que pretenden utilizar el mismo espacio físico.

La metodología presentada se aplica a la capacidad y al nivel del servicio de los accesos a la intersección. La capacidad se evalúa en términos de la relación entre intensidad de la demanda y la capacidad (relación I/c), mientras que el nivel de servicio se evalúa en base a la demora media de parada por vehículo (sg/v).

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

I. Semáforos

Los semáforos modernos otorgan el tiempo de muchas maneras, desde la modalidad más sencilla de tiempos prefijados (tiempo fijo) y dos fases hasta la más compleja de tipo multifase. Esta sección describe los varios tipos de operación semafórica y su impacto en la capacidad.

Generalmente se emplean los siguientes términos para describir las operaciones semafóricas:

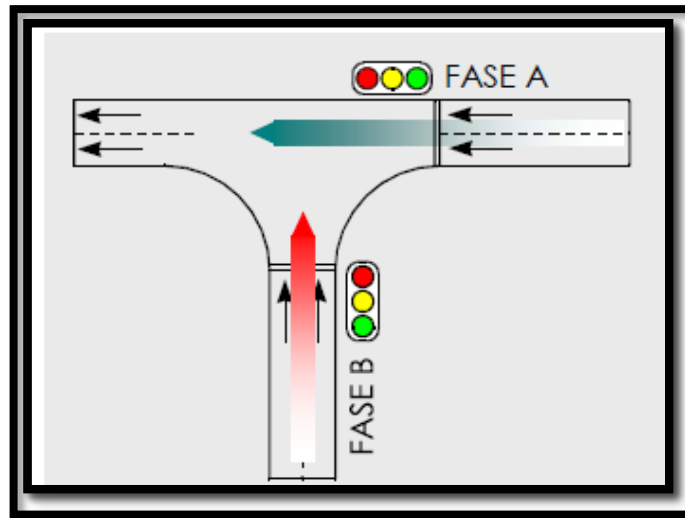
Ciclo: Cualquier secuencia completa de indicaciones o mensajes de un semáforo.

Duración del ciclo: El tiempo total que necesita el semáforo para completar un ciclo, expresado en segundos, se representa con el símbolo C .

Fase: La parte de un ciclo que se da a cualquier combinación de movimientos de tráfico que tienen derecho a pasar simultáneamente durante uno o más intervalos.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

Figura 12: Esquema de fase en una intersección semaforizada



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

Intervalo: Un periodo de tiempo durante el cual todas las indicaciones semaforicas permanecen constantes.

Tiempo de cambio. Los intervalos “amarillo” más el “todo rojo” que tienen lugar entre las fases para permitir evacuar la intersección antes de que movimientos contrapuestos se pongan en marcha: se representa con el símbolo “Y”, y se mide en segundos.

Tiempo de verde: El tiempo, dentro de una fase dada, durante la cual la indicación “verde” está a la vista: expresado con el símbolo “Gi” (para la fase i) y en segundos.

Tiempo perdido: El tiempo durante el cual la intersección no está efectivamente utilizada por ningún movimiento; estos tiempos ocurren durante el intervalo de cambio (durante el cual la intersección se evacua) y al principio de cada fase cuando los primeros coches de la cola sufren retrasos en el arranque.

Tiempo de verde efectivo: El tiempo durante una fase dada que es efectivamente disponible para los movimientos permitidos, generalmente se considera como el tiempo verde más el intervalo de cambio menos el tiempo perdido para la fase en cuestión; expresada en segundos y notada con el símbolo “i” (para la fase i).

Proporción de verde: La proporción de verde efectivo en relación a la duración



del ciclo, notada con el símbolo g_i/C (para la fase i).

Rojo efectivo: El tiempo durante el cual no se permite la circulación a un movimiento dado o conjunto de movimientos; es la duración del ciclo menos el tiempo verde efectivo para una fase específica, expresado en segundos y notado con el símbolo “**ri**”.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

II. Tipos de movimiento

En una intersección regulada por semáforos la asignación del tiempo de verde no es lo único que influye de manera significativa en su capacidad; también debe tenerse en cuenta la disposición de los movimientos de giro dentro de la secuencia de fases. Pueden distinguirse cuatro tipos de movimientos: de paso, giro permitido, giro protegido y giro sin oposición.

- **De paso:** El vehículo continúa en la dirección que llevaba antes de atravesar la intersección. De todos los movimientos, es el de menor requerimiento por parte del sistema.

- **Giro permitido:** El vehículo que lo efectúa debe atravesar bien una corriente peatonal, bien un flujo vehicular en sentido opuesto. Por ejemplo, un movimiento de giro a la izquierda que se realice al mismo tiempo que el movimiento de tráfico en sentido opuesto se considera permitido. Asimismo, un movimiento de giro a la derecha simultáneo con un cruce de peatones también lo será. Este tipo de movimientos exigen un mayor consumo del tiempo de verde.

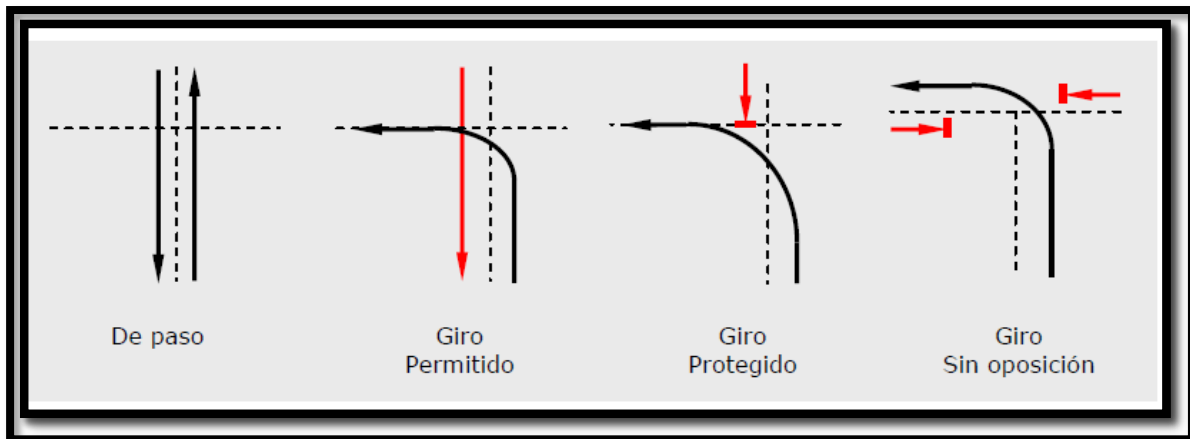
- **Giro protegido:** En este tipo de movimientos, el vehículo no presenta oposición vehicular o peatonal a la hora de realizar la maniobra. Sería el caso de giros a la izquierda realizados en una fase exclusiva para ellos – una flecha verde adicional en el semáforo- o de giros a la derecha con prohibición de cruce para los peatones durante esa fase.

- **Giro sin oposición:** A diferencia del caso anterior, esta clase de movimientos no necesita una regulación de fase exclusiva, ya que la configuración de la intersección hace imposible que se den conflictos o interferencias con el tráfico de

paso. Se dan sobre todo en calles de sentido único o en intersecciones en T que operen con dos fases separadas para cada dirección.

(Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

Figura 13: Tipos de movimientos en una intersección



Fuente: (Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F., 2000)

II. Modalidades básicas de operación

Los semáforos pueden operar en tres modalidades básicas dependiendo del tipo de equipo de control empleado:

Operación prefijada o de tiempos fijos:

La duración del ciclo, las fases, el tiempo de verde y los intervalos de cambio están todos prefijados. El semáforo rota por este ciclo definido de forma constante; cada ciclo es el mismo siendo la duración de ciclo y las fases constantes. Dependiendo del equipo disponible, se puede utilizar varios reglajes de tiempo prefijados, entrando cada uno de ellos automáticamente en funcionamiento en momentos determinados del día.

Operación semi accionada por el tráfico

En la operación semi accionada la calle principal en cuestión tiene una indicación "verde" durante todo el tiempo hasta que los detectores de la calle secundaria indiquen que un vehículo o vehículos han llegado a uno o ambos accesos secundarios. El semáforo muestra entonces una fase "verde" para la secundaria,



después de un intervalo de cambio apropiado, que se mantenga hasta que todos los vehículos hayan pasado o hasta que el verde de la calle secundaria alcance tiempo preestablecido máximo.

Operación totalmente accionada

En la operación totalmente accionada todas las fases semafóricas están controladas por detectores. En general los tiempos de verde mínimos y máximos están especificados para cada fase, así como la secuencia de fases. En esta forma de operación las duraciones del ciclo y los tiempos de verde pueden variar considerablemente según la demanda. Ciertas fases de ciclo pueden ser opcionales y pueden ser anuladas totalmente si los detectores registran demanda.

(Highway Capacity Manual (HCM), 2000)

c.2. Intersecciones no semaforizadas

En intersecciones no semaforizadas cada conductor debe encontrar el momento preciso y seguro para ejecutar el movimiento deseado. Los cruces sin señales de control de tránsito, mejor conocidas como semáforos; dependen de la percepción de tiempo y espacio del usuario, ya que estos deben tomar una decisión con respecto a cuándo hacer el movimiento (tiempo) y decidir si es seguro hacerlo (espacio).

El conjunto de las rutas no previstas y la percepción del usuario resulta en zonas potenciales de puntos de conflicto con otros movimientos direccionales ampliamente distribuidas, lo cual afecta la probabilidad de que ocurran conflictos graves.

(Depiante V. &(2011))

Primeramente, debe decirse que este tipo de intersecciones no es propio de zonas urbanas, sino más bien de vías interurbanas o situadas en la periferia de la ciudad. Otro aspecto a recalcar es la elección de la tipología de intersección más adecuada en función de las condiciones de tráfico.

2.2.5. Estudios de impacto vial (EIV)



2.2.5.1. Definición

Es un estudio de ingeniería de tránsito que determina el impacto potencial de tránsito de algún proyecto de Desarrollo comercial, industrial, residencial propuesto y cualquier otro proyecto de ingeniería.

El impacto vial se entiende como cualquier cambio, tanto positivo como negativo, que sea provocado sobre el tránsito como consecuencia directa o indirecta de modificaciones viales específicas o del desarrollo de actividades, proyectos, programas o emprendimientos. Entonces podemos definir al estudio de impacto vial (EIV) como aquel procedimiento técnico que tiende a identificar, interpretar y alertar sobre los efectos en el corto, mediano y largo plazo que las actividades, proyectos, programas o emprendimientos puedan causar en la infraestructura vial urbana, así como en los peatones o usuarios de la misma. Por esta razón, un EIV es desarrollado para ser enviado a las autoridades públicas para su revisión y aprobación.

(Sotelo, 2010).

2.2.5.2. Algunas consideraciones sobre los EIV

Los Estudios de Impacto Vial pueden responder a varios tipos de situaciones. Estas varían según el tipo de desarrollo, su localización, tránsito existente, condiciones ambientales en el área y las políticas locales de acuerdo a reglamentos municipales existentes.

Al inicio o durante la realización de un Estudio de Impacto Vial surgirán las siguientes preguntas:

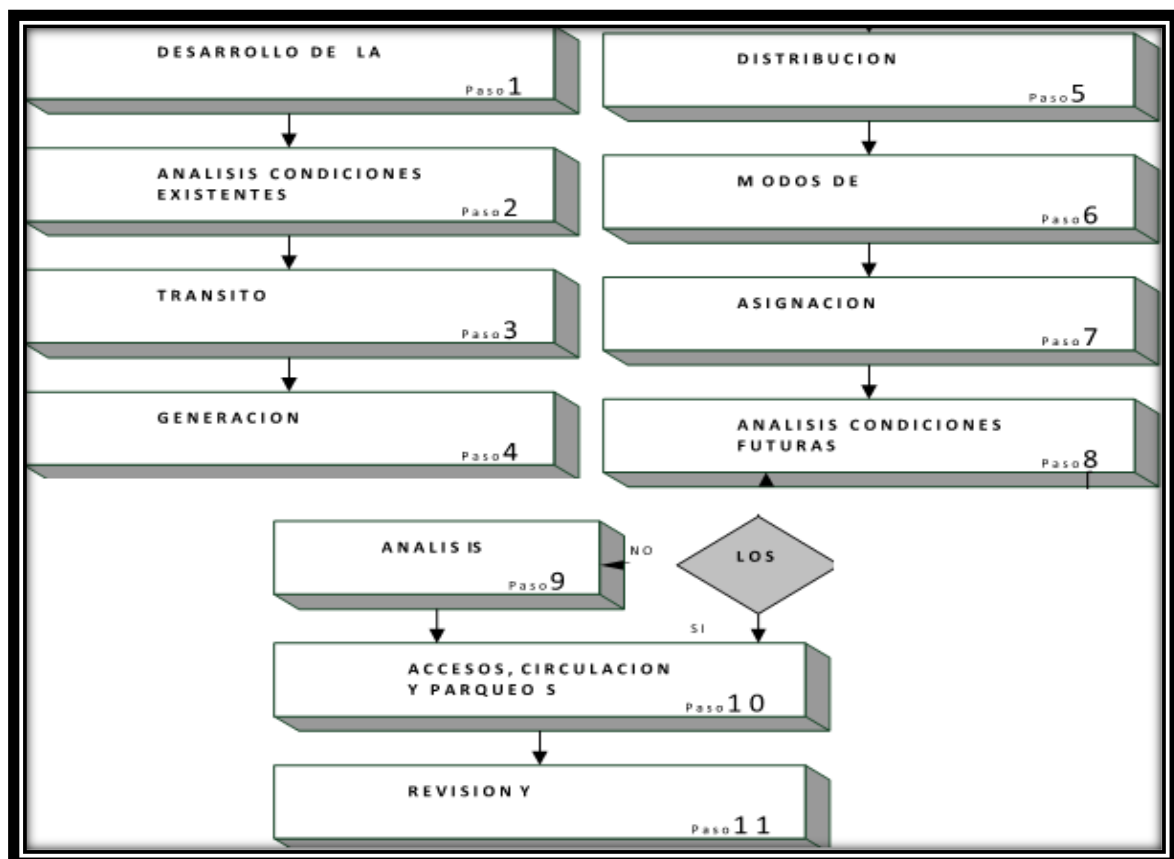
- ¿Bajo qué condiciones necesito realizar un Estudio?
- ¿Cuánta información necesito para realizar el Estudio?
- ¿Qué área de influencia debo considerar?
- ¿Si se está Planificando un desarrollo, en qué punto debo iniciar mi evaluación?
- ¿Cuál debe ser mi horizonte para la proyección del tránsito?
- ¿Qué horas pico debo analizar?
- ¿Qué análisis técnicos necesito?

- ¿Qué metodologías debo utilizar, para mis proyecciones, niveles de servicio, etc.?
- ¿Cuál es la forma adecuada para determinar los impactos al sistema de transporte?
- ¿Cuáles son las mejoras que deben identificarse?
- ¿Debo proponer mejoras físicas, de control de tránsito, modo de transporte o cambios al desarrollo?
- ¿Cómo debo presentar mis descubrimientos, conclusiones y recomendaciones?

(RE-10 Reglamento Específico de Evaluaciones de Impacto Vial)

2.2.5.3. Procedimientos de un Estudio de Impacto Vial

Figura 14: Esquema de los Pasos para un EIV.



Fuente: Institute of Transportation Engineers (ITE)

2.2.5.4. Requisitos de un EIV

A. Datos de red vial



Para el desarrollo de un EIV se deben tener en cuenta los datos de la red vial aledaña al proyecto. De esta manera, se requiere obtener las características de las vías ya sean vías primarias, secundarias y terciarias que comprenden el área de influencia del proyecto. Entre los datos de la red vial necesarios para el desarrollo de un EIV podemos señalar las características geométricas, los datos referentes a los volúmenes de tránsito y las características de operación de las vías.

(ITE)

Datos de la geometría

Los datos de la geometría nos permiten tener una perspectiva espacial de los elementos que conforman la red vial en la zona de influencia del proyecto. Para estudiar la geometría se pueden tomar de planos existentes del área de estudio o basarse en estudios viales previos de proyectos circundantes. Sin embargo, los datos recolectados de esta manera no representan fidedignamente la situación actual. Este es el motivo por el cual es recomendable hacer un levantamiento en campo.

(ITE)

Volúmenes de Tránsito

El estudio de los volúmenes de tránsito de la red vial urbana en la zona de influencia del proyecto antes de la construcción del mismo es necesario para el análisis de la situación actual de la zona de estudio. Además, la información recolectada puede servir de base para la estimación de los volúmenes de tránsito futuro. Esto a su vez permite la posibilidad de realizar medidas de planificación del transporte urbano considerando un año horizonte en el cual los volúmenes de tránsito puedan ser proyectados.

(Quintero et al., 2008).

Características de Operación de la Red Vial

Para determinar las características de operación de la red vial se debe determinar la capacidad de las vías y sus niveles de servicio. Para lograrlo, se desarrollan modelos de simulación. Dichos modelos pueden ser utilizados mediante programas



como: Highway Capacity Software, Synchro, Transy, Sidra y Vissim, entre otros.

(HCM2000)

B. Capacidad de Tránsito

La capacidad del tránsito de un sistema de transporte mide el número de pasajeros o la carga que puede transportar el mismo entre dos puntos en un intervalo de tiempo, sean horas o días. De esta manera, la capacidad de tránsito está en función del número de vehículos que transita una vía en un momento dado, de la capacidad de los vehículos de transporte y su velocidad.

(Hay, 2009).

C. Niveles de Servicio

Los niveles de Servicio o Level of Service (LOS) miden la seguridad, la comodidad, las facilidades de maniobrar y la selección del tipo de velocidad en una vía. De esta manera, los niveles de servicio son una medida cualitativa que caracteriza diversas situaciones referentes a la facilidad de maniobrar de los usuarios.

(Highway Capacity Manual, 2010).

D. Accesos a propiedades adyacentes

Se debe verificar si es permitido el acceso de forma directa al área del nuevo desarrollo. Es decir, se analizan las restricciones que puedan existir en las propiedades adyacentes, las cuales puedan impedir el acceso al desarrollo previsto. Estas restricciones pueden ser en el escenario actual o de acuerdo a los usos de suelo previstos de los terrenos aledaños.

(Highway Capacity Manual, 2010).

E. Sistemas de transporte público

Para el estudio del impacto vial de un proyecto previsto es importante el estudio de los sistemas de transporte público que se prevé utilizarán los usuarios del desarrollo. Para lograrlo, se debe realizar un inventario de los medios de transporte público que transitan por el área de estudio o por sus zonas aledañas Las



características básicas que deben tomarse en cuenta son: el número de rutas, la capacidad de las unidades ofertadas, la frecuencia del servicio, la ubicación y capacidad de las paradas, el espacio físico de las mismas, etc. Asimismo, se debe de averiguar ante el municipio competente si es que existen planes de implementación de nuevas rutas o nuevos sistemas de transporte.

F. Generación, atracción y distribución de viajes

Generación de viajes

El estudio de generación de viajes es una rama de la ingeniería de transportes que se encarga de estudiar los flujos de viajes dentro de una localidad, entendiendo que estos son los responsables de la generación de tránsito en las vías urbanas.

Atracción de viajes

Se considera que para que se desarrolle un viaje, requiere tener un origen y un destino. De esta manera, por ejemplo, un proyecto inmobiliario usualmente genera viajes, pues el origen de los desplazamientos de los residentes es generalmente el proyecto mismo.

Distribución de viajes

La distribución de viajes permite identificar los flujos del tránsito dentro de la zona de estudio, es decir, permite identificar la dirección que toma un viaje al partir de su origen hasta llegar a su destino.

(Yévenes, 2015)

2.2.6. 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.

(Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 2016)

2.2.6.1. 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:

A. 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. (Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 2016)

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. (Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 2016)

B. Señales horizontales

Está conformada por marcas planas en el pavimento, tales como líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes.

Forma parte de esta señalización, los dispositivos elevados que se colocan sobre la superficie de rodadura, también denominadas marcas elevadas en el pavimento, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar restricciones.

Se emplean para regular o reglamentar la circulación, advertir y guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la operación vehicular y seguridad vial. (Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 2016)

2.2.7. Volumen de Transito Horario:

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

2.2.7.1. Volumen horario de máxima demanda:

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los períodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

(Manual de Diseño Geométrico de vías urbanas, 2005)

2.2.7.2. Volumen Horario de Proyecto

Es el volumen de tránsito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado.

(Manual de Diseño Geométrico de vías urbanas, 2005)

2.2.8. Velocidad en General

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por 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:

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

Donde:

v = Velocidad constante (Kilómetro por hora)

d = Distancia recorrida (kilómetros)

t = Tiempo de recorrido (horas)

(Manual de Diseño Geométrico de vías urbanas, 2005)

2.2.9. Capacidad Vial en Intersecciones Semaforizadas

La capacidad de intersecciones es definida para cada grupo de carriles. La capacidad del grupo de carriles es la máxima tasa de flujo para el grupo de carriles objeto que puede pasar a través de la intersección bajo el tráfico prevaleciente, la vía y las condiciones de semaforización. La tasa de flujo es generalmente medida o proyectada para periodos de 15 minutos, y la capacidad es establecida en vehículos por hora (vph).

A. Condiciones de tráfico. Las condiciones de tráfico incluyen los volúmenes en



cada aproximación, la distribución de vehículos por movimiento (izquierdo, de frente, derecha), la distribución del tipo de vehículos en cada movimiento, la localización y el uso de las paradas de ómnibus (transporte público) dentro del área de la intersección, flujo de peatones que cruzan y movimientos de estacionamiento dentro del área de la intersección.

B. Condiciones de la vía (geométricas): Las condiciones de la vía incluyen la geometría básica de la intersección, incluyendo el número y ancho de vías, pendientes y asignación del uso de la vía incluyendo vías de parqueo.

C. Condiciones de semaforización: Las condiciones de semaforización, incluyen una definición total de las fases de la señal, tiempos y tipo de control, y una evaluación de la progresión para cada grupo de vías.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.10. Nivel de Servicio

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/ o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

(Manual de Diseño Geométrico de vías urbanas, 2005)

El nivel de servicio de intersecciones semaforizadas es definido en términos de la demora, la cual es una medida de la disconformidad del conductor, frustración, consumo de combustible y el tiempo perdido de viaje.

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 HCM, 2010)

- **Nivel de servicio A** describe operaciones con un control de demoras de 10 s/veh o menos y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es baja y la progresión es excepcionalmente favorable o la duración del ciclo es muy corto. Si



es debido a la favorable progresión, la mayoría de los vehículos llegan durante la indicación verde y viajan a través de la intersección sin parar.

- **Nivel de servicio B** describe operaciones con control demora entre 10 y 20 s/veh y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es baja y la progresión es altamente favorable o la duración del ciclo es corto. Más vehículos parados que con Nivel de servicio A.
- **Nivel de servicio C** describe operaciones con control demora entre 20 y 35 s/veh y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la progresión es favorable o la duración del ciclo es moderada. Fallas de ciclo individual (es decir, uno o más vehículos en cola no son capaces de salir como resultado de la insuficiencia de la capacidad durante el ciclo) pueden comenzar a aparecer en este nivel. El número de vehículos parando es importante, aunque muchos vehículos pasan a través de la intersección sin parar.
- **Nivel de servicio D** describe operaciones con control demora entre 35 y 55 s/veh y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es alta y la progresión es ineficaz o la duración del ciclo es largo. Muchos vehículos paran y las fallas ciclo individual son perceptibles.
- **Nivel de servicio E** describe operaciones con control demora entre 55 y 80 s/veh y una proporción volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es alta, la progresión es desfavorable, y la duración del ciclo es larga. Las fallas Ciclo individual son frecuentes.
- **Nivel de servicio F** describe operaciones con control demora superior a 80 s/veh o una proporción volumen-capacidad superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la proporción volumen-capacidad es muy alta, la progresión es muy pobre, y la duración del ciclo es larga. La mayoría de los ciclos no permiten borrar la cola.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

Figura 15: Criterios del nivel de servicio

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

^aPara 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.

Fuente: (Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.11. Tasa de Demanda del Flujo

La **tasa** de demanda de flujo para una intersección a la circulación de tráfico se define como el número de vehículos que llegan a la intersección durante el período de análisis dividido por la duración del período de análisis. Se expresa como una tasa de flujo por horario, pero puede representar un período de análisis de menos de 1 h. La tasa de demanda de flujo representa la tasa de flujo de vehículos que arriban a la intersección. Cuando se mide en el campo, esta tasa de flujo se basa en un recuento de tráficos adoptados antes de la cola asociada con la intersección. Esta distinción es importante para conocer los recuentos durante períodos congestionado porque el recuento de vehículos partiendo desde un enfoque congestionado producirá una tasa de demanda de flujo que es inferior a la tasa real.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.12. 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**n60** : Recuento de vehículos durante un período de 1 h (veh)**n15** : Recuento de vehículos durante el período de pico de 15 min (veh).

El recuento utilizado en el denominador de la ecuación debe tomarse durante un período de 15 minutos que se produce dentro del período de 1- h representado por la variable en el numerador. Ambas variables en esta ecuación representan el número total de vehículos que entran en la intersección durante sus respectivos períodos de tiempo. Como tal, un factor de hora punta se calcula para la intersección. Este factor se aplica individualmente a cada movimiento del tráfico. Los valores de este factor suelen oscilar entre 0,80 a 0,95.

El uso de un único factor de hora pico para toda la intersección está diseñado para evitar la probabilidad de crear escenarios de demanda conflictiva con volúmenes que no son proporcionales a los volúmenes reales durante el período de análisis de 15 minutos.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.13. Relación de pelotón

La relación de pelotón se utiliza para describir la calidad de la señal de progresión para el correspondiente grupo de movimiento. Se calcula como la tasa de flujo demanda durante la indicación verde dividido por el promedio de la tasa de flujo de demanda. Valores para la relación de pelotón típicamente varían de 0,33 a 2,0. La tabla 6 proporciona una indicación de la calidad de la progresión asociados con determinados valores de la relación de pelotón.

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 HCM, 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 proporción de vehículos que lleguen durante la indicación verde "P" se calcula como el número de vehículos que llegan durante la indicación verde dividido por el número de vehículos que llegan durante todo el ciclo de la señal. Es un valor promedio que representan condiciones durante el período de análisis.

2.2.13.1. Tipos de llegada:

- La llegada del **tipo 1** se caracteriza por un denso pelotón de más del 80% del movimiento de volumen de grupo llegan al inicio del intervalo rojo. Este tipo de llegada es a menudo asociada con los segmentos cortos con progresión muy pobre en el sentido de viaje (y posiblemente buena progresión para la otra dirección).



- Llegada **tipo 2** se caracteriza por un pelotón moderadamente denso llegando en el medio del intervalo rojo o un pelotón disperso que contienen del 40% al 80% del volumen de grupo de movimiento que llegan a lo largo de todo el intervalo de color rojo. Este tipo de llegada es a menudo asociada con segmentos de longitud media con progresión desfavorable en el sentido de viaje
- Llegada **tipo 3** describe una de las dos condiciones. Si las señales del segmento delimitador son coordinadas, luego de la llegada de este tipo se caracteriza por un pelotón que contengan menos del 40% del movimiento de volumen de grupo que llegan parcialmente durante el intervalo rojo y parcialmente durante el intervalo verde. Si las señales no son coordinadas, luego de la llegada de este tipo se caracteriza por pelotones que llegan a la intersección en diferentes momentos durante el transcurso del período de análisis, de modo que las llegadas son realmente aleatorias.
- Llegada **tipo 4** se caracteriza por un pelotón moderadamente denso llegando en el medio del intervalo verde o un pelotón disperso que contienen del 40% al 80% del volumen de grupo de movimiento que llegan a lo largo de todo el intervalo verde. Este tipo de llegada es a menudo asociada con segmentos de longitud media con una favorable evolución en el sentido de viaje.
- Llegada **tipo 5** se caracteriza por un denso pelotón de más del 80% del movimiento de volumen de grupo que llegan al inicio del intervalo verde. Este tipo de llegada es a menudo asociada con los segmentos cortos con progresión muy favorable en el tema del sentido de la marcha y un número bajo a moderado de entradas de calle lateral.
- Llegada **tipo 6** se caracteriza por un denso pelotón de más del 80% del movimiento de volumen de grupo que llegan al inicio del intervalo verde. Este tipo de llegada se produce sólo en segmentos muy cortos con progresión excepcionalmente favorable en el sentido de viaje e insignificante calle lateral entrados. Es reservado para rutas en densas redes de señal, posiblemente con calles de una sola vía.

2.2.14. Cola inicial

La cola inicial representa la cola presente al inicio del período de análisis para el



grupo de movimiento. Esta cola se crea cuando sobresaturación es sostenido por un tiempo prolongado. La cola inicial puede estimarse mediante el monitoreo de recuento de cola continuamente durante cada uno de los tres ciclos consecutivos que ocurren justo antes del inicio del período de análisis. Los recuentos más pequeños observados durante cada ciclo se registran. La estimación inicial de la cola es igual a la media de los tres recuentos. En la estimación inicial de la cola no debe incluir los vehículos de la cola debidos al azar, ciclo-por-fluctuaciones del ciclo.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.15. Tasa de Flujo Peatonal

La tasa de flujo peatonal se basa en el número de peatones que circulan en el cruce peatonal que está cruzada por vehículos que girando a la derecha desde durante el período de análisis. Por ejemplo, la tasa de flujo peatonal para el enfoque hacia el oeste describe el flujo de peatones en el cruce peatonal en la pierna norte. Se toma un recuento independiente para cada sentido de la marcha en el cruce peatonal. Cada recuento está dividido por la duración del período de análisis para producir una tasa de flujo horario direccional. Estas tasas se agregan para obtener la tasa de flujo peatonal.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.16. Tasa de Flujo de Bicicletas

La tasa de Flujo de bicicletas se basa en el número de bicicletas cuyo recorrido es atravesado por vehículos, girando a la derecha desde durante el período de análisis. Estas bicicletas pueden viajar en el hombro o en un carril-bici. Cualquier tráfico de bicicletas que operan en el carril de la derecha con el tráfico automovilístico no deberían incluirse en este recuento. Esta interacción no es modelada por la metodología. El recuento es dividido por la duración del período de análisis para producir una tasa de flujo cada hora.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.17. Máximo Verde



El ajuste de máximo verde define la cantidad máxima de tiempo que una señal verde puede ser visualizada en la presencia de demanda de conflicto. Los típicos valores Máximos verdes para las fases de giro a la izquierda tienen rango de 15 a 30 s. Los valores típicos para servir por fases de la calle menor tienen rango de 20 a 40 s y los valores para servir las fases de la calle mayor los rangos oscilan de 30 a 60 s.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.18. Minino Verde

El ajuste de mínimo verde representa la mínima cantidad de tiempo que una señal verde puede ser visualizada cuando una señal de fase es activada. Su duración se basa en consideraciones del tiempo de reacción del conductor, el tamaño de la cola, y la expectativa 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 HCM, 2010)

2.2.19. El Cambio de Color Amarillo y el Rojo

El cambio de color amarillo y el rojo son ajustes de holgura para cada entrada de fase de la señal. El intervalo de cambio de amarillo está destinado a alertar a un conductor a la inminente presentación de una indicación de color rojo. Oscila de 3 s a 6 s, con mayores valores en este rango usado con fases que sirven movimientos de alta velocidad. El intervalo de separación de color rojo puede usarse para permitir que un breve tiempo para transcurrir tras la indicación amarilla, durante el cual las señales mayores asociadas con la fase final y todas las fases conflictivas muestran una indicación de color rojo, Si se utiliza el intervalo de separación de color rojo es típicamente 1 o 2 s.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.19.1. Duración de Ciclo (Coordinado- Operación Actuada)

La duración del ciclo es el tiempo transcurrido entre la terminación de dos



presentaciones secuenciales de un intervalo verde de fase coordinada.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.19.2. Fase dividida (Coordinado- Operación Actuada)

Cada fase no coordinada es siempre un "Split". Este tiempo representa la suma del verde, cambio amarillo e intervalos de despeje rojo para la fase.

El fundamento para determinar duración del intervalo verde varía entre organismos; sin embargo, a menudo se relaciona con la "óptima" duración de intervalo verde preestablecido.

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.20. Desplazamiento y Punto de Referencia de Desplazamiento (Coordinado- operación Actuada)

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 HCM, 2010)

2.2.21. 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 HCM, 2010)

2.2.22. Metodología del HCM

2.2.22.1. 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).

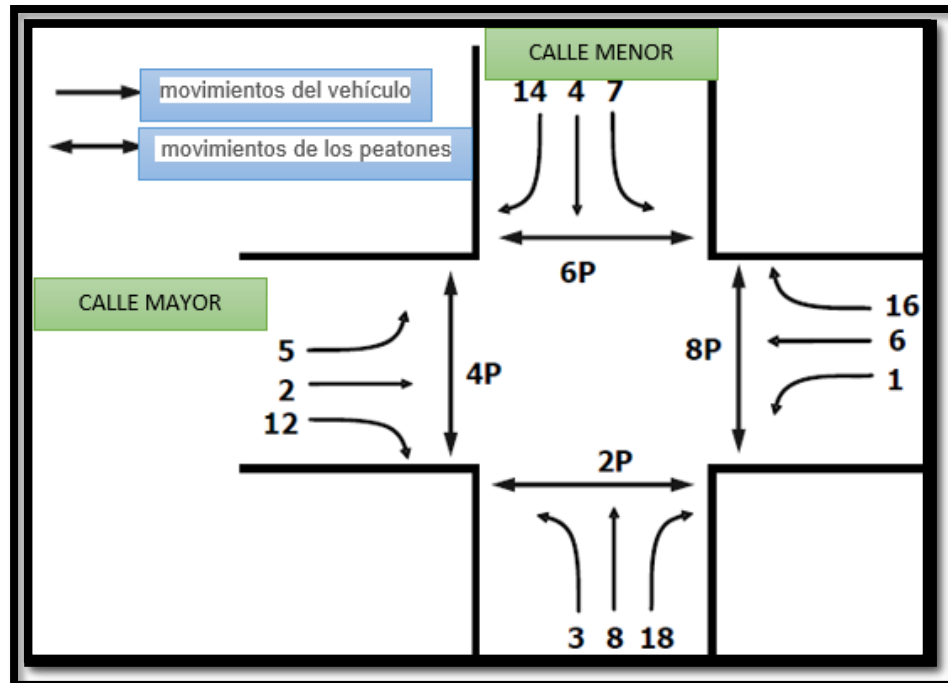
(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

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 HCM, 2010)

Figura 16: Movimiento de tráfico de vehículos y peatones



Fuente: Elaboración Propia

2.2.22.2. 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.

2.2.22.3. 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.

2.2.22.4. 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.

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

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_{LU} = 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

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

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 HCM, 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

Fuente: (Highway Capacity Manual HCM, 2010)

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

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.

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

Donde:

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

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

(Highway Capacity Manual HCM, 2010)

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.

Donde:

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

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

Este factor aplica para pendientes que va desde 6.0% to +10.0%. Una cuesta arriba tiene un valor positivo y una cuesta abajo tiene un valor negativo.

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 HCM, 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)

N_b: 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.

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 fa 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.

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 HCM, 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 HCM, 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 18-11.

Donde:

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

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.

K. Factor Ajuste para Peatones y Bicicletas

El procedimiento para determinar el factor de ajuste de giro a la izquierda de bicicletas y peatones f_{Lpb} y el factor de ajuste de giro a la derecha de bicicletas y peatones f_{Rpb} se basa en el concepto de ocupación de la zona de conflicto, el cual tiene en cuenta el conflicto entre el giro de vehículos, peatones y bicicletas. La ocupación correspondiente de la Zona de Conflicto toma en cuenta si el flujo vehicular oponente, también está en conflicto con el movimiento de giro a la izquierda. El porcentaje de tiempo en verde en el cual la zona de conflicto es ocupada se determina en función de la ocupación correspondiente y el número de carriles receptores del giro de vehículos.

2.2.22.5. 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.

2.2.22.6. 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)

L₁ = 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:

L₂ = 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.

2.2.22.7. 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:

Donde:

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

X = relación del volumen y capacidad

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

c = capacidad (veh/h).

2.2.22.8. 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) **d1** = demora uniforme (s/veh) **d2** = demora incremental (s/veh)

d3 = demora de cola inicial (S/veh). (Highway Capacity Manual HCM, 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 HCM, 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 HCM, 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.

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 HCM, 2010)

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

$$Q_e = Q_b + t_A(v - c_A)$$

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

TA = duración ajustada de la demanda insatisfecha en el periodo de análisis (h),

Qe = cola al final del período de análisis (veh),

Qeo = cola al final del período de análisis cuando $v \geq c_A$ y

QB = 0.0 (veh), Y otras variables previamente definidas.

2.2.22.9. 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 sobrecargada 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

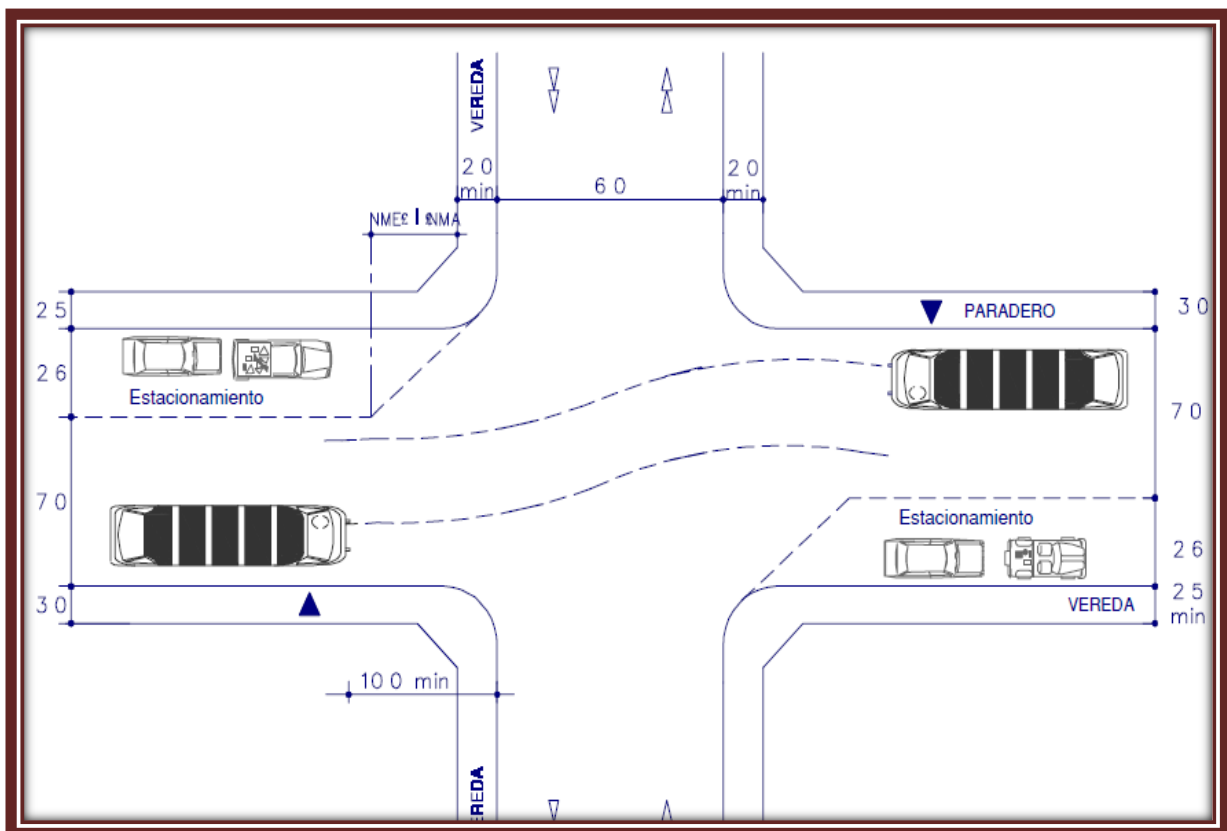
Fuente: (Highway Capacity Manual HCM, 2010)

2.2.23. Ubicación de los Paraderos

2.2.23.1. Punto de Parada Antes de la Intersección

Cuando existe una intersección es posible ubicar los paraderos antes, en el carril derecho, y a una distancia considerable de la misma, pudiendo este carril ser utilizado, al pasar la intersección, como estacionamiento de vehículos.

Figura 17: paradero sobre el carril del lado derecho y más cerca de la esquina, facilita el giro del ómnibus a la derecha

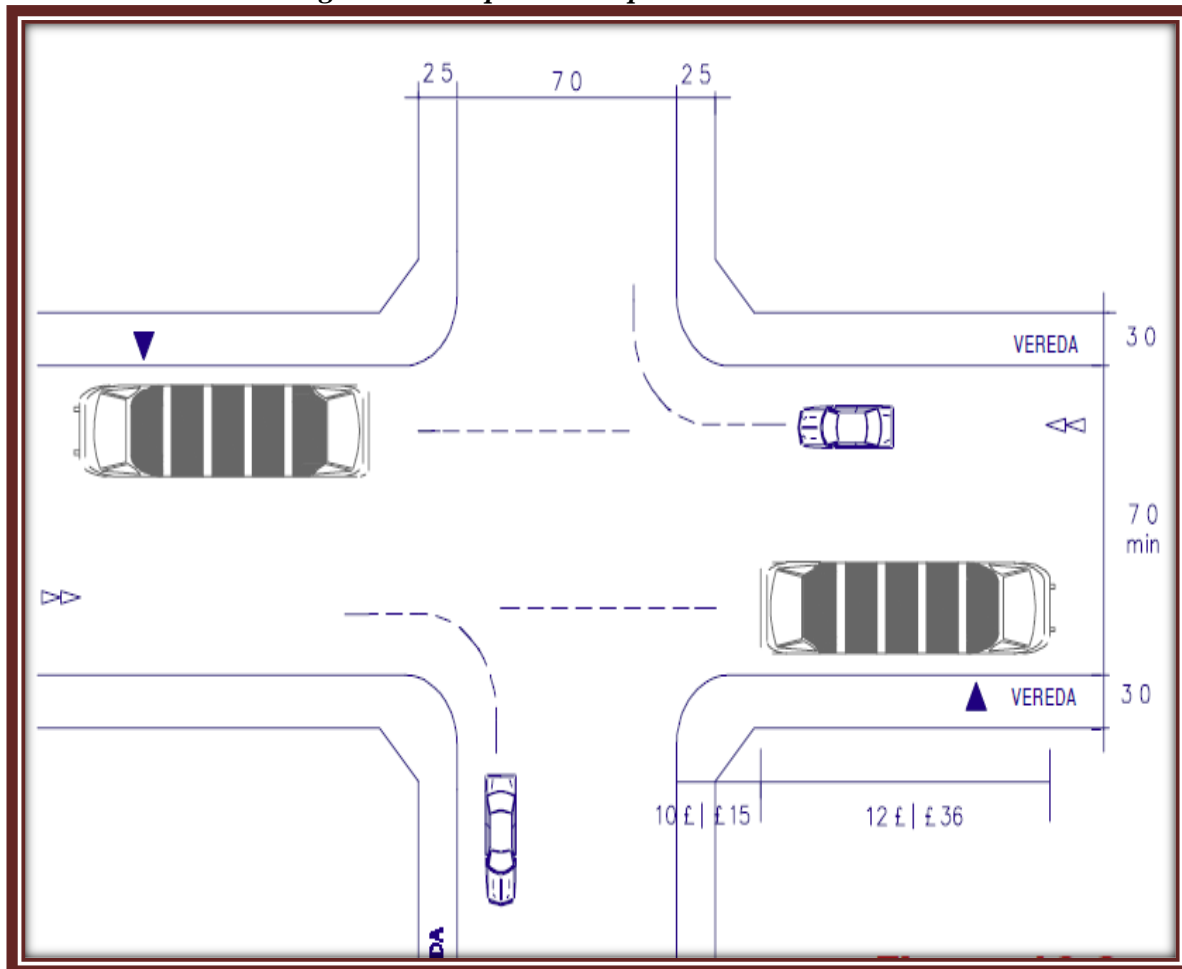


Fuente: (manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005)

2.2.23.2. Punto de Parada Después de la Intersección

Ubicar los paraderos después de una intersección, cuando el ómnibus sigue su marcha en línea recta, constituye también una opción por cuanto permite realizar libremente el giro a la derecha de los vehículos ubicados en la parte posterior del ómnibus

Figura 18: de parada después de la intersección



Fuente: (manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005)



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

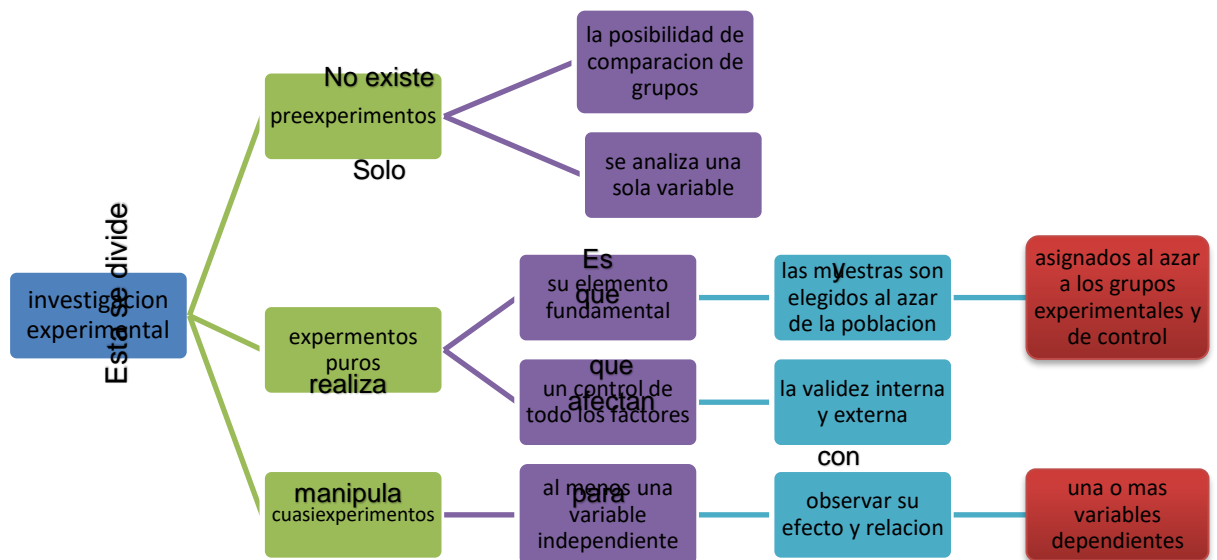
3.1. Metodología De La Investigación:

3.1.1. Enfoque de la investigación:

La investigación que se utilizó, por naturaleza del objeto de estudio, es de tipo Cuantitativa. Ya que recogeremos y procesaremos los datos obtenidos del trabajo en campo para la determinación de flujos viales críticos, capacidad vial y nivel de servicio.

La investigación es de tipo EXPERIMENTAL ya que se procederá a alterar los valores de las variables que son los sistemas de control y las características de la circulación y demanda en el sistema vial y su influencia en el cálculo de los niveles de servicio en las intersecciones analizadas en toda la sección de vía.

La investigación experimental será de tipo Cuasi-experimental ya que existirán variables intervinientes que no serán controladas a detalle y que serán parte del proceso de obtención de resultados o cálculos. Por ejemplo, las relaciones de volumen capacidad o ratio de saturación, es una variable parte del procedimiento de cálculo de los niveles de servicio.



La presente investigación presenta los siguientes métodos de investigación.

Método deductivo

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

Debido a que el tema de investigación se divide en varios puntos de estudio que se medirán de manera independiente para cumplir los objetivos específicos y así cumplir el objetivo general.

3.1.2. Nivel de investigación:

El nivel de estudio que se utilizó fue Descriptivo, ya que se describió situaciones y/o eventos. Y se especificó las propiedades importantes de la geometría de la vía, como anchos de carril, pendientes, sus características de funcionamiento, capacidad vial y nivel de servicio.

Es de carácter DESCRIPTIVO en la fase de diagnóstico y EXPERIMENTAL en la fase de cierre y propuesta, ya que el propósito es de describir las propiedades, características de los fenómenos que involucran a los niveles de servicio del sistema



vial definido donde se estudiará la circulación del entorno para diferentes escenarios planteados.

La presentación tendrá un carácter que muestra en detalle el análisis operacional para evaluar la circulación vial existente, el cierre de la plaza y la consecuente descripción de alguna propuesta de mitigación como aporte. La investigación involucra la recolección de información de campo a nivel de aforos vehiculares, peatonales, geometría de las vías y sistemas de control de tránsito para así describir y pronosticar los modelos antes y después del cierre.

En una segunda fase será EXPERIMENTAL, por que mostrará los resultados del análisis para una situación modificada, en este caso se establecerá una relación entre los niveles de servicio o calidad del servicio y las variables dependientes que modifican o alteran este comportamiento.

3.1.3. Método de investigación:

En el presente estudio se empleó el método hipotético - deductivo, ya que se observó el fenómeno a estudiar en las intersecciones seleccionadas y se crearon hipótesis, las cuales fueron verificadas y comprobada en el transcurso de la investigación.

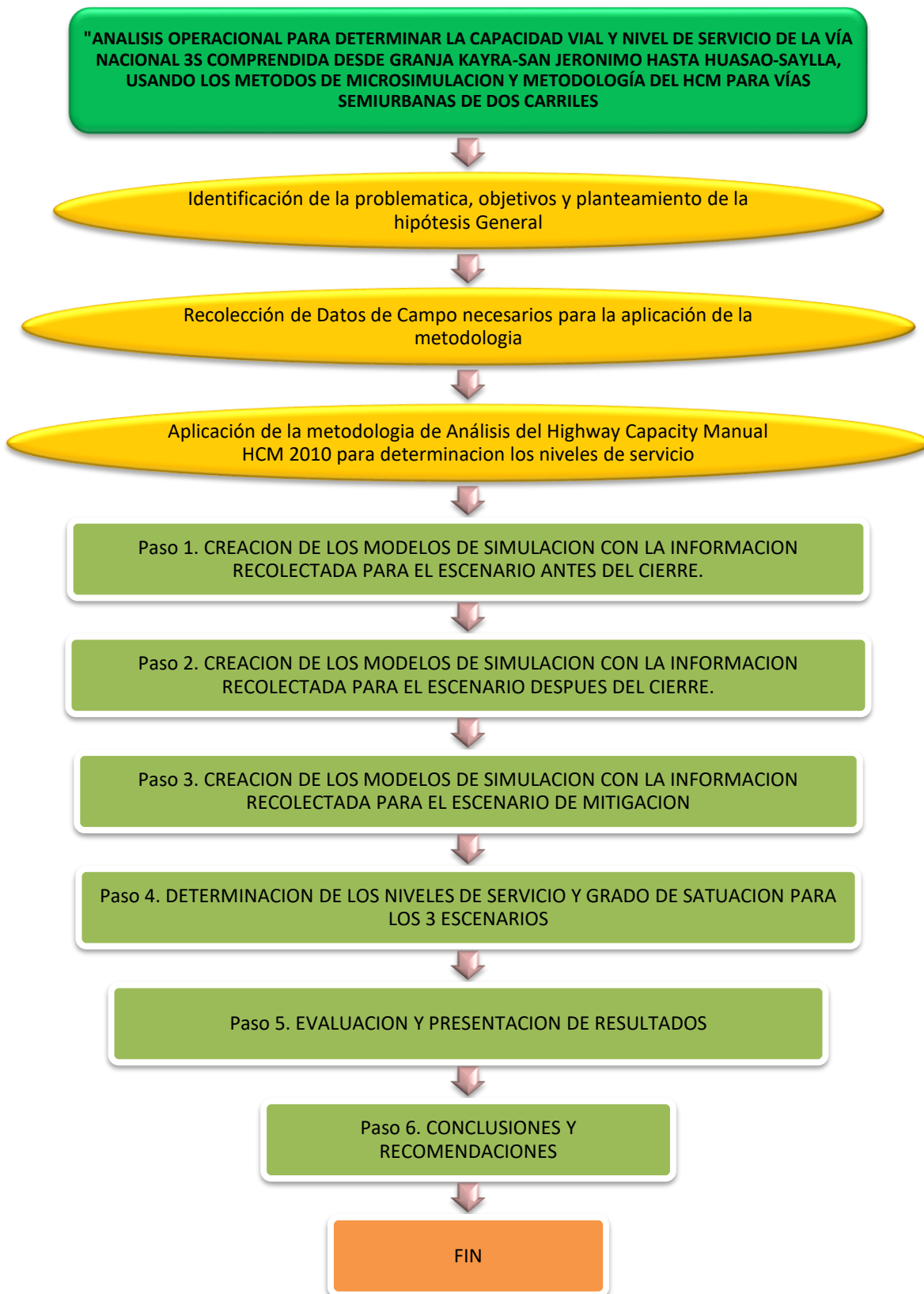
3.2. Diseño de la Investigación:

3.2.1. Diseño metodológico:

El diseño de la investigación fue de tipo no experimental debido a que no incluye la manipulación de la variable y se observa el fenómeno bajo condiciones reales.

3.2.2. Diseño de ingeniería

Figura.....



DETALLADO DE ACTIVIDADES REALIZADAS PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

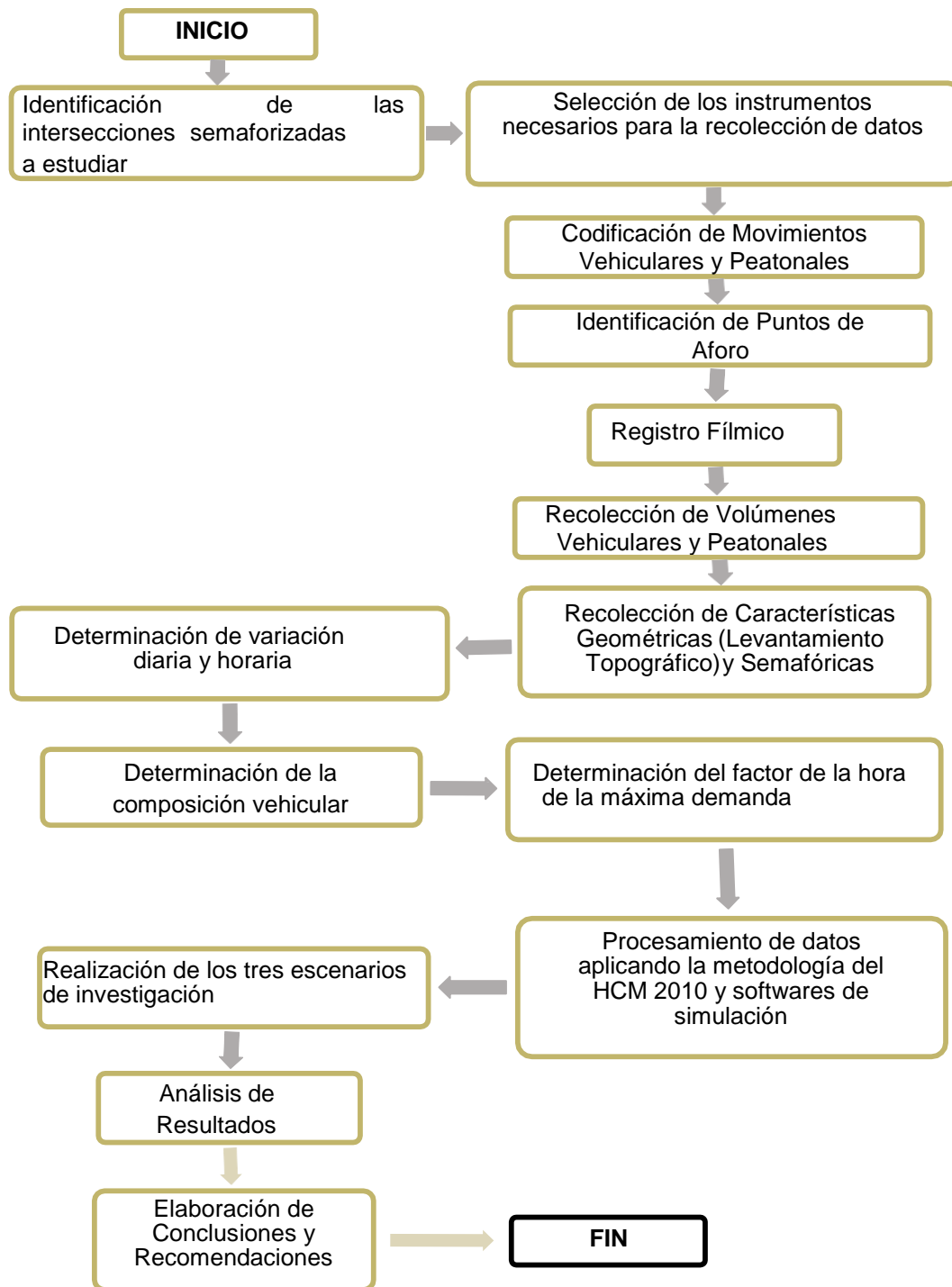


Figura.....



3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

La población de esta investigación fueron las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas a lo largo de todo el corredor vial 3S en el tramo de estudio desde Kayra hasta Huasao.

3.3.1.2. Cuantificación de la población

La población está compuesta por todas las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas principales a lo largo del sistema vial en estudio.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

La muestra seleccionada para esta investigación fueron las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas con alto tránsito vehicular en el corredor vial 3S.

La muestra de la investigación coincidió con la población anteriormente establecida.

3.3.2.2. Método de muestreo:

El método de muestreo utilizado en el presente estudio es el NO PROBABILÍSTICO. Según (Hernández Sampieri, 2014), las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización. Se utilizan en diversas investigaciones cuantitativas y cualitativas. Seleccionan individuos o casos “típicos” sin intentar que sean estadísticamente representativos de una población determinada.

Son un conjunto de propiedades y características cuyo cumplimiento identifica el SISTEMA VIAL ANALIZADO. Su objetivo es delimitar la población y muestra de la investigación. Los criterios a considerar son:



- Se delimitó el sistema vial como el conjunto de intersecciones a estudiar
- Se tomaron los datos de vehículos que se encontraban en movimiento.
- Se tomaron datos de las características físicas de todo el tramo de vía contenido entre las intersecciones citadas.

3.3.2.3. Criterios de evaluación de muestra:

Se evaluaron las tres intersecciones mediante los criterios expuestos por,

Highway Capacity Manual 2010 (HCM2010):

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

3.3.3. Criterios de inclusión:

Los criterios que determinamos para la inclusión son:

- Intersecciones viales que estén dentro de la tipología de intersecciones semaforizadas.
- Intersecciones viales no semaforizadas
- Intersecciones viales con gran flujo vehicular (demanda).
- Intersecciones viales que ofrezcan mayor infraestructura vial (oferta).

3.4. Instrumentos:

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos:

3.4.1.1. Ficha de aforo vehicular

Nos ayudó a determinar el número de vehículos que transitan en las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo determinado, y de esta manera poder clasificarlos.

Tabla 7: Formato de conteo vehicular

FORMATO DE CONTEO VEHICULAR										
UNIVERSIDAD- FACULTAD	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO- ESCUELA PROFECIONAL DE INGENIERIA CIV						FECHA			
INTERSECCION	AV. MANCO CAPAC CON CALLE PATA PATA - KAYRA - CUSCO						AREA			
TESIS	"ANÁLISIS OPERACIONAL PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LA VÍA NACIONAL 3S COMPRENDIDA DESDE GRANJA KAYRA-SAN JERÓNIMO HASTA HUASAO-SAYLLA, USANDO LOS MÉTODOS DE MICROSIMULACIÓN Y METODOLOGÍA DEL HCM PARA VÍAS RURALES SEMIURBANAS."									
SENTIDO										
NOMBRE										
	1	5	6	7			2	3	4	
TIPO DE VEHICULO										


FUENTE: Elaboración Propia



3.4.1.2. Ficha de aforo peatonal

Los aforos peatonales nos ayudaron a determinar el número de peatones y sentidos de circulación en intervalos de tiempo determinado.

Tabla 8: Formato de ficha de aforo peatonal

FICHA DE AFORO PEATONAL			
 TESIS:			
TESISTA:			
INTERSECCION		CODIGO	
DIA		TURNO	
HORA	SENTIDOS		TOTAL
SUB TOTAL			
SUB TOTAL			
SUB TOTAL			
TOTAL			

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.3. Ficha de características geométricas

Nos permitió realizar un inventario vial mediante levantamiento topográfico realizado en campo considerando una serie de características que se detallan a continuación:

Tabla 9: Formato de ficha de características geométricas de la vía análisis operacional para determinar la capacidad vial y nivel de servicio de la vía nacional 3s comprendida desde granja kayra-san jerónimo hasta huasao-saylla, usando los métodos de microsimulación y metodología del hcm para vías rurales semiurbanas

CONDICIONES GEOMETRICAS Y DE CIRCULACION						
ACCESO HACIA EL	NUMERO DE CARRIL	ANCHO CARRIL (m)	V. PESADOS (veh)	GIROS IZQ. (veh)	LONGITUD DE COLA (VEH.)	TIPO DE LLEGADA
NORTE	1	2.50	0.5%	0		
	2	2.50	12.5%	40		
SUR	3	3.20	1.3%	0		
	4	3.20	0.0%	16		
ESTE	5	2.50	1.8%	341		
	6	2.50	1.1%	0		
OESTE						

ACCESO HACIA EL	PENDIENTE (%)	ESTACIONAMIENTO		PARADEROS		FLUJO PEATONAL
		S o N	Nm	S o N	Autobuses	
NORTE	4.00%	NO	0	SI	58	546
SUR	5.00%	NO	0	SI	11	533
ESTE	6.00%	NO	0	SI	2	418
OESTE	7.90%	NO	0	NO	0	373

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4. Ficha de características semafóricas de la vía

Nos permitió realizar inventario vial semafórico para obtención de datos referentes a la señalización tanto horizontal como vertical.

Tabla 10: Formato de ficha de características semafóricas de la vía vía análisis operacional para determinar la capacidad vial y nivel de servicio de la vía nacional 3s comprendida desde granja kayra-san jerónimo hasta huasao-saylla, usando los métodos de microsimulación y metodología del hcm para vías rurales semiurbanas

ACCESO HACIA EL	MOV.	CICLO SEMAFÓRICO				
		VERDE	AMBAR	ALL RED	PERMITIDO	EXCLUSIV
NORTE	→	30	2	46		
SUR		30	2	47		
ESTE	→	38	2	36		
OESTE	→	40	2	37		
	↪					

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Instrumentos de ingeniería:

3.4.2.1. Cámara filmadora:

Este instrumento se usó para registrar los flujos vehiculares y peatonales, fue necesario instalar una cámara filmadora con su respectivo trípode estratégicamente con la finalidad de registrar los movimientos vehiculares en hora pico.

Figura 19: Cámara y Gopro Hero4



Elaboración propia

3.4.2.2. Estación total:

Es un instrumento que facilita determinar la medición de las dimensiones topográficas y ubicación de señales de tránsito de las infraestructuras viales para realizar la adecuada coleta de datos de dicha infraestructura. Complementariamente para realizar el levantamiento topográfico se utilizó instrumentos como:

Gps, primas, porta prismas, wincha y radios; necesarios para realizar el levantamiento topográfico de las intersecciones de estudio.

Figura 20: Estación total e instrumentos complementarios



Elaboración propia

Figura 21: Instrumento de Recolección de Datos: Cinta métrica



Elaboración propia

Figura 22: Instrumento de Recolección de Datos: Eclímetro



Fuente: Google – Imágenes

3.4.2.3. Synchro 8 educacional:

Synchro es un software Trafficware que permite modelar, optimizar, gestionar y simular los tiempos de semáforos en intersecciones y arterias viales a un nivel macroscópico.

Para el cálculo de la relación volumen-capacidad (v/c), Synchro incorpora todos los ajustes y estimaciones del Highway Capacity Manual 2010, pero adicionalmente provee un método alternativo denominado ICU (Intersection Capacity Utilization)

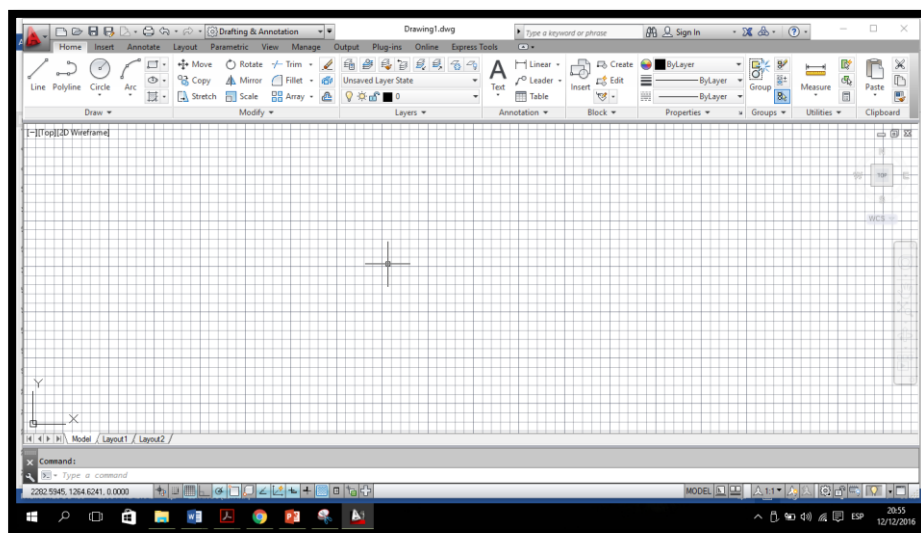
Figura 23: Synchro 8 educacional



3.4.2.4. Software de apoyo: autocad

Instrumento utilizado para procesar los datos obtenidos por la estación total en el proceso del levantamiento topográfico de la infraestructura vial. Con el cual se obtuvo datos como la pendiente de carriles, ancho de carriles, etc.

Figura 24: Toma de pantalla del Software AutoCAD



Elaboración propia

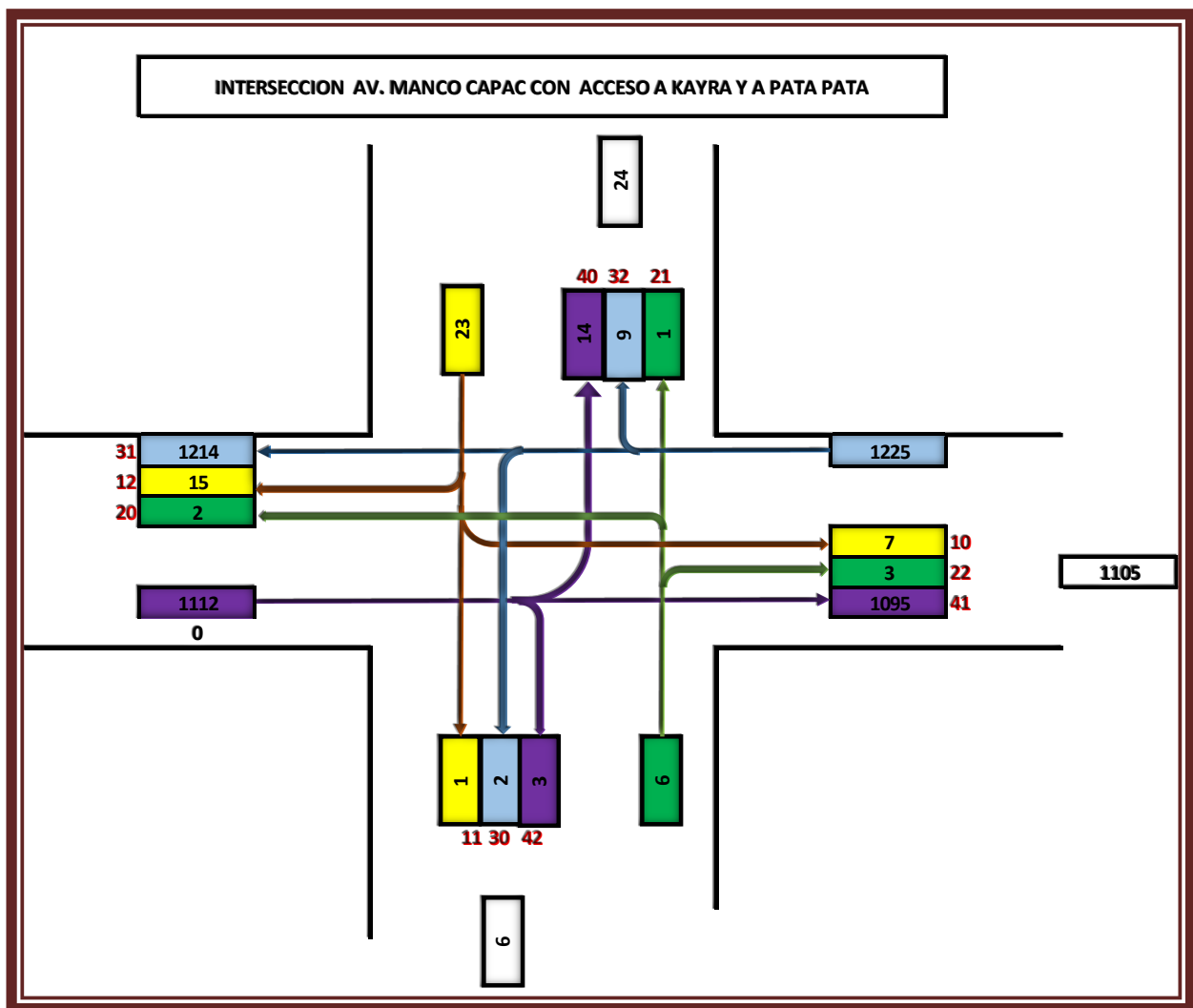
3.5. Procedimientos De Recolección De Datos:

3.5.1. Codificación de movimientos vehiculares

En las intersecciones de estudio se identificaron los sentidos de circulación con el fin de unificar los movimientos vehiculares y codificar los ramales de ingreso

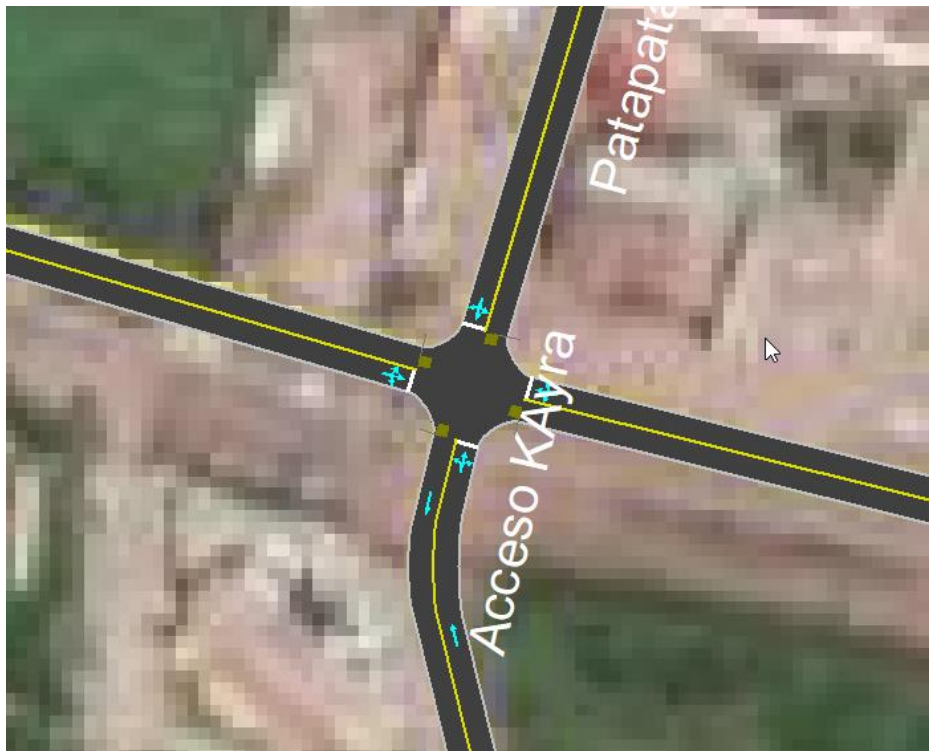
a cada intersección, esto facilito el procesamiento de datos. La nomenclatura utilizada se observa en los siguientes gráficos.

Tabla 11: Codificación de movimientos vehiculares



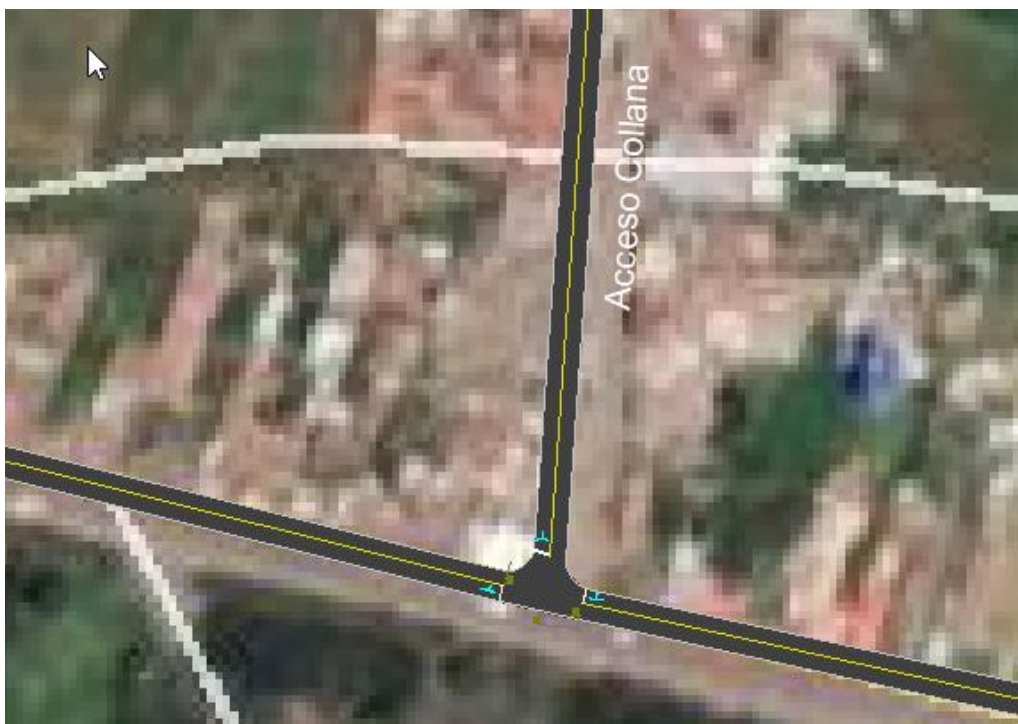
FUENTE: Elaboración Propia

Figura 25: Codificación de movimientos vehiculares intersección 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 02



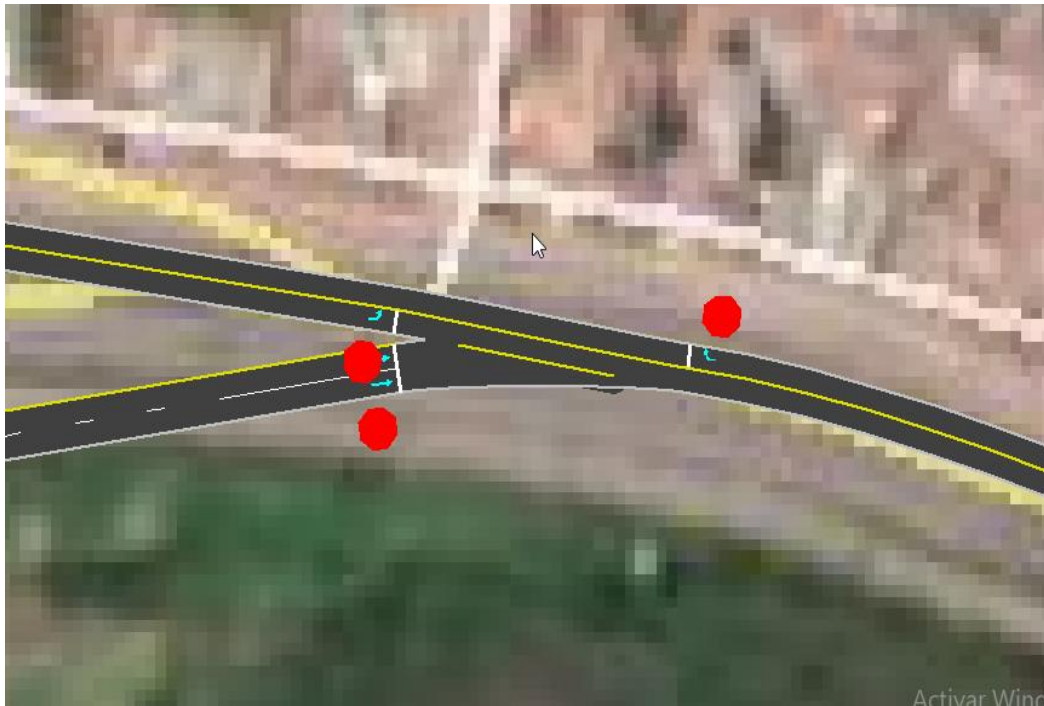
Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 03



Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 04



Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 05



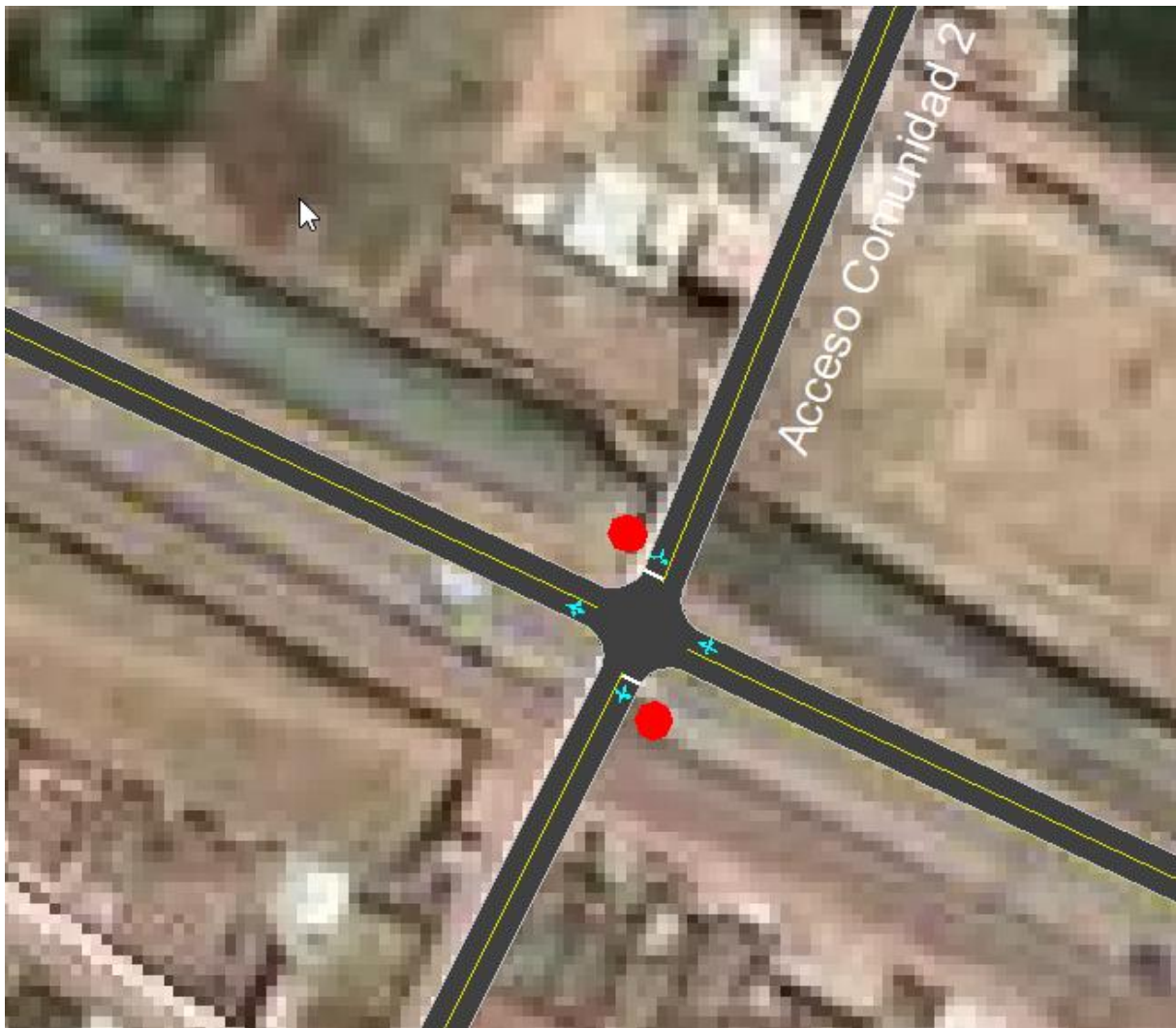
Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 06



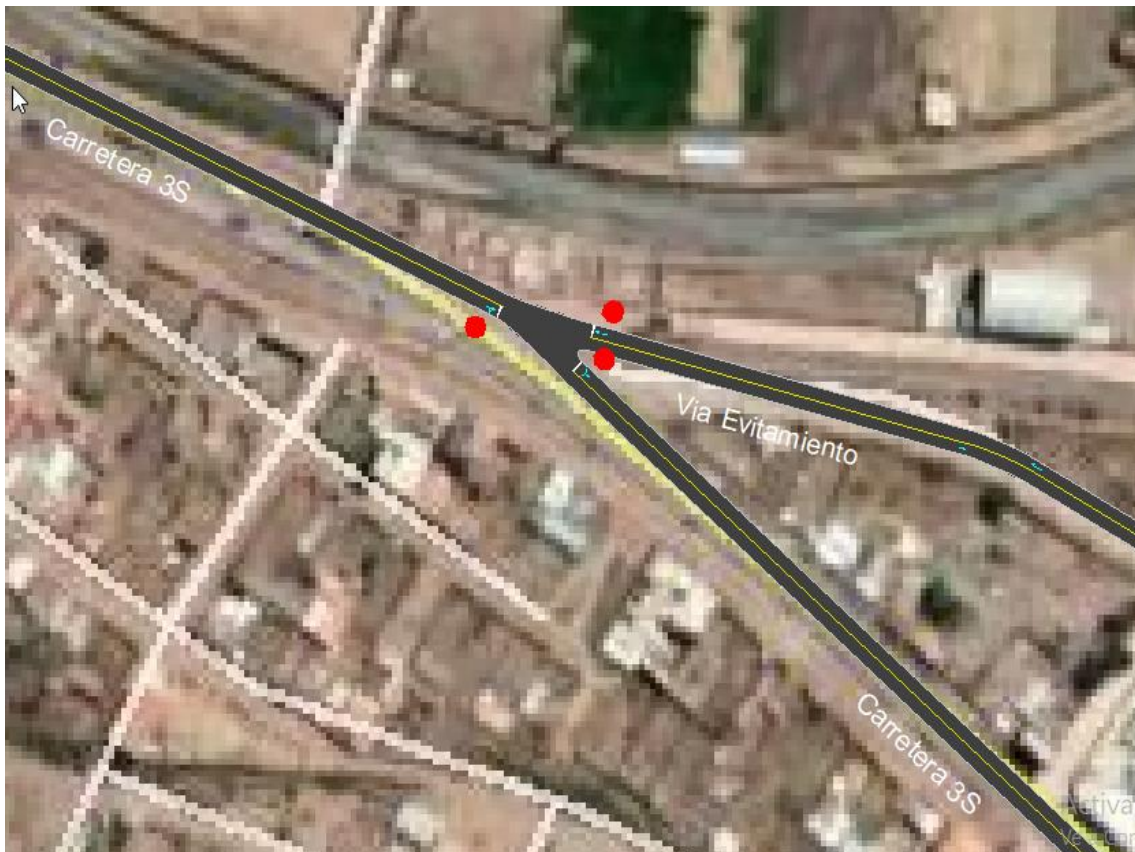
Fuente: Elaboración propia

Figura 31: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 07



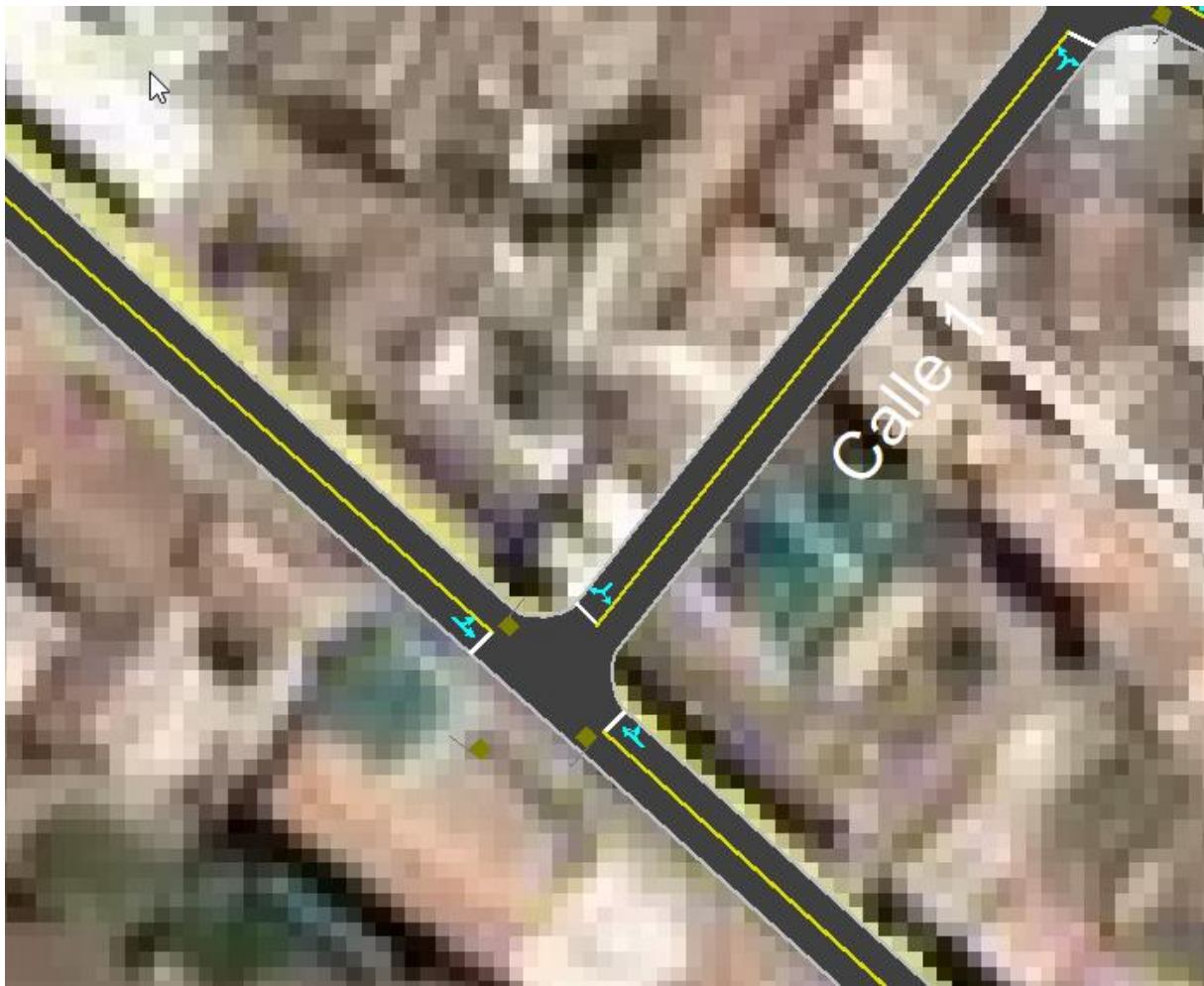
Fuente: Elaboración propia

Figura 32: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 08



Fuente: Elaboración propia

Figura 33: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 09



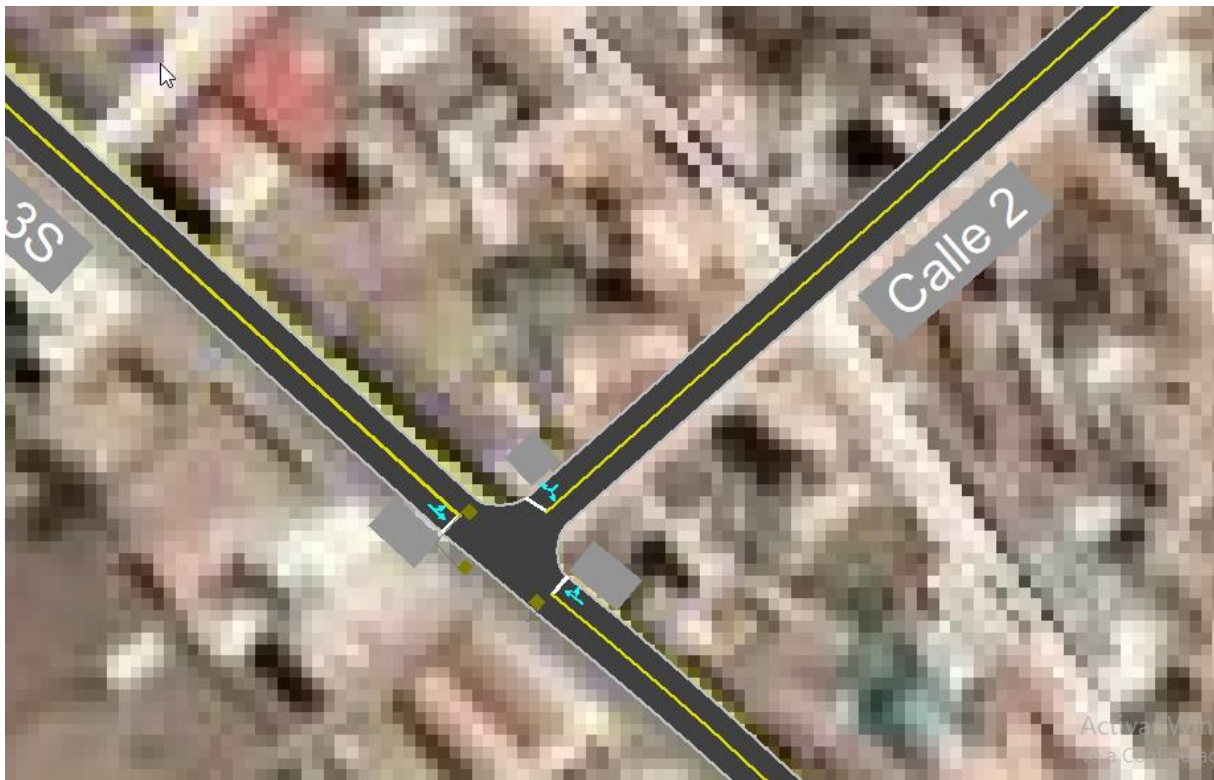
Fuente: Elaboración propia

Figura 34: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 10



Fuente: Elaboración propia

Figura 35: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 11



Fuente: Elaboración propia

Figura 36: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 12



Fuente: Elaboración propia

Figura 37: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 13



Fuente: Elaboración propia

Figura 38: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 14



Fuente: Elaboración propia

Figura 39: Codificación de movimientos vehiculares en la intersección 15



Fuente: Elaboración propia



3.5.2. Registro fílmico

A efectos de obtener una muestra adecuada se consideró realizar el aforo vehicular durante los siete días de la semana de manera tal que se pudo estudiar el comportamiento del flujo vehicular en cada intersección y así poder determinar el día considerado como representativo.

Se realizó los registros fílmicos en los periodos de: 7:00 am – 10:00, 12:00 pm – 3:00 pm, 4:00 pm – 7:00 p.m. Se buscó tener información detallada de diferentes horas del día para corroborar las horas punta y así obtener información de primera mano de la vía y sus condiciones de mayor flujo vehicular. El registro fue hecho en el sector de Saylla, como intersección maestra para el estudio de tráfico.

Cabe mencionar que los aforos vehiculares se realizaron en el mes de junio del 2019.

3.5.3. Recolección de volúmenes vehiculares y peatonales

La finalidad de los aforos de los volúmenes vehiculares y peatonales fue establecer la capacidad vial y el nivel de servicio que presentan las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del sistema vial en toda la sección y sus vías aledañas; por medio de estos aforos se obtuvo:

- Clasificación vehicular (livianos, pesados).
- Puntos de conflicto
- Movimientos direccionales en las intersecciones semaforizadas en intervalos de tiempo.
- Volúmenes vehiculares y peatonales.
- El ensayo de volúmenes vehiculares estuvo orientado a la obtención de los siguientes objetivos:

...” Cuantificación de la demanda de tránsito vehicular que circula por una sección transversal de una vía, durante un periodo determinado.”

Las hojas de aforo vehicular y peatonal se encuentran en el ANEXO B

3.5.4. Recolección de características geométricas de la vía

Para poder obtener los datos reales de la infraestructura vial se realizó el levantamiento topográfico de campo considerando una serie de características las cuales fueron:

- Sentido de circulación
- Ancho de calzada
- Pendiente de calzada (%)
- N° de carriles
- Ancho de carriles

Los datos obtenidos fueron introducidos a la ficha correspondiente de características geométricas:

Tabla 12: Características geométrica.

FORMATO DE ENTRADA										
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				CONDICIONES DE CIRCULACION						
INTERSECCION	KAYRA - PATAPATA									
TESIS	ANALISIS OPERACIONAL PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LA VIA NACIONAL 3S COMPRENDIDA DESDE GRANJA KAYRA-SAN JERONIMO HASTA HUASAD-SAYLLA. USANDO LOS METODOS DE MICROSIMULACION Y METODOLOGIA DEL HCM PARA VIAS RURALES SEMIURBANAS			ACCESO HACIA EL	NUMERO DE CARRIL	ANCHO DE CARRIL (m)	V. PESADOS (veh)	GIRS IZQ.(veh)	LONGITUD DE COLA (veh)	TIPO DE LLEGADA
				NORTE						
				SUR						
				ESTE						
				OESTE						

Fuente: Elaboración propia

3.5.5. Recolección de características semafóricas

Se realizó un inventario de las cantidades y ubicaciones de las señales de tránsito vertical y horizontal, así como las demarcaciones. De igual forma se obtuvo los tiempos en verde ámbar y rojo en cada semáforo.

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS									
		SEL	SET	NWT	NWR	SWL	SWR	PED	HOLD		
Node #	9	Lanes and Shading (HFL)									
Zone:		Traffic Volume (vph)									
X East (m)	5759.0	0	1120	1051	3	1	3				
Y North (m)	-2946.0	Turn Type									
Z Elevation (m)	0.0	Perm									
Description		Protected Phases									
Control Type	Pretimed	6									
Cycle Length (s)	40.0	Permitted Phases									
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	6									
Optimize Cycle Length:	Optimize	Detector Phases									
Optimize Splits:	Optimize	6 6 2									
Actuated Cycle(s):	40.0	Switch Phase									
Natural Cycle(s):	80.0	0 0 0									
Max v/c Ratio:	1.63	Leading Detector (m)									
Intersection Delay (s):	284.4	10.0 10.0 2.0									
Intersection LOS:	F	Trailing Detector (m)									
ICU:	0.69	0.0 0.0 0.0									
ICU LOS:	C	Minimum Initial (s)									
Offset (s):	0.0	4.0 4.0 4.0									
Referenced to:	Begin of Green	Minimum Split (s)									
Reference Phase:	2+6 - NWT SETL	20.0 20.0 20.0									
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>	Total Split (s)									
Yield Point:	Single	20.0 20.0 20.0									
		Yellow Time (s)									
		3.5 3.5 3.5									
		All-Ped Time (s)									
		0.5 0.5 0.5									
		Lost Time Adjust (s)									
		0.0 0.0 0.0									
		Lagging Phase?									
		Allow Lead/Lag Optimize?									
		Recall Mode									
		Max Max Max									
		Actuated Elft. Green (s)									
		16.0 16.0 16.0									
		Actuated g/C Ratio									
		0.40 0.40 0.40									
		Volume to Capacity Ratio									
		1.63 1.54 0.01									
		Control Delay (s)									
		309.9 258.1 2.8									
		Queue Delay (s)									
		0.0 0.0 0.0									

figura N°Procedimientos de Análisis de Datos

3.5.6. Determinación de la variación diaria y horaria

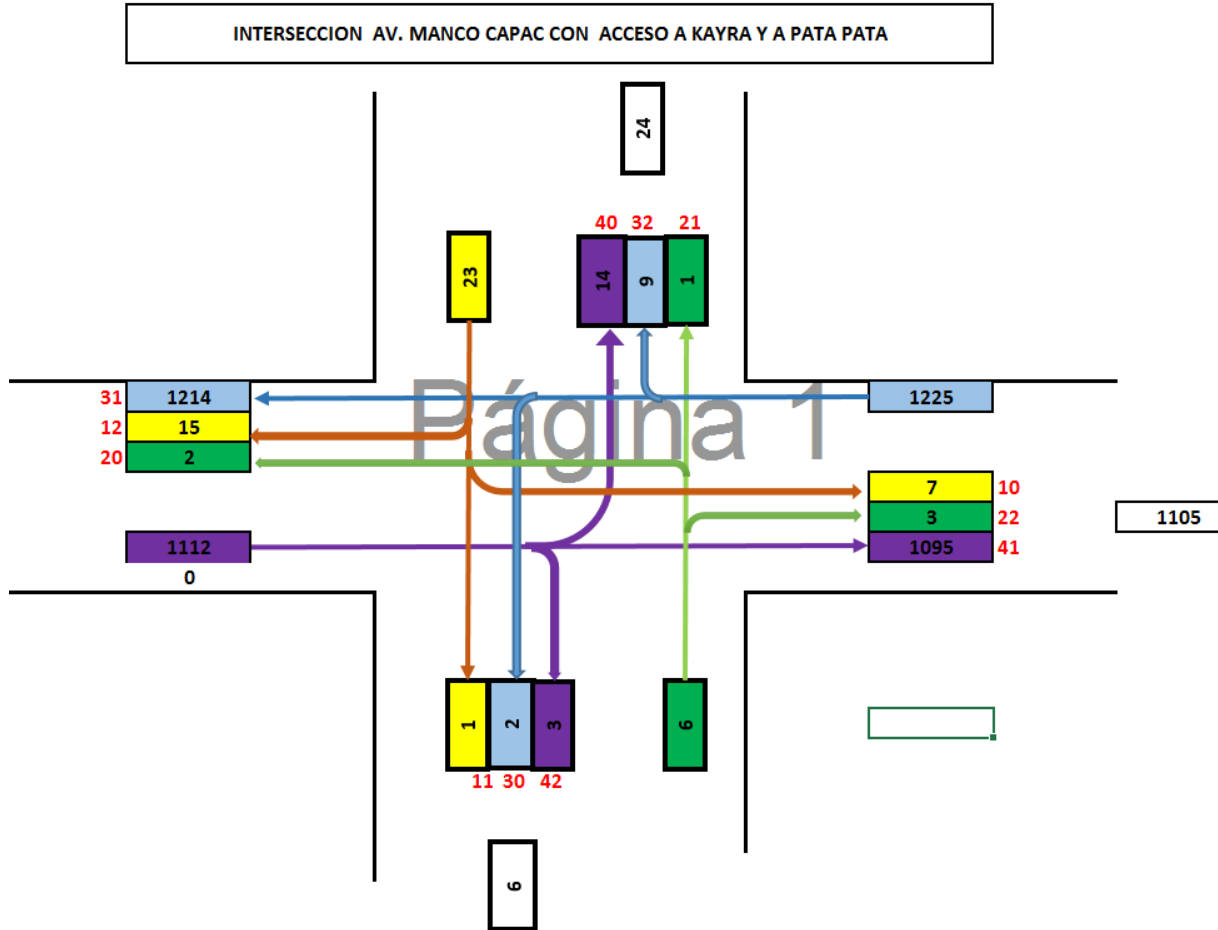
3.5.6.1. Variación diaria:

En la que se registra la distribución diaria de los volúmenes vehiculares, para determinación del día con mayor demanda.

La hora punta de análisis para el fin de semana fue la hora de las 12:00 a 1:00 del mediodía, hora en la que la mayoría de locales en Saylla están abiertos, así como también en los sectores de Tipón, Huasao.

3.5.7. Determinación de volúmenes vehiculares y peatonales por sentido:

Figura n°.....: Volúmenes Vehiculares de la intersección



Fuente: Elaboración Propia

3.5.8. Procesamiento de datos aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación (Synchro 8.0)

A continuación, se analiza las intersecciones en su situación actual con el software de simulación (Synchro 8.0).

A. Determinación de la capacidad vial y nivel de servicio

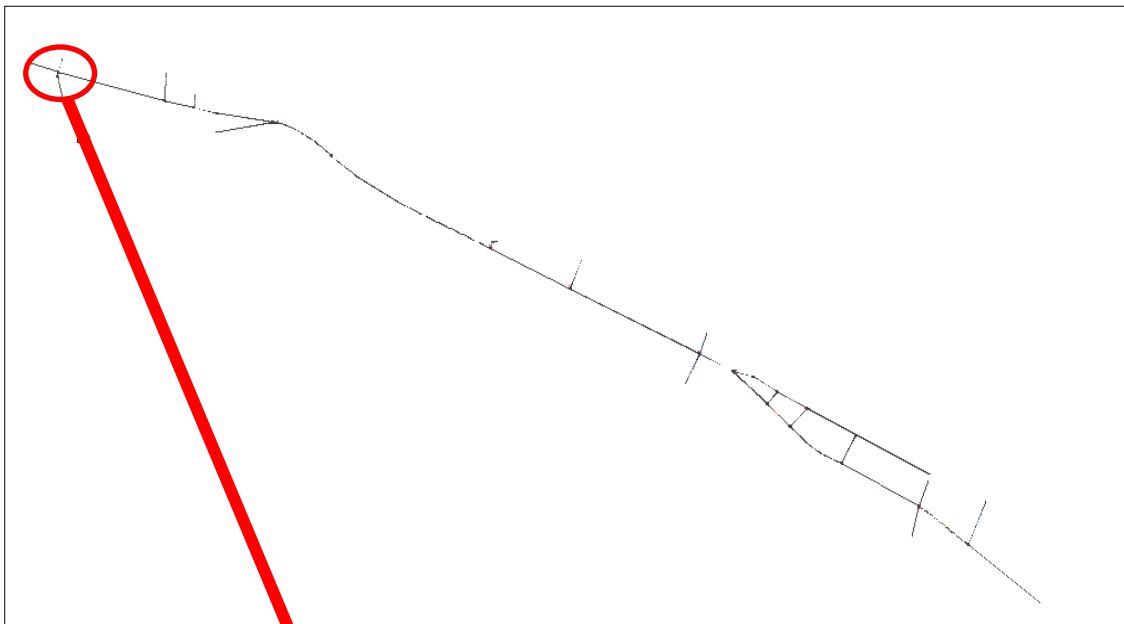
Paso 1: Primero se define el fondo con una foto satelital en planta de la zona del análisis tomada desde Google Earth, luego pasamos a definir la ubicación y dirección de las Calles.

Figura 40: Vista en planta de las Intersecciones

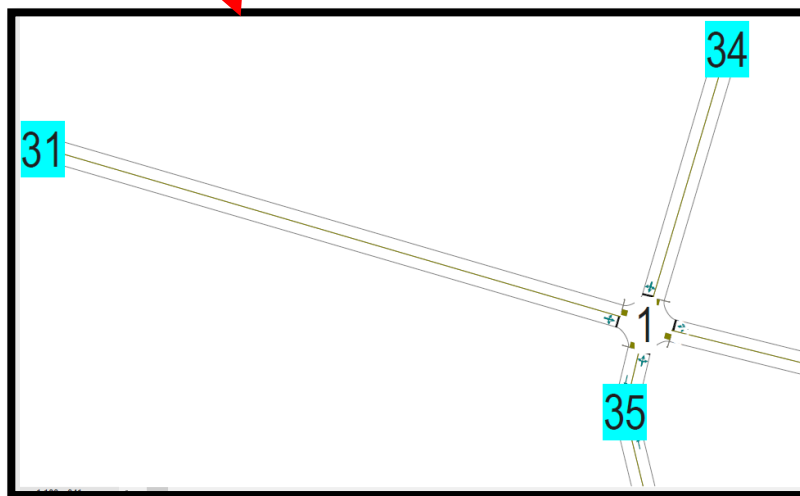


Fuente: Synchro 8

Figura 41: Codificación de las intersecciones



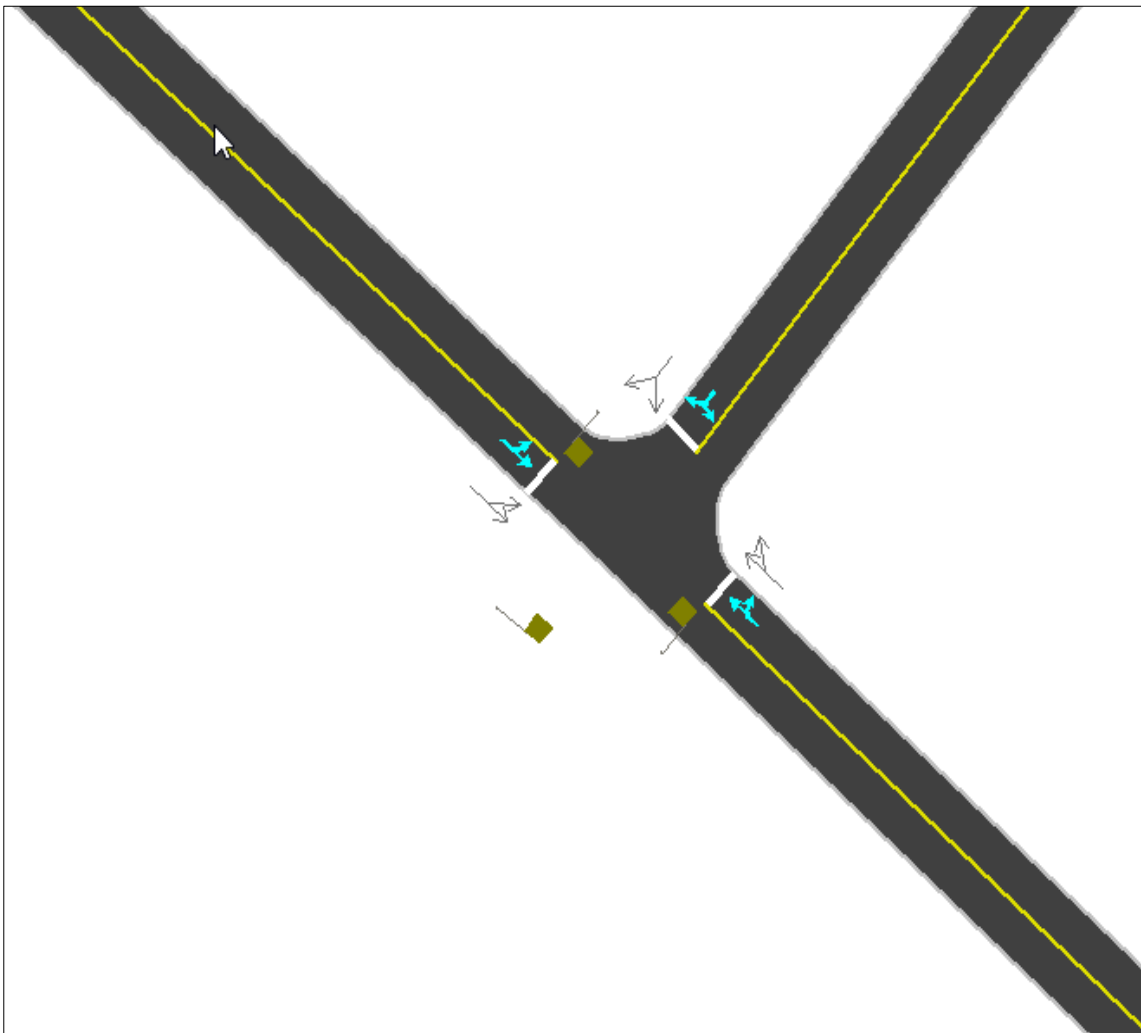
Fuente: Synchro 8



Paso 2: Se definieron los siguientes datos de entrada a partir de los datos del análisis de tránsito con que se ha estado trabajando. Se identificó los movimientos de carriles.

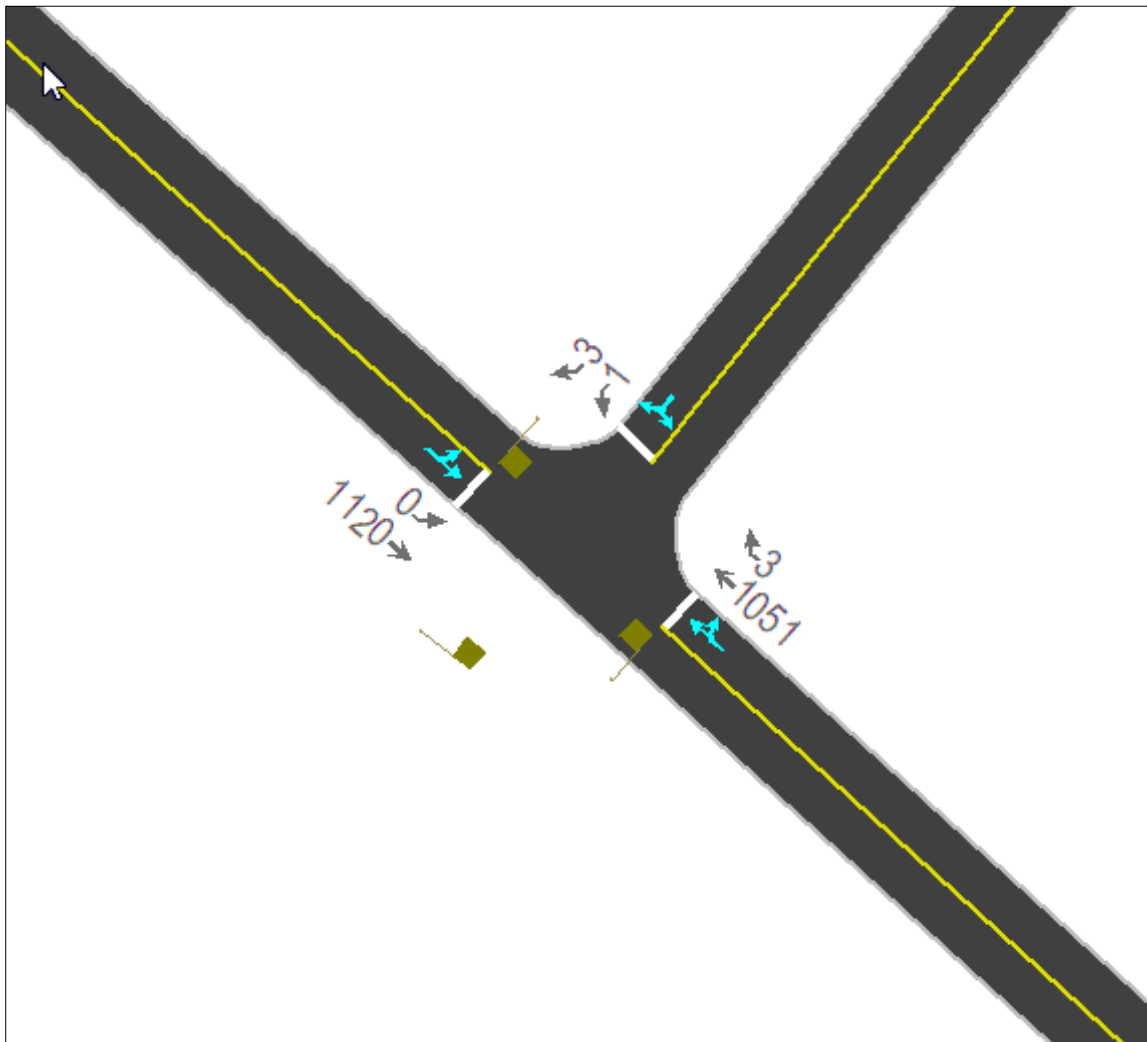
Seguidamente se determinó la distribución del grupo de carriles para cada dirección, los volúmenes vehiculares y peatonales ya son definidos anteriormente. No existen maniobras de parqueo. Al definir todos estos valores de entrada el software calcula por si solo la tasa de flujo por hora.

Figura 42: Movimientos o giros de carriles en la Intersección 6



Paso 3: Los anchos de carriles y grado de pendiente están definidos anteriormente. El tipo de área es definido como urbana CBD (zona comercial, central de negocios), Con todo esto definido el programa calcula los factores y el flujo de saturación del grupo de carriles como se ve en la siguiente figura.

Figura 43: Volúmenes por sentido de circulación intersección 6



Fuente: SYNCHRO 8

Paso 4: Se introdujeron los datos del tipo de semáforos, fases, así como sus respectivos tiempos de luz verde, ámbar y roja. De esta forma el software por medio de la metodología del HCM, determina la tasa de flujo de saturación ajustada, la capacidad, la relación volumen/capacidad, tiempos de demora y nivel de servicio según los datos ingresados para cada carril por separado. De igual forma en el cuadro marrón se aprecia el nivel de servicio, y tiempo de demora que se calculó para toda la intersección.

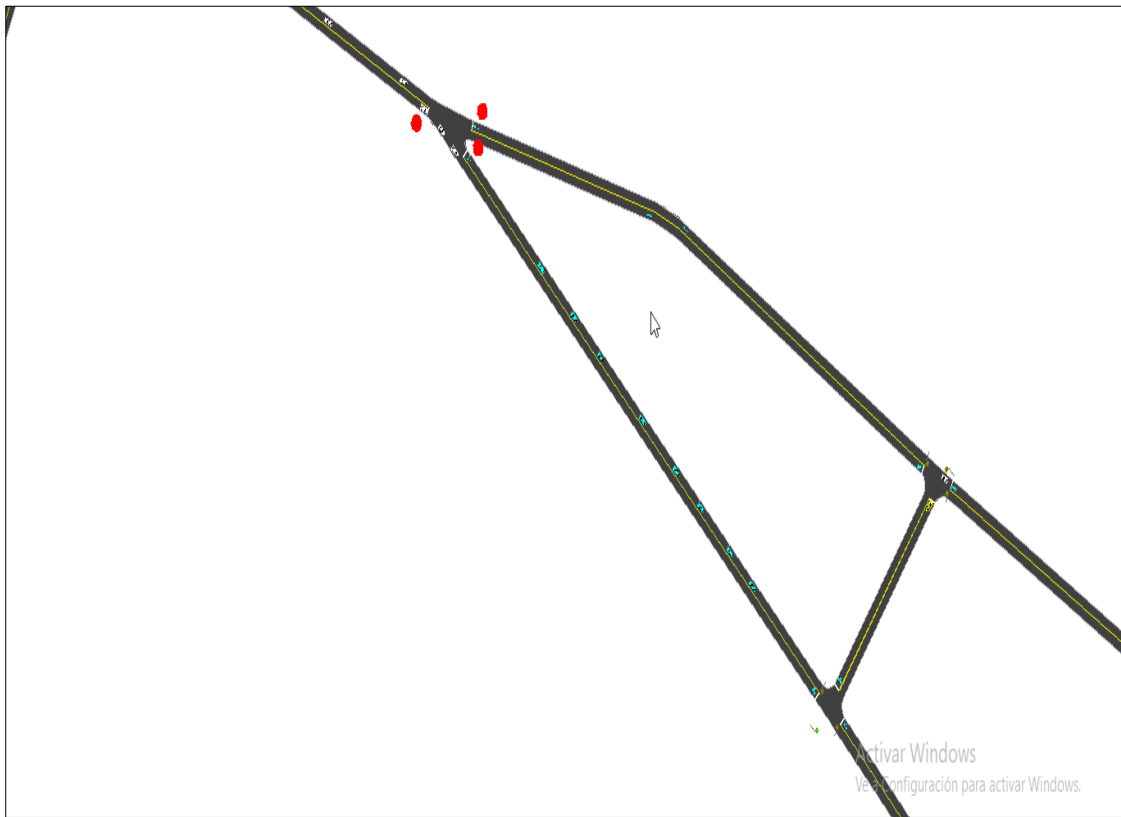
Figura 44: Ventana de Ajuste de metodología HCM

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS							
		SEL	SET	NWT	NWR	SWL	SWR	PED	HOLD
Node #	9	Lanes and Sharing (#RL)							
Zone:		Traffic Volume (vph)							
< East (m):	5759.0	Turn Type							
> North (m):	-2946.0	Protected Phases							
± Elevation (m):	0.0	Permitted Phases							
Description		Detector Phases							
Control Type	Pretimed	Switch Phase							
Cycle Length (s):	40.0	Leading Detector (m)							
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>	Trailing Detector (m)							
Optimize Cycle Length:	Optimize	Minimum Initial (s)							
Optimize Splits:	Optimize	Minimum Split (s)							
Actuated Cycle(s):	40.0	Total Split (s)							
Natural Cycle(s):	80.0	Yellow Time (s)							
Max v/c Ratio:	1.63	All-Red Time (s)							
Intersection Delay (s):	284.4	Lost Time Adjust (s)							
Intersection LOS:	F	Lagging Phase?							
CU:	0.69	Allow Lead/Lag Optimize?							
CU LOS:	C	Recall Mode							
Offset (s):	0.0	Actuated Effct. Green (s)							
Referenced to:	Begin of Green	Actuated g/C Ratio							
Reference Phase:	2+6 - NWT SETL	Volume to Capacity Ratio							
Master Intersection:	<input type="checkbox"/>	Control Delay (s)							
Yield Point:	Single	Queue Delay (s)							

Fuente: SYNCHRO 8

Paso 5: En esta parte se le da clic el botón que nos lleva al SimTraffic 8.0. y exportar automáticamente el trabajo al otro software y presionando a continuación el botón de “play” se simula el movimiento visto desde arriba de la intersección.

Figura 45: Simulación de la Intersección

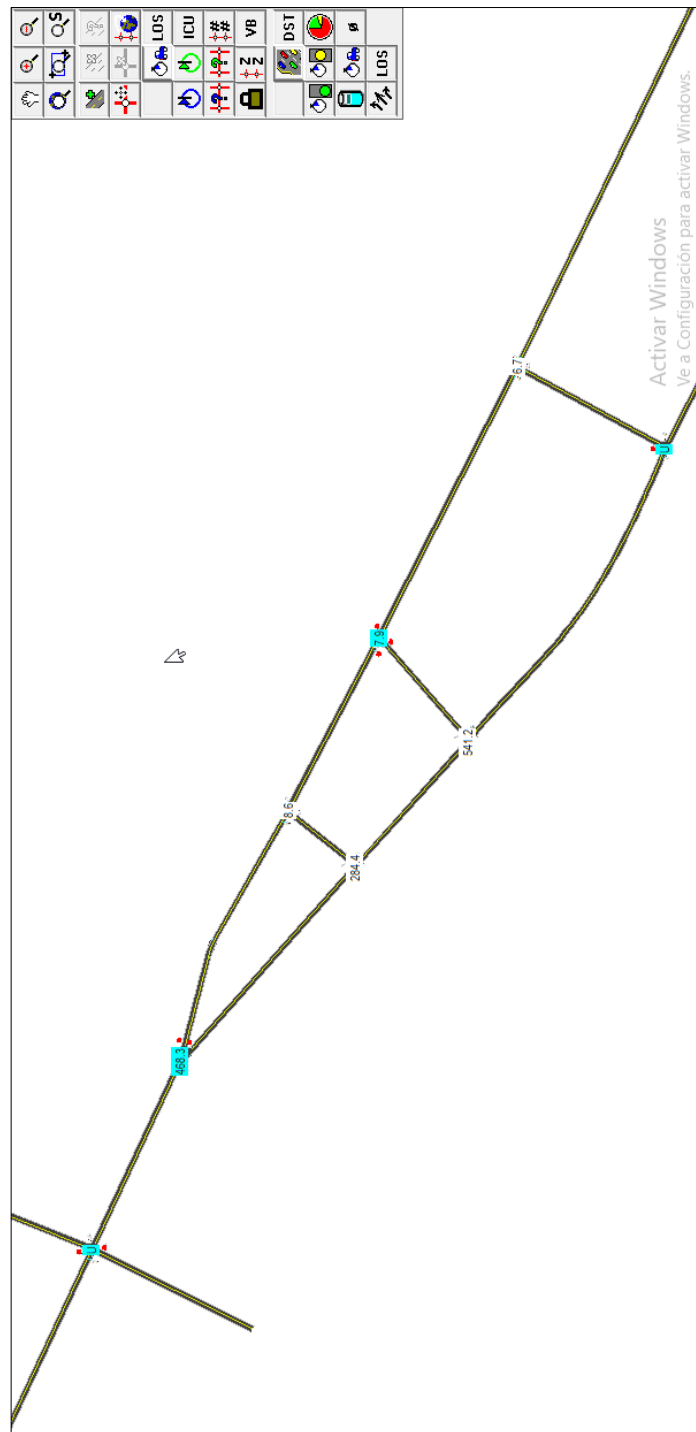


CAPÍTULO IV

RESULTADOS

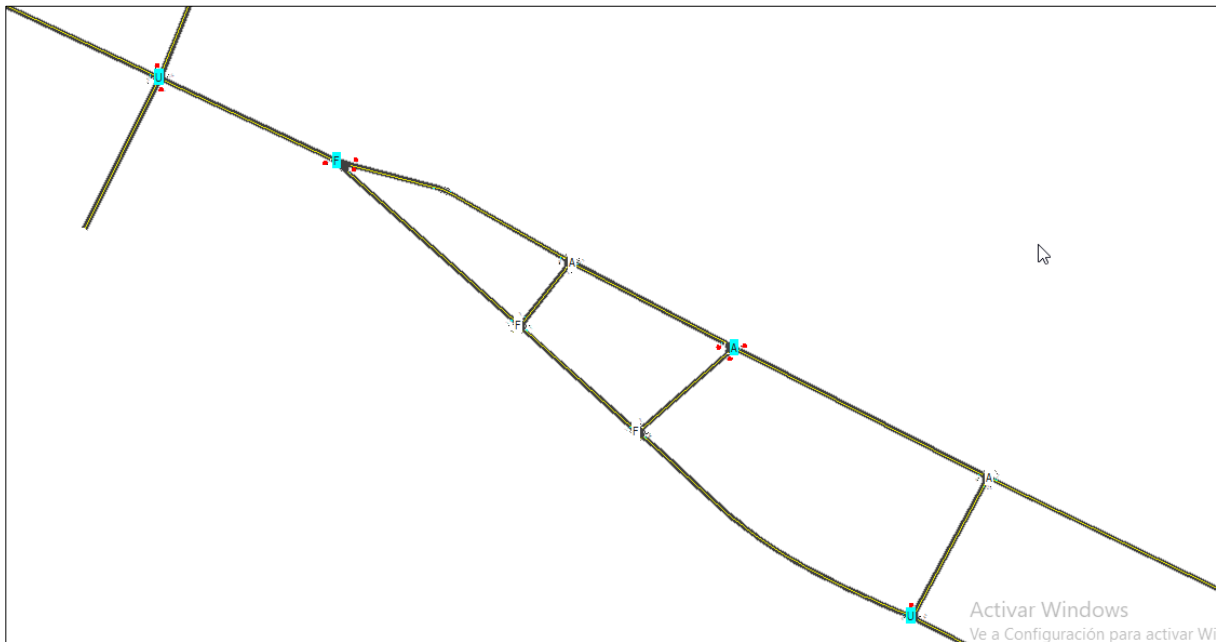
4.1.Resultados del análisis del sistema vial actual 2019

Figura 46: demoras existentes



Fuente: Elaboración propia

Figura 47: niveles de servicio existentes



Fuente: Elaboración propia

Figura 48: relación de saturación v/c



Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: tabla de resultados

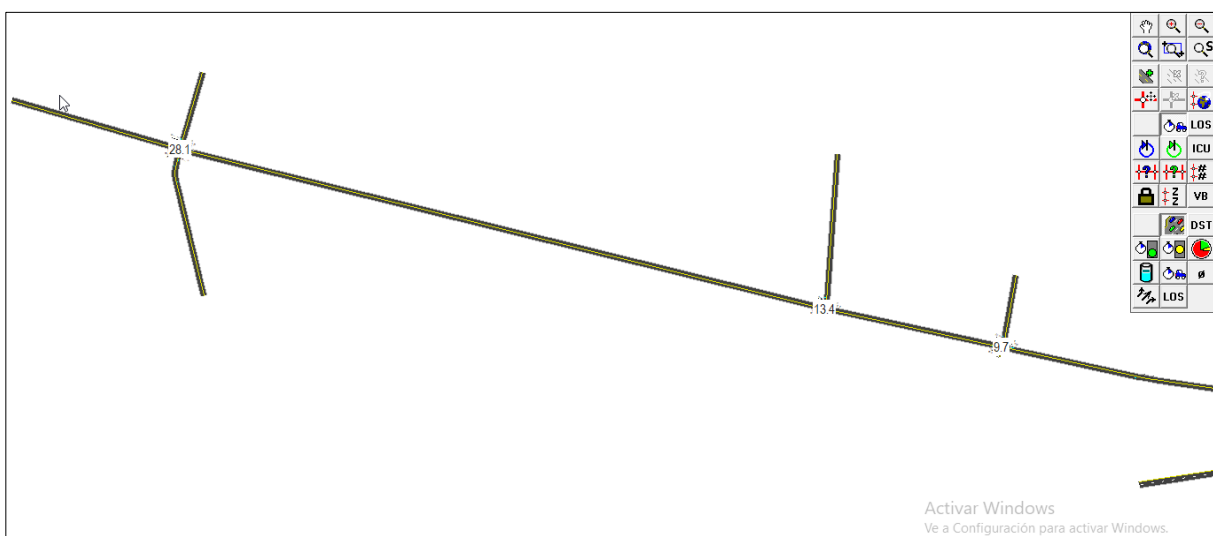
INTERSECCIÓN	DEMORAS (Seg/veh)	Nivel de servicio	V/C
1	348	F	1.81
2	329	F	1.6
3	316	F	1.75
4	0.9	A	0.77
5	1.0	A	0.76
6	1.6	A	0.3
7	468	F	2.08
8	39.5	C	0.93
9	7.8	A	0.17
10	62.5	E	1.15
11	7.9	A	0.18
12	512.6	F	4.03
13	8	A	0.2
14	254	F	1.68
15	356	F	1.88

4.2. Resultados del análisis del sistema vial mejorado

Planteamiento:

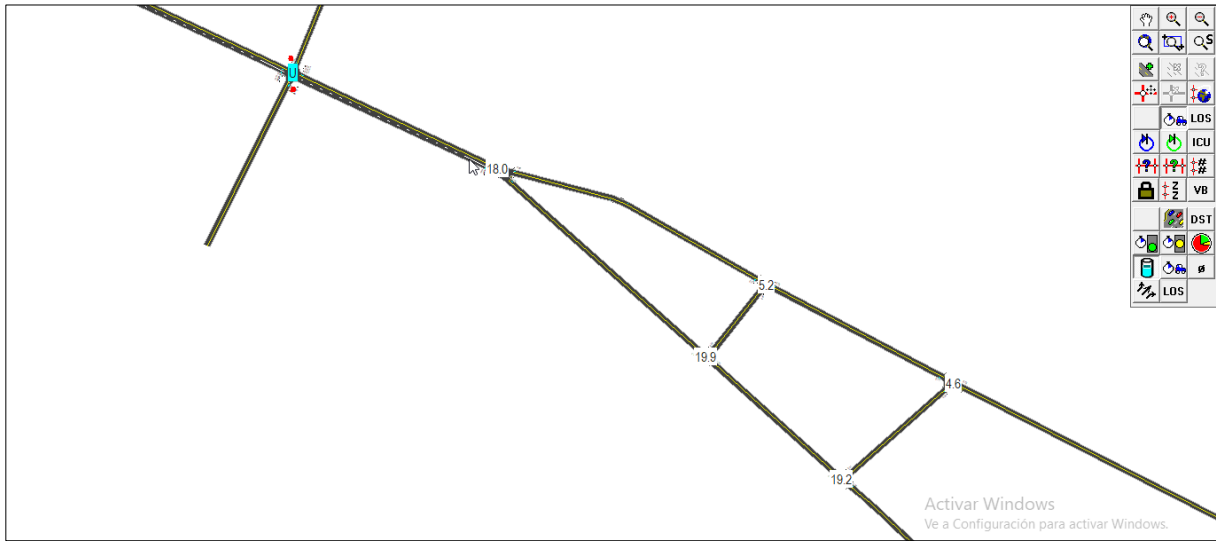
- Se plantea usar el tráfico calmado en la zona de Saylla para la circulación lenta de vehículos pesados por la carretera 3S, mediante la colocación de varios semáforos coordinados.
- Se plante colocar 1 semáforo coordinado en UAC-Collana, para garantizar la seguridad vial.
- Se plantea desviar el tráfico menor, que representa el 85% del tráfico por la parte baja del centro poblado de Saylla, de manera que la velocidad de circulación sea mayor, colocando solamente control semafórico con prioridad en tiempos de verde y olas verdes con tiempos superiores a 120 segundos en cada caso.
- Se plante incrementar un carril adicional reversible en sentido de retorno o ingreso a la ciudad del Cusco. Este puede operar en AM con sentido de salida del Cusco y en PM con sentido de vuelta.
- Se plantea nuevos diseños geométricos en los paraderos junto a las intersecciones y a lo largo del tramo de estudio para mejorar el tráfico y nivel de servicio ocasionado por los vehículos de servicio urbano e interurbano.

Figura 49: demoras generadas



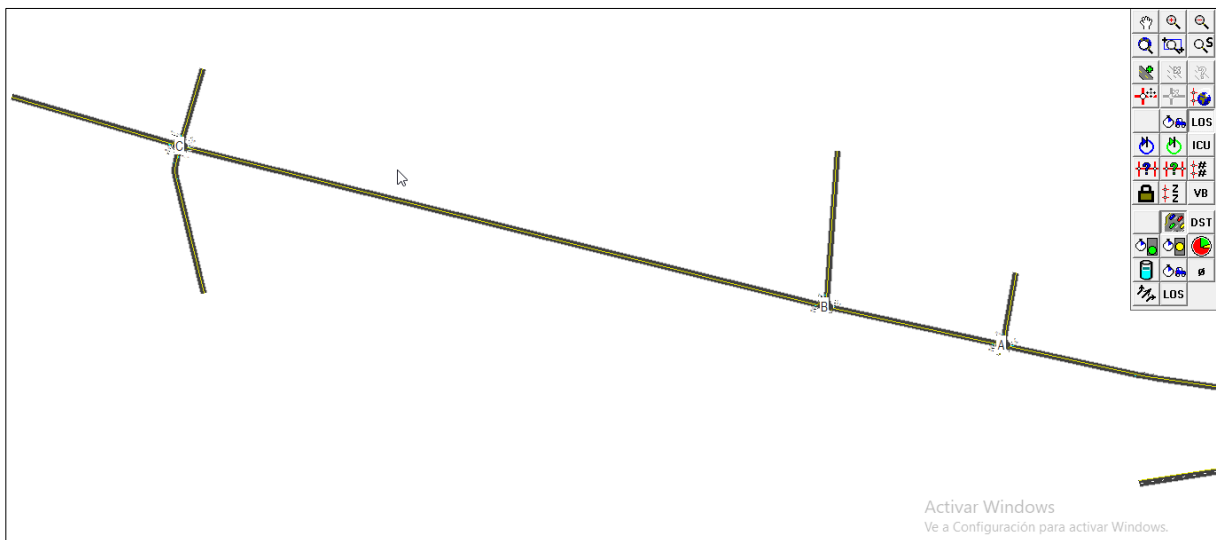
Fuente: Elaboración propia

Figura 49: demoras generadas



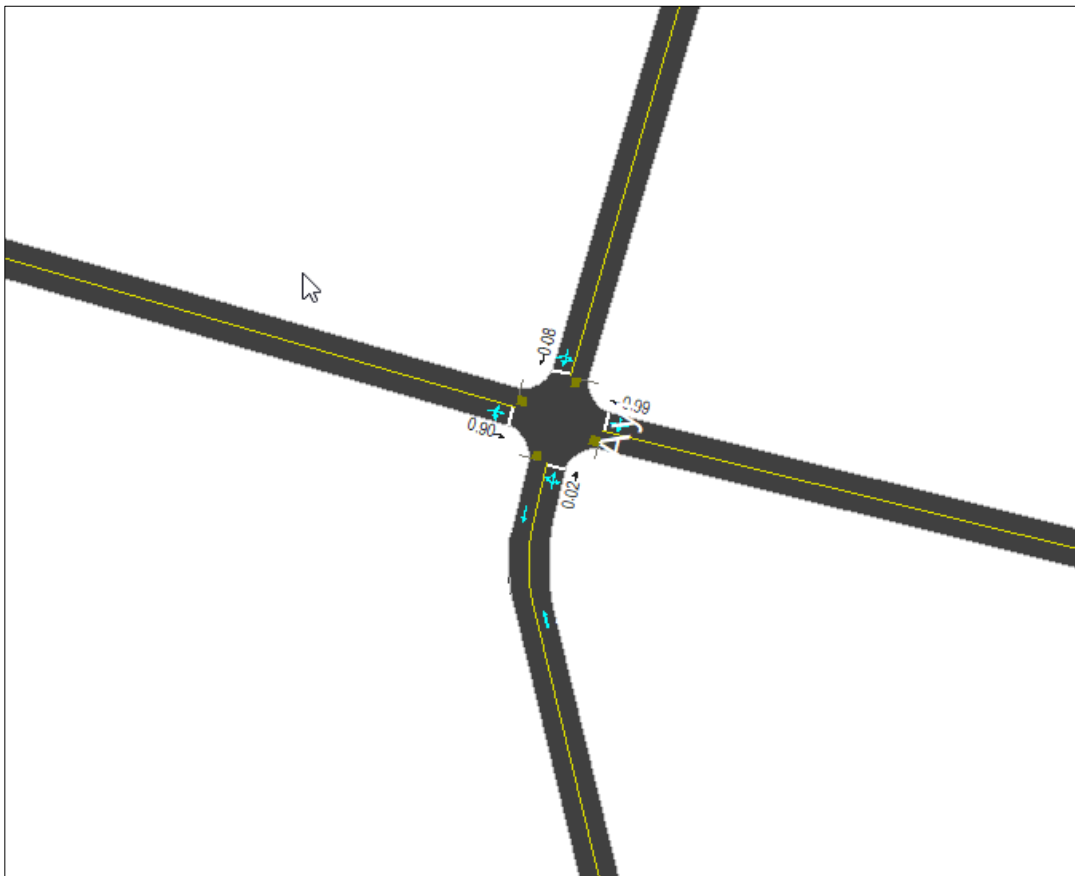
Fuente: Elaboración propia

Figura 50: niveles de servicio



Fuente: Elaboración propia

Figura 51: relación de saturación



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14: resultados-propuesta**

INTERSECCIÓN	DEMORAS (Seg/veh)	Nivel de servicio	V/C
1	28.1	C	0.99
2	13.4	C	0.93
3	9.7	B	0.83
4	0.9	A	0.77
5	1	A	0.76
6	1.6	A	0.3
7	18	C	0.96
8	19.9	B	0.34
9	1.9	A	0.71
10	19.2	B	0.26
11	4	A	0.75
12	19.5	B	0.42
13	18.1	B	0.4
14	277.6	F	1.8
15	53.3	E	1.03

1. CÁLCULOS COMPARATIVOS

CALCULO MANUAL DE LOS NIVELES DE SERVICIO

INTERSECCION 01 KAYRA CON PATA PATA

configuracion de los prupos de la pierna S-N:



DEMANDA DE VEHICULOS Y PEATONES

V total = 1225 vph Et = 2.4 según tabla 12.5

LT = 0 vph
RT = 0 vph

Hv := $\frac{23 \cdot 100}{1225}$ = 1.88%

vg := VTOTAL = 1225

VOLUMEN PARA EL GRUPO 1

Plt := $\frac{LT}{Vtotal}$ = 0%

vgi := VTOTAL = 1225

volumen mas alto para el carril mas cargado. Es el carril interno izquierda+recto(LT+TH)

PROPORCION EN EL GRUPO DE CARRILES

Prt := $\frac{RT}{Vtotal}$ = 0 %

GEOMETRIA

w := 12 pies
Gr := 0 %

ESTACIONAMIENTO Y BUSES

Nm := 0 vph
Nb := 0 bus/hora

CONTROL SEMAFORICO

gi := 46 seg ambar := 3 rojo total := 0
ciclo := 77 seg



CALCULO DEL FLUJO DE SATURACION

Si:= So*N*fw*fhv*fg*fp*fbb*flu*flt*frt*flb*frpb

donde: So:= 1900 vph ciudad mayor de 200 mil hab.

No:= 1 carriles

fw:=1+[(w-12)/30]= 1 ancho de carril

fhv:= 100 / (100 + Hv * (Et - 1)) = 0.97 trafico pesado

fg:=1+(Gr/200)= 1 pendiente de la pierna

fp:= [No-0.1-(18*(Nm/3600))] / No = 0.9 estacionamientos

fbb= [No-(14.4*(Nb/3600))] / No = 1 paradero de buses

fa= 1 NO CBD

flu= vg / (vgi*No) = 1 utilizacion de carriles

flt= 1 / (1-0.05*Plt) = 1 giros ala izquierda factor ajuste

frt= 1.0 - 0.15 * Prt = 1 giros ala derecha

flpb= 1 no hay influencia de peatones en conflicto para giro ala izquierda

frpb= 1 no hay influencia de peatones en conflicto para giro ala derecha

Table with 2 columns: P. ANCHO CARRIL, F. AJUSTE FW. Values: <3.0 (0.96), >= 3.0 - 3.92 (1.00), >3.92 (1.04)

por lo tanto, se tiene que el flujo saturado corregido:

Si:= So*No*fhv*fg*fp*fbb*flu*flt*frt*flpb*frpb= 1666.20267 vph

capacidad previa



CALCULO DE LA CAPACIDAD

capacidad de la llegada o pierna es:

$$c_i = S_i \cdot \frac{g_i}{Ciclo} = 995.39 \text{ vph} \quad \frac{V_{total}}{c_i} = 1.2$$

indice de saturacion >1.0 satura
<1.0 no satu

el grado de saturacion v/c ha sido calibrado con el modelo SYNCHRO

CALCULO DE LAS DEMORAS Y NDS

dcontrol:= d1*PF+d2+d3

minimo:= $\frac{V_{total}}{c_i}$

$$\frac{g_i}{Ciclo} = 0.60 \quad \text{tiempo verde} \quad P = 0.5 \quad \text{llegadas en peloton}$$

donde:

$$d1 = \frac{0.5 \cdot Ciclo \cdot \left(1 - \frac{g_i}{Ciclo}\right)^2}{\left[1 - \frac{g_i(\text{minimo})}{Ciclo}\right]} = 23.6 \text{ seg}$$

$$PF = (1-P) \cdot \frac{P}{\left(1 - \frac{g_i}{Ciclo}\right)} = 0.62$$

$$d2 = 900 \cdot T_o \cdot \left[(X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{(8 \cdot K_o \cdot I \cdot X)}{c_i \cdot T_o}} \right]$$

To= 0.25

$$X = \frac{V_{total}}{c_i} = 1.2$$

I= 1 interseccion aislada

Ko= 0.4 interseccion de tiempo fijo

d2:= 111.0 seg

$$d3 = 1800 \cdot Q_b \cdot (1 + \mu) \cdot \frac{T_i}{c_i \cdot T_o}$$

Qb:= 18 cola inicial volu

μ:= 2 parametro de demora

Ti:= 0.5 tiempo en horas
demanda insatisfecha

$$\mu = 1 - \frac{c_i \cdot T_o \cdot (1-1)}{Q_b} \quad \mu = 1$$

d3:= 195.30 segundos



TOTAL DE DEMORAS

$$d \text{ control} := d1 * PF + d2 + d3$$

d control:= 320.95 seg

SEGÚN SYNCHRO 348 seg

NIVEL DE SERVICIO

NDS_interseccion:= F según la tabla del manual hcm 2010

Tabla 17 CRITERIO DE NIVEL DE SERVICIO (LOS) PARA C2K EN V
EXHIBIT 20-4. LOS CRITERIA FOR TWO-LANE
HIGHWAYS IN CLASS II

LOS	Percent Time-Spent-Following
A	≤ 40
B	> 40-55
C	> 55-70
D	> 70-85
E	> 85

CALCULO MANUAL DE LOS NIVELES DE SERVICIO

INTERSECCION 03 CARRETERA 3S CUSCO URCOS CON UAC COLLANA

configuracion de los grupos de la pierna S-N:



DEMANDA DE VEHICULOS Y PEATONES

V total = 1188 vph Et = 2.4 según tabla 12.5

LT = 0 vph
RT = 0 vph

Hv: = $\frac{23}{122 \cdot 100 / V_{total}}$ 1.94%

vg: = VTOTAL = 1188

VOLUMEN PARA EL GRUPO 1

Plt: = $\frac{LT}{V_{total}}$ = 0%

vgi: = VTOTAL = 1188

volumen mas alto para el carril mas cargado. Es el carril interno izquierda+recto(LT+TH)

PROPORCION EN EL GRUPO DE CARRILES

Prt: = $\frac{RT}{V_{total}}$ 0 %

GEOMETRIA

w: = 12 pies
Gr: = 0 %

ESTACIONAMIENTO Y BUSES

Nm: = 0 vph
Nb: = 0 bus/hora

CONTROL SEMAFORICO

gi: = 46 seg ambar: = 3 rojo total: = 0
ciclo: = 77 seg



CALCULO DEL FLUJO DE SATURACION

S_i := S_o * N * f_w * f_{hv} * f_g * f_p * f_{bb} * f_{lu} * f_{lt} * f_{rt} * f_{lb} * f_{rpb}

donde: S_o := 1900 vph ciudad mayor de 200 mil hab.

N_o := 1 carriles

f_w := 1 + [(w-12)/30] = 1 ancho de carril

f_{hv} := 100 / (100 + H_v * (E_t - 1)) = 0.97 trafico pesado

f_g := 1 + (G_r / 200) = 1 pendiente de la pierna

f_p := [N_o - 0.1 - (18 * N_m / 3600)] / N_o = 0.9 estacionamientos

f_{bb} := [N_o - (14.4 * N_b / 3600)] / N_o = 1 paradero de buses

f_a = 1 NO CBD

f_{lu} := v_g / (v_{gi} * N_o) = 1 utilizacion de carriles

f_{lt} := 1 / (1 - 0.05 * P_{lt}) = 1 giros ala izquierda factor ajuste

f_{rt} := 1.0 - 0.15 * P_{rt} = 1 giros ala derecha

f_{lpb} = 1 no hay influencia de peatones en conflicto para giro ala izquierda

f_{rpb} = 1 no hay influencia de peatones en conflicto para giro ala derecha

por lo tanto, se tiene que el flujo saturado corregido:

S_i := S_o * N_o * f_{hv} * f_g * f_p * f_{bb} * f_{lu} * f_{lt} * f_{rt} * f_{lpb} * f_{rpb} = 1664.87461 vph

capacidad previa

P. ANCHO CARRIL	F. AJUSTE FW
<3.0	0.96
≥ 3.0 – 3.92	1.00
>3.92	1.04



CALCULO DE LA CAPACIDAD

capacidad de la llegada o pierna es:

$$c_i = S_i \cdot \frac{g_i}{Ciclo} = 994.60 \text{ vph}$$

$$\frac{V_{total}}{c_i} = 1.2$$

indice de saturacion >1.0 satura <1.0 no satu

el grado de saturacion v/c ha sido calibrado con el modelo SYNCHRO

CALCULO DE LAS DEMORAS Y NDS

dcontrol:= d1*PF+d2+d3

minimo:= $\frac{V_{total}}{c_i}$

$$\frac{g_i}{Ciclo} = 0.60$$

tiempo verde **P= 0.5** llegadas en peloton

donde:

$$d1 = \frac{[0.5 * Ciclo * (1 - \frac{g_i}{Ciclo})^2]}{[1 - \frac{g_i * (minimo)}{Ciclo}]} = 21.8 \text{ seg}$$

$$PF = (1 - P) * \frac{P}{(1 - \frac{g_i}{Ciclo})} = 0.62$$

$$d2 = 900 * To * \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{(8 * Ko * I * X)}{c_i * To}} \right]$$

To= 0.25

$$X = \frac{V_{total}}{c_i} = 1.2$$

I= 1 interseccion aislada

Ko= 0.4 interseccion de tiempo fijo

d2:= 95.6 seg

$$d3 = 1800 * Qb * (1 + \mu) * \frac{Ti}{c_i * To}$$

Qb:= 18 cola inicial volu

μ:= 2 parametro de demora

Ti:= 0.5 tiempo en horas demanda insatisfecha

$$\mu = 1 - \frac{[c_i * To * (1 - I)]}{Qb}$$

μ:= 1

d3:= 195.46 segundos

TOTAL DE DEMORAS

$d_{control} := d1 * PF + d2 + d3$

$d_{control} := 304.62 \text{ seg}$

SEGÚN SYNCHRO 316 seg

NIVEL DE SERVICIO

NDS_interseccion := **F** según la tabla del manual hcm 2010

Tabla 17 CRITERIO DE NIVEL DE SERVICIO (LOS) PARA C2K EN V
EXHIBIT 20-4. LOS CRITERIA FOR TWO-LANE
HIGHWAYS IN CLASS II

LOS	Percent Time-Spent-Following
A	≤ 40
B	> 40-55
C	> 55-70
D	> 70-85
E	> 85

Note:
LOS F applies whenever the flow rate exceeds the segment capacity.

CALCULO MANUAL DE LOS NIVELES DE SERVICIO

INTERSECCION 03 CARRETERA 3S CUSCO URCOS CON UAC COLLANA

configuracion de los prupos de la pierna S-N:



DEMANDA DE VEHICULOS Y PEATONES

V total = 1043 vph Et = 2.4 según tabla 12.5

LT = 0 vph
RT = 0 vph

Hv := $\frac{122 * 100}{V_{total}}$ = 2.21 %

vg := VTOTAL = 1043

VOLUMEN PARA EL GRUPO 1

Plt := $\frac{LT}{V_{total}}$ = 0 %

vgi := VTOTAL = 1043

volumen mas alto para el carril mas cargado. Es el carril interno izquierda+recto(LT+TH)

TOTAL DE DEMORAS

$d_{control} := d1 * PF + d2 + d3$

$d_{control} := 247.20 \text{ seg}$

SEGÚN SYNCHRO 254 seg

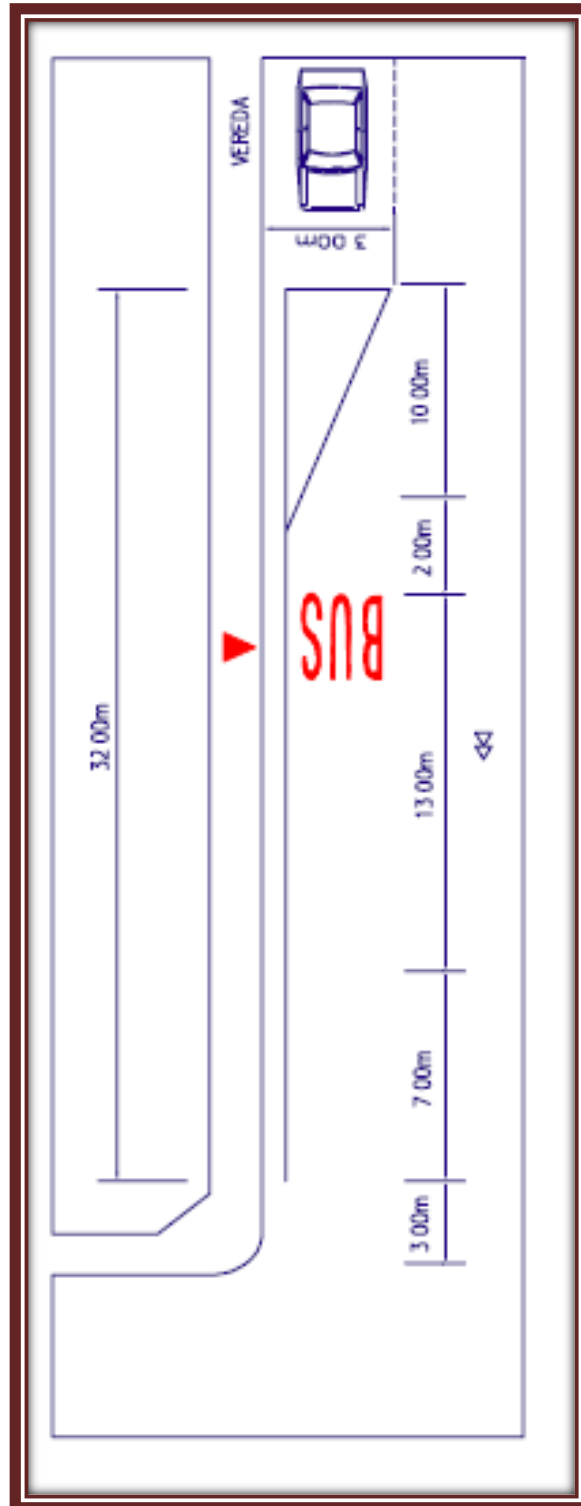
NIVEL DE SERVICIO

NDS_interseccion := **F** según la tabla del manual hcm 2010

4.3. Dimensiones requeridas para la ubicación de los paraderos

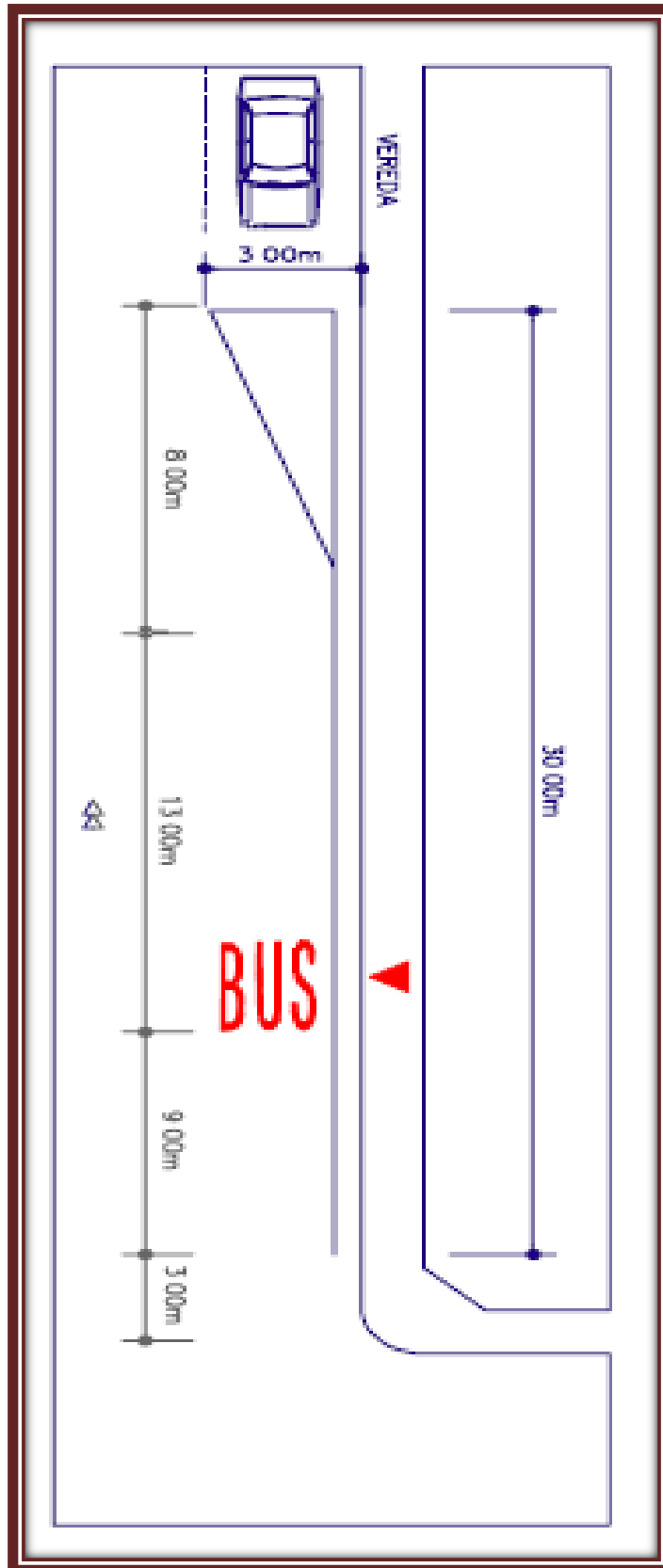
4.3.1. Solución con señalización horizontal

Figura 52: paradero ubicado antes de la intersección



Fuente:(manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005)

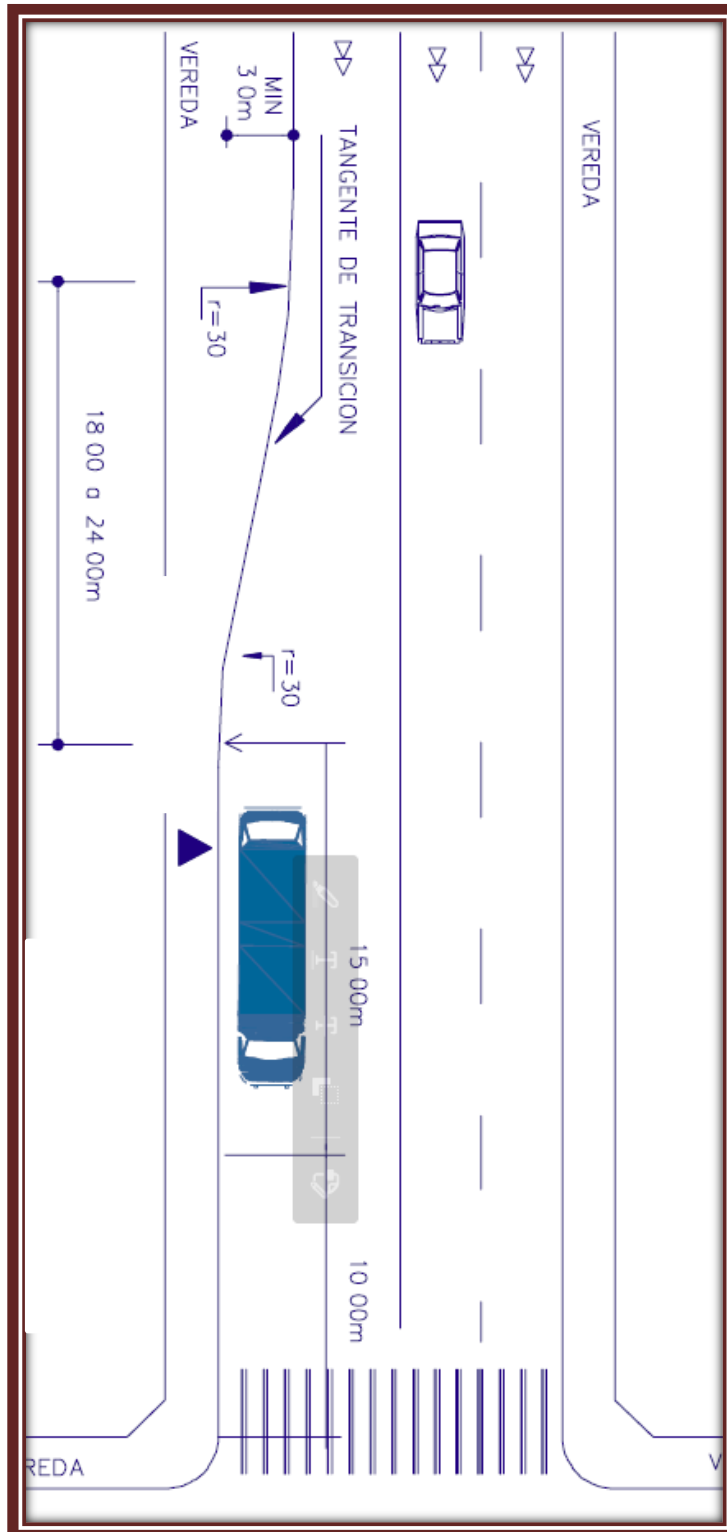
Figura 53: paradero ubicado después de la intersección



Fuente:(manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005)

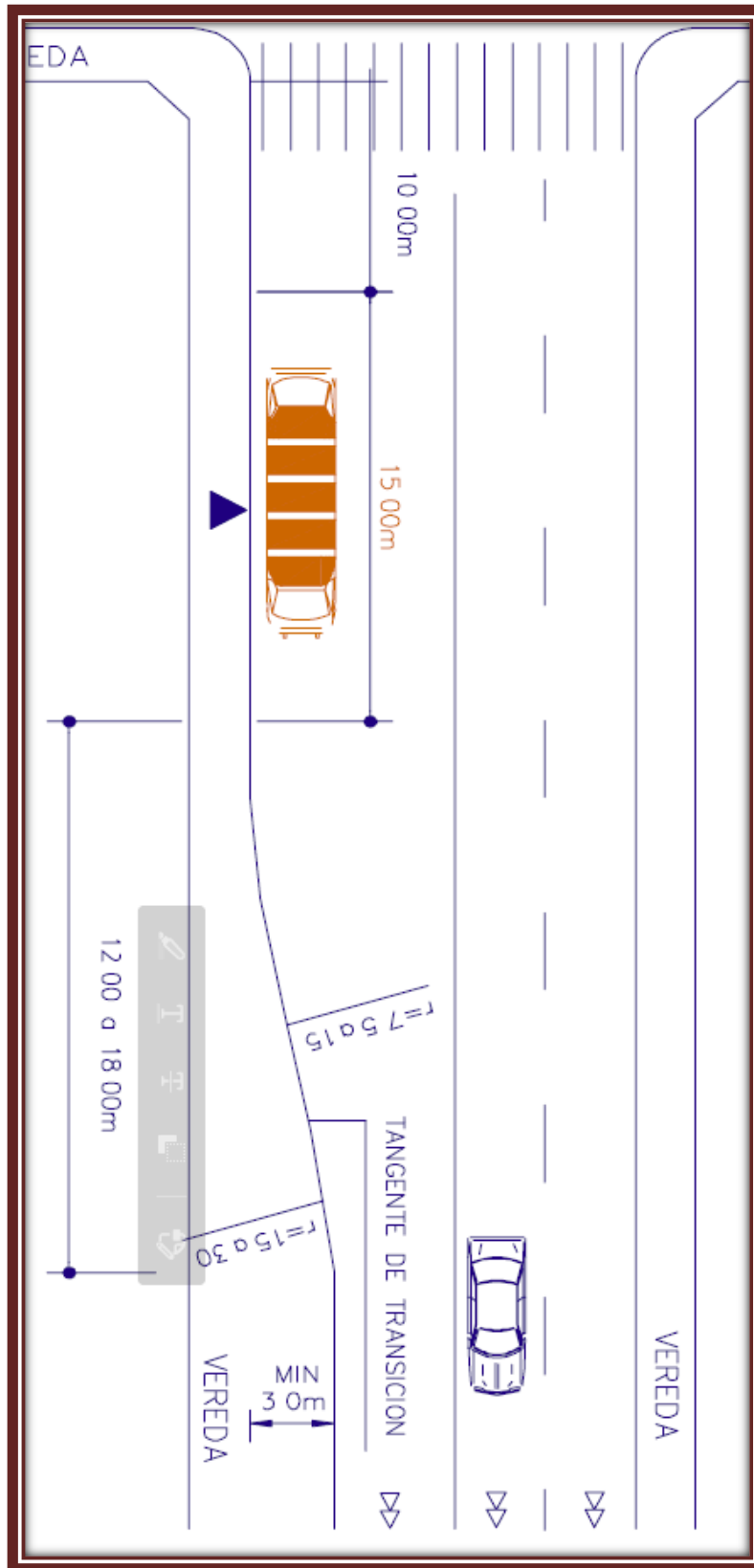
4.3.2. Solución con paraderos en bahías

Figura 54: paradero en bahías antes de la intersección



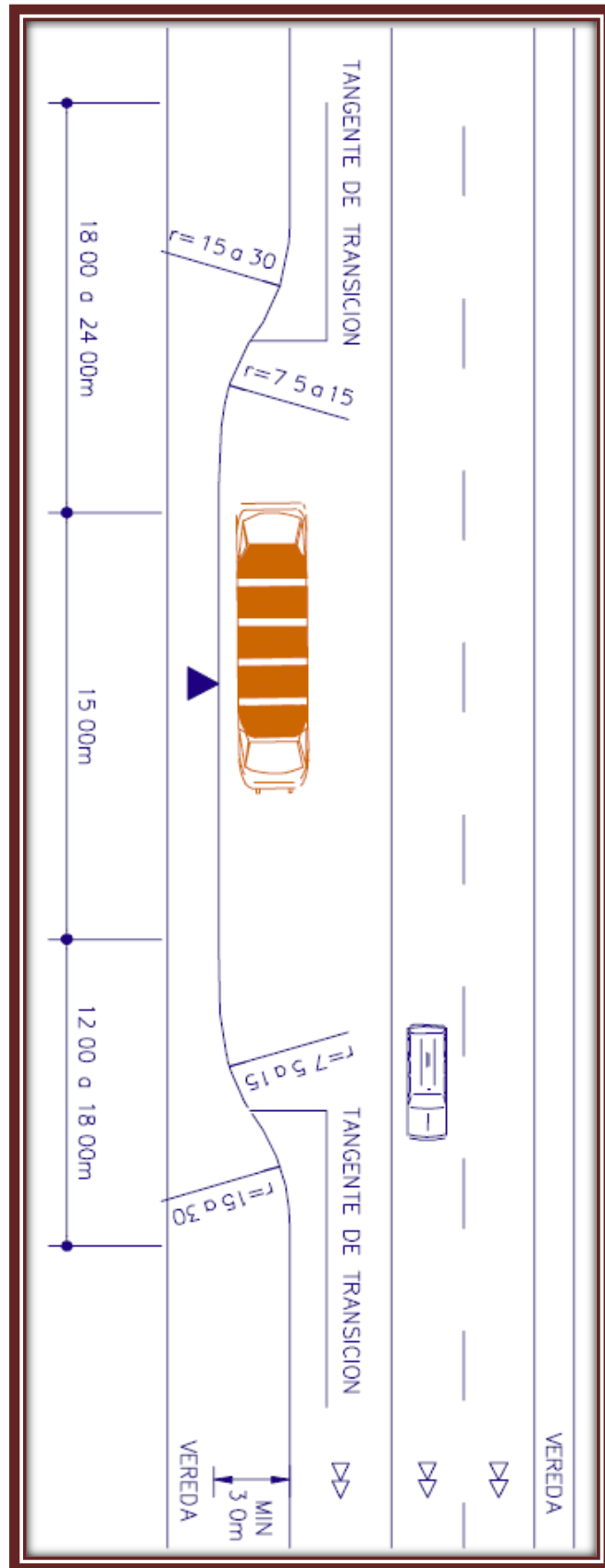
Fuente:(manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005)

Figura 55: paradero en bahías después de la intersección



Fuente:(manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005)

Figura 56: paradero en bahías a mitad de cuadra



Fuente:(manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005)



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Discusión 1:

¿La reconfiguración geométrica de las intersecciones influye en el cálculo de los niveles de servicio?

Si, Las características de la vía son todas aquellas características físicas propias del diseño geométrico, que tienen influencia directa en la capacidad y niveles de servicio.

Los resultados de la presente investigación reflejan la influencia de la infraestructura vial, ya que al cambiar la forma y disposición de las intersecciones, carriles y sentido de vías, se generan variaciones en la calidad de los niveles de servicio.

Discusión 2:

¿Es posible la adecuación de los métodos y aplicación de la metodología del HCM (Highway Capacity Manual) en el Perú?

Si, pese a que el Highway Capacity Manual es un manual norteamericano, y en nuestro país no contamos con un manual específico para el análisis de la capacidad y nivel de servicio vial, este es utilizado en nuestro país, como se puede apreciar en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras que se refiere explícitamente en su anexo 01: “Capacidades y Niveles de Servicio” a la teoría de capacidad desarrollada por el TBR, de acuerdo a metodología descrita en el HCM. Al utilizar la metodología, esta se alimenta de valores locales de geometría, demanda vehicular y condiciones semafóricas propias de la zona de estudio.

Discusión 3:

¿Para los procesos de cálculos, análisis y evaluación de las intersecciones de estudio, es factible el uso del programa especializado SYNCHRO 8?0?

Si es factible, ya que SYNCHRO 8.0 es un software desarrollado por Trafficware, que realiza el cálculo del flujo de saturación, capacidad, relación volumen – capacidad (v/c), niveles de servicio, incorporando a este cálculo todos los ajustes y metodología del Highway Capacity Manual 2010.



Discusión 4:

¿Porque cada uno de los accesos a la intersección de estudio posee diferente capacidad y nivel de servicio?

La metodología del Highway Capacity Manual 2010 aplicada en la tesis de investigación, considera las características geométricas, características semafóricas, volúmenes vehiculares y peatonales que contiene cada grupo de carril, lo que hace que cada acceso a la intersección sea único y por ende tenga diferente capacidad y nivel de servicio.



GLOSARIO

ACCESO

Carril o grupo de carriles por el cual transita un flujo vehicular que colinda con otros accesos generando una intersección.

CALZADA

Parte de la carretera destinada a la circulación de Vehículos. Se compone de un cierto número de carriles

CAPACIDAD VIAL

Máximo número de vehículos que tiene razonables probabilidades de pasar por una sección dada de una calzada o un carril durante un periodo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la carretera y tránsito.

CARRIL:

Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales.

CICLO O LONGITUD DE CICLO

Tiempo necesario para una secuencia completa de todas las indicaciones del semáforo

CONDUCTOR

Aquel sujeto que maneja el mecanismo de dirección o va al mando de un vehículo.

INFRAESTRUCTURA VIAL

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

INTERSECCIONES VIALES

Las intersecciones son áreas comunes a dos o más vías que se cruzan al mismo nivel o a desnivel.

NIVEL DE SERVICIO:



Medida cualitativa descriptiva de las condiciones de circulación de una corriente de tráfico.

PENDIENTE

Inclinación de una rasante en el sentido de avance

RAMAL

Es un acceso a la intersección.

SEMÁFOROS

Los semáforos son los elementos reguladores del tráfico por excelencia en las zonas urbanas

TRANSITO:

Fenómeno ocasionado por la presencia de vehículos, personas y demás que circulan por una avenida, calle o autopista.

VEHÍCULO

Es el nexo entre el conductor que lo maneja y la vía que lo contiene.

VELOCIDAD

Se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo.

VOLUMEN DE TRÁNSITO

Volumen de Vehículos y peatones que transitan por una vía



CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN N° 1:

Se logró el objetivo general calculándose las demoras y los niveles de servicio para cada uno de los dos escenarios, como se muestran en las tablas de resultados:

- Actual o diagnóstico
- Propuesta de solución o mejora.

La propuesta de mejora muestra menores demoras para las intersecciones en casi todas las intersecciones.

CONCLUSIÓN N° 2:

“La configuración de los sistemas de control, semaforizadas y no semaforizadas inciden y modifican el cálculo de los niveles de servicio en el sistema vial antes y después del cierre parcial.”

Se cumple la sub hipótesis 1, dado que al modificar las características de control semafórico se han modificado también los niveles de servicio, las demoras y la tasa de saturación.

CONCLUSIÓN N° 3:

“La cantidad de vehículos pesados tiene un impacto negativo en la circulación a largo del corredor vial en estudio, generando demoras adicionales. Es necesario implementar carriles de sobre paso o adelantamiento en varios tramos largo, así como desviarlo por rutas ralentizadas por Saylla”.

Se cumple, dado que la composición del tráfico en este corredor vial muestra un 7.5% de vehículos pesados, los cuales generan demoras por la baja velocidad de circulación.



CONCLUSIÓN N° 4:

La presencia de estacionamiento a lo largo de la vía, así como la presencia de paraderos incrementan las demoras y reducen los niveles de servicio.

Se cumple, dado que la cantidad de estacionamiento en el tramo desde Angostura hasta la piscina de Saylla están ubicados a lo largo de la vía, generando movimientos u operaciones de ingreso y salida para el parqueo, igualmente los paraderos de buses.

CONCLUSIÓN N° 5:

La capacidad vial de los accesos de las intersecciones del corredor vial en estudio es inferior a 1000 vehículos por hora.

Se cumple dado que la capacidad vial del diagnóstico nos muestra valores menores a 1000 vehículos en las intersecciones.

CONCLUSIÓN N° 6:

Se cumple dado que la saturación en varias intersecciones ha superado el valor de 1. Se muestra en la tabla de resultados para el diagnóstico.



RECOMENDACIONES

RECOMENDACIÓN N° 1

Las metodologías que se aplicaron a la presente tesis de investigación, si bien no son aceptables por la normativa peruana y debería adaptarse a la realidad de nuestro país para una mayor precisión, ya que los comportamientos viales son distinto y variado en los Estados Unidos. Para lo cual se recomienda tomar datos de campo para poder determinar valores como la tasa de saturación base usada.

RECOMENDACIÓN N° 2

Implementar los semáforos de las intersecciones tanto de Kayra como de Saylla (calle san Agustín) debe funcionar correctamente; para ello se necesita de un constante mantenimiento verificando que no sufran ninguna desprogramación. Junto con los semáforos todas las señalizaciones que indican las entradas y salidas a los carriles de giro o a los carriles centrales, tendrán que encontrarse claramente posicionadas para su buena visualización. Los cruces peatonales y las flechas que indican el uso de cada carril tendrán que ser pintadas adecuadamente garantizando visibilidad y durabilidad.

RECOMENDACIÓN N° 3

Estructurar el problema de estacionamiento y paraderos del sector de Kayra (altura de la facultad de agronomía) y del sector de Ccollana de la UAC, Se recomienda implantar un carril de adelantamiento o paraderos según el manual dg 2018 en dichas intersecciones, así poder generar mayor posibilidad de adelantamientos en la vía, sin ningún riesgo de accidentes y de esa manera poder aumentar la capacidad de la vía y mejorar el nivel de servicio.

Figura 57: Esquema del carril de adelantamiento



RECOMENDACIÓN N° 4

Disponer una línea de investigación el cual sería la implementación de las CFI (Intersección de flujo continuo) en algunas intersecciones, en esta tesis no se ha tocado a detalle debido al alcance y tiempo de estudio, pero sería bueno que sea un tema de investigación, con más detenimiento, el confort operacional para varios casos de estudio, fortaleciendo esta medida, así como muchas más que se usan en EE. UU.

RECOMENDACIÓN N° 5

Se aprecia en el punto semafórico de Kayra, que con estos niveles de servicio se genera congestión vehicular, por tanto, que la propuesta es incrementar el ciclo de verde efectivo en el semáforo en la av. Manco Cápac en 5 segundos. Obteniéndose una mejora teórica en el nivel de servicio pasando de E a D.

RECOMENDACIÓN N° 6

Se recomienda que dentro del análisis de la realidad peruana se tome en consideración un factor de corrección debido al mal estado del pavimento que presenta nuestras vías, esto concluye a que un pavimento con una superficie en óptimas condiciones permite desarrollar mayores velocidades a diferencia de un pavimento con fallas, huecos, baches, entre otros.

**RECOMENDACIÓN N° 7**

Mediante los cálculos realizados en Excel se obtuvieron resultados muy cercanos a los que se experimentan según el SYNCHRO 8.0, pero en algunos casos específicamente al analizar grupos de carriles con giros a la izquierda, específicamente en la intersección de Kayra con la facultad de agronomía (Unsaac) se presentan demoras excesivas, lo cual con tal solo una adecuada señalización disminuiría las demoras y aumentaría la capacidad del carril exclusivo; se recomienda modelar este escenario para una evaluación más cercana a la realidad.

RECOMENDACIÓN N° 8

Mediante el uso del programa Synchro 8.0 se ha caracterizado las intersecciones, encontrándose que no es posible modelarlo debido a que el programa presenta limitaciones para modelar las intersecciones y sus características específicas. El programa no reconoce giros en U, así como también intersecciones a desfase. Las opciones para modelar los movimientos en un carril son limitados.

RECOMENDACIÓN N° 9

En futuras obras viales de gran envergadura se recomienda realizar de mejor manera el diseño geométrico ya que esto no solo influye en el nivel de servicio y la operacionalidad de la carretera sino también en la seguridad y bienestar de los usuarios, sobre todo en las intersecciones como Kayra, Ccollana y UAC.

RECOMENDACIÓN N° 10

Finalmente recomendar la inversión por parte de las autoridades en mejoras de la carretera ya que el precio de la vida de una persona es incalculable, utilizando los resultados de la presente investigación como punto de partida.



REFERENCIAS

&SIECA, C. (2011). *Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de carreteras*.

Bañon Blázquez & Beivá Garcia José F., B. (2000). *Manual de carreteras*. Bañon Blázquez Luis & Beivá Garcia José F. (2000). *Manual de carreteras*. CAL Y MAYOR & ASOCIADOS. (1998). *Ingeniería de Tránsito*.

Comunicaciones, M. d. (2008). *Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Perú.

Depiante V. & (2011). (2011). *Capacidad en intersecciones no semaforizadas de tres ramas*. Cordoba argentina.

Highway Capacity Manual HCM. (2010). WASHINGTON.

Ing. Victor Chavez Loaiza. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de vías urbanas*.

LIMA: MDGVU.

Instituto Nacional de Estadística e informática - INEI. (s.f.).

Instituto Nacional de estadística e informática - INEI, I. (s.f.). *Producto Bruto interno*.

Ministerio de Economía y Finanzas, M. (2015). *Guía metodológica para PIP de vialidad urbana, a nivel de perfil*.

Ministerio de transportes y comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras Diseño geométrico DG 2014*,

Ministerio de transportes y comunicaciones, M. (2016). *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras*.

National Transportation Research Board, N. (2000). *Highway Capacity Manual (HCM)*.



ANEXOS



MATRIZ DE CONSISTENCIA

“ANÁLISIS OPERACIONAL PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LA VÍA NACIONAL 3S COMPRENDIDA DESDE GRANJA KAYRA-SAN JERÓNIMO HASTA HUASAO-SAYLLA, USANDO LOS MÉTODOS DE MICROSIMULACION Y METODOLOGÍA DEL HCM PARA VÍAS RURALES SEMIURBANAS.”					
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES DEPENDIENTES	DIMENSION	INDICADORES
¿Cuál es la capacidad vial y nivel de servicio, propuesta para mejorar la calidad de circulación en el tramo de la vía rural comprendida desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)?	Determinar la capacidad vial, el nivel de servicio, propuesta para mejorar la calidad de circulación en el tramo de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)	El nivel de servicio de las intersecciones a lo largo del corredor vial en varios casos supera el nivel D	Nivel De Servicio Capacidad Vial	Fase de Diagnóstico Fase de Propuesta	Demoras
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPÓTESIS ESPECIFICA	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSION	INDICADORES
¿Cuál es el nivel de servicio en el tramo de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)?	1.1. Determinar el nivel de servicio de las intersecciones en el segmento de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)	La configuración de los sistemas de control, semaforizadas y no semaforizadas inciden y modifican el cálculo de los niveles de servicio en el sistema vial antes y después del cierre parcial.	Sistemas de control		<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos pesados (%) • Estacionamiento • Paradas de autobús • Circulación de peatones y ciclistas
¿Cómo influirá la cantidad de vehículos pesados en la determinación de nivel de servicio en el tramo de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)?	1.2 Evaluar cómo influirá la cantidad de vehículos pesados en la determinación de nivel de servicio en el segmento de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)	La cantidad de vehículos pesados tiene un impacto negativo en la circulación a largo del corredor vial en estudio, generando demoras adicionales. Es necesario implementar carriles de sobre paso o adelantamiento en varios tramos largo, así como desviarlo por rutas ralentizadas por Saylla.	Demanda vehicular y peatonal	Fase de Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> • Número de carriles • Ancho de carriles (m) • Pendiente • Tipo de área



<p>¿Cómo influye la existencia de estacionamiento en el nivel de servicio en el tramo de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)?</p>	<p>1.2. Determinar la influencia de estacionamiento a lo largo del corredor vial desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)</p>	<p>La presencia de estacionamiento a lo largo de la vía, así como la presencia de paraderos incrementan las demoras y reducen los niveles de servicio.</p>	<p>Cantidad de estacionamiento y paraderos</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Duración de fase en verde(seg) • Duración de fase en rojo(seg) • Ciclo del Semáforo(seg) • Giros a la Derecha • Giros a la Izquierda • Giros a la izquierda
<p>¿Cuál es la capacidad vial y cómo influye en el nivel de servicio en el tramo de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)?</p>	<p>1.3. Determinar la capacidad vial de las intersecciones en el segmento de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)</p>	<p>La capacidad vial de los accesos de las intersecciones del corredor vial en estudio es inferior a 1000 vehículos por hora.</p>	<p>Geometría de las vías</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Demora uniforme • Demora Incremental • Demora por demanda residual
<p>¿Cuál es la relación de saturación en el tramo de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)?</p>	<p>1.4. Determinar la relación de saturación de las intersecciones en el segmento de la vía rural desde granja Kayra hasta Huasao-Saylla según el manual HCM (2010)</p>	<p>La relación de saturación volumen/capacidad para las intersecciones es en algunos casos superior a 1.0, especialmente en el sector de Saylla.</p>	<p>Grado de saturación</p>	<p>Fase de Propuesta</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Numero de peatones/hora