

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

**Determinación de la capacidad vial y el nivel de servicio en las intersecciones hacia el óvalo el olivo y sus alternativas de mejora en la ciudad de Abancay, Apurímac
2022**

Asesor:

Mg. Sc. Maldonado Mendívil, Angel.

Autor:

Candia Sánchez, Bromer.

Para optar al título profesional: Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac – Perú

2025

Acta de sustentación



**Universidad
Tecnológica de los Andes**

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 019

En la ciudad de Abancay, a los 03 días del mes de marzo del 2025, siendo las 09:00 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0210-2025- EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 24 de febrero del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Ing. Cayo Baca, Holguer
Dictaminante :	Ing. Gamarra Mota, Rubén
Replicante :	Ing. Espinoza Asto, Edwin Reynaldo

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis

☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Determinación de la capacidad vial y el nivel de servicio en las intersecciones hacia el ovalo el olivo y sus alternativas de mejora en la ciudad de Abancay, Apurímac 2022

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: Candia Sánchez, Bromer

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Candia Sánchez, Bromer	Aprobado

Siendo las 10:25 de la mañana concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Ing. Cayo Baca, Holguer

Dictaminante: Ing. Gamarra Mota, Rubén

Replicante: Ing. Espinoza Asto, Edwin Reynaldo

Abancay 04 de marzo del 2025

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 323.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

(*) Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**) 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 a 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

Reporte de similitud

Determinación de la capacidad vial y el nivel de servicio en las intersecciones hacia el ovalo el olivo y sus alternativas de mejora en la ciudad de Abancay, Apurímac 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%	23%	2%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	12%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
3	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	archive.org Fuente de Internet	<1%
7	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repository.ucc.edu.co Fuente de Internet	<1%
10	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to Universidad Distrital FJDC Trabajo del estudiante	<1%

Metadatos

Datos del Autor		
Apellidos y Nombres	:	Candia Sánchez, Bromer
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	71691850
URL ORCID	:	0009-0005-0291-9672
Datos del Asesor		
Apellidos y Nombres	:	Mg. Sc. Maldonado Mendívil, Ángel
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	06788424
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0001-9002-1910
Datos de la Investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	:	Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible
Rango de años en que se realizó la Investigación	:	2023
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de similitud	:	23%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres y hermanos que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un profesional de la patria.

Bromer Candia Sánchez

Agradecimiento

Agradecer a Dios por haberme dado sabiduría y fortaleza para cumplir esta meta. Al Mg. Sc. Ángel Maldonado MENDÍVIL, por aceptar la dirección de esta tesis, y a las personas que con su apoyo hicieron posible concluir esta investigación.

Bromer Candia Sánchez

Resumen

Este estudio se centra en examinar el tránsito de vehículos, las características del diseño vial, su capacidad, y el nivel de congestión en las vías que conducen al “Óvalo el Olivo” en la ciudad de Abancay, con el objetivo de evaluar los niveles de servicio que estas intersecciones atípicas ofrecen.

Para el análisis del tránsito, se realizaron conteos de vehículos en las vías de acceso al “Óvalo el Olivo” en periodos de mayor afluencia de aforo vehicular diario. Asimismo, se evaluaron las características geométricas a través del levantamiento topográfico y mediciones in situ, se registró las señales de tráfico en las aproximaciones y se estudió el funcionamiento de los ciclos semafóricos, en la región de estudio.

Con la información recolectada, se calculó la capacidad utilizando la metodología HCM 2010 (Manual de Capacidad en Carreteras), se evaluaron los niveles de servicio a través de la simulación con “VISSIM 2023” y finalmente se examinó la relación entre volumen y capacidad para estudiar la congestión en las vías de acceso.

Los resultados, permitieron simulaciones de diversos escenarios para mejorar los niveles de servicio, considerando cambios en la dirección de las vías de acceso, ajustes en la geometría y la optimización de los ciclos de los semáforos en el “Óvalo Olivo”.

En resumen, la cantidad de vehículos excede la capacidad de las vías de acceso al “Óvalo Olivo” y, se sugiere implementar estrategias para mejorar los niveles de servicio, como ajuste de los ciclos semafóricos y redirección del tráfico de vehículos pesados.

Palabras clave: aproximación, óvalo, nivel de servicio, capacidad

Abstract

This study focuses on examining vehicle traffic, road design characteristics, capacity, and congestion levels on the roads leading to the “Óvalo el Olivo” in the city of Abancay, with the aim of evaluating the service levels offered by these atypical intersections.

To carry out the traffic analysis, vehicle counts were carried out on all access roads to the “Óvalo el Olivo” during the period of highest traffic previously determined by a daily vehicle capacity. Likewise, the geometric characteristics were evaluated through a topographic survey and in situ measurements, a record of the traffic signals present in the approaches was made, and the operation of the traffic light cycles and their operation in the study region was studied. Based on the information collected, the capacity calculation was carried out using the HCM 2010 methodology (Highway Capacity Manual), the service levels were evaluated through simulation with “VISSIM 2023” and finally the relationship between volume and capacity was examined to study the congestion present on the access roads.

With the results obtained, simulations of various scenarios were carried out to improve the service levels, considering changes in the direction of the access roads, adjustments in the geometry and the optimization of the traffic light cycles in the “Óvalo Olivo”.

In summary, at present, the number of vehicles exceeds the capacity of the access roads to the “Óvalo Olivo”, so it is suggested to implement strategies to improve the service levels of said space, including actions that could be carried out now (adjustment of traffic light cycles) and in the future (redirection of traffic of large vehicles).

key words: approach, oval, service level, capacity

Índice general

Portada.....	i
Acta de sustentación.....	ii
Reporte de similitud.....	iii
Metadatos.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Índice general.....	ix
Índice de tablas.....	xiv
Índice de figuras.....	xvii
Indice de Anexos.....	xx
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	xx
I. Introducción.....	21
II. Planteamiento del problema.....	23
2.1. Descripción y formulación del problema.....	23
2.1.1. Formulación de problemas.....	30
2.1.1.1. Problema General.....	30
2.1.1.2. Problemas específicos.....	30
2.2. Objetivos de la investigación.....	30
2.2.1. Objetivo General.....	30
2.2.2. Objetivos Específicos.....	30
2.3. Justificación e importancia.....	31
2.4. Hipótesis.....	32

2.4.1. Hipótesis general.	32
2.4.2. Hipótesis específicas.	32
2.5. Variables.	34
III. Marco teórico	36
3.1. Antecedentes de investigación.....	36
3.1.1. A nivel internacional.	36
3.1.2. A nivel nacional.	40
3.1.3. A nivel regional y local.	43
3.2. Bases teóricas.....	44
3.2.1. Sistema Vial.	48
3.2.2. Dispositivos de control de tránsito.	50
3.2.3. Volumen Vehicular.	51
3.2.4. Flujo Vehicular.....	53
3.2.5. La congestión.	60
3.2.6. Capacidad vial.	61
3.2.7. Niveles de servicio.	62
3.2.8. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas.	63
3.2.9. Criterios de análisis de capacidad y niveles de servicio.....	65
3.2.10. Intersecciones señalizadas.	66
3.2.11. Capacidad vial con intersecciones con semáforos.	70
3.2.12. El conductor.	80
3.2.13. El vehículo.....	80
3.2.14. Tipos de vehículos.....	81
3.2.15. El peatón y su interacción con la vía.	83
3.2.16. Clasificación de la red vial.	84

3.2.17. VISSIM.	87
3.2.18. Micro simulación en VISSIM.	91
3.2.19. Validación de datos.	95
3.3. Definición de términos.	96
IV. Metodología.....	98
4.1. Tipo y nivel de investigación.	98
4.2. Ámbito temporal y espacial.....	99
4.2.1. Temporal	99
4.2.2. Espacial	99
4.3. Población y muestra.....	99
4.3.1. Población.....	99
4.3.2. Muestra.....	100
4.4. Instrumentos.....	101
4.4.1. Instrumentos de procesamiento de datos.....	101
4.4.2. Herramientas de recolección de datos.	102
4.5. Procedimiento.....	106
4.5.1. Recolección de datos de diseño geométrico.....	106
4.5.1.1. Procesamiento.....	106
4.5.1.2. Conclusiones.....	107
4.5.2. Recolección de datos para la determinación del volumen diario.	108
4.5.2.1. Procesamiento.....	108
4.5.2.2. Conclusiones.....	114
4.5.3. Recolección de datos del aforo vehicular de las intersecciones.....	116
4.5.3.1. Procesamiento.....	116
4.5.3.2. Conclusiones.....	134

4.5.4.	Recolección de datos de flujo peatonal.	135
4.5.4.1.	Procesamiento.....	135
4.5.4.2.	Conclusiones.....	140
4.6.	Análisis de datos.....	142
4.6.1.	Composición vehicular.....	142
4.6.1.1.	Procesamiento de datos.	142
4.6.1.2.	Conclusiones.....	143
4.6.2.	Determinación del factor de hora pico.	143
4.6.2.1.	Procesamiento.....	143
4.6.2.2.	Conclusiones.....	147
4.6.3.	Determinación del volumen total vehicular por aproximación.	149
4.6.3.1.	Procesamiento.....	149
4.6.3.2.	Conclusiones.....	150
4.6.4.	Determinación del nivel de servicio – VISSIM.	151
4.6.4.1.	Micro simulación.....	151
4.6.4.2.	Conclusiones.....	165
4.6.5.	Capacidad vehicular de la vía de acuerdo a Metodología HCM 2010..	165
4.6.5.1.	Procedimiento.....	165
4.6.5.2.	Conclusiones.....	166
4.6.6.	Propuestas de mejora de los niveles de servicio.	167
4.6.6.1.	Propuesta N°01.....	167
4.6.6.2.	Conclusiones.....	170
4.7.	Consideraciones éticas.....	171
V.	Resultados y discusión.....	173
4.1.	Resultados.....	173

4.2. Discusión de Resultados.....	181
VI. Conclusiones.....	183
VII. Recomendaciones.....	187
VIII. Referencias.....	188
IX. Anexos.....	193

Índice de tablas

Tabla 1 Variables independientes.....	34
Tabla 2 Variable dependiente.....	35
Tabla 3 Niveles de servicio	79
Tabla 4 Factores del conductor.	80
Tabla 5 Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento.....	83
Tabla 6 Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.....	87
Tabla 7 Parámetros de calibración basados en car following, modelo de autos de Wiedemann de 1999:.....	93
Tabla 8 Parámetros del manual de VISSIM.....	94
Tabla 9 Ubicación geográfica en coordenadas UTM.	100
Tabla 10 Ficha de aforo vehicular	102
Tabla 11 Ficha de aforo peatonal	103
Tabla 12 Ficha de características de señalización	104
Tabla 13 Ficha de recolección de características geométricas.	105
Tabla 14 Ficha de recolección de datos geométricos Av. Mariscal Gamarra	106
Tabla 15 Ficha de recolección de datos geométricos Av. Venezuela	107
Tabla 16 Aforo vehicular semanal en horarios de máxima demanda.	108
Tabla 17 Aforo vehicular lunes	109
Tabla 18 Flujo vehicular horario lunes.....	110
Tabla 19 Flujo vehicular horario martes	110
Tabla 20 Flujo vehicular horario jueves.....	111
Tabla 21 Flujo vehicular horario viernes	111
Tabla 22 Flujo vehicular horario sábado	112

Tabla 23 Volumen total semanal.....	113
Tabla 24 Ficha de aforo vehicular de la Av. Venezuela a Av. Diaz Bárcenas.....	116
Tabla 25 Ficha de aforo vehicular de la Av. Venezuela a Av. Seoane	118
Tabla 26 Ficha de aforo vehicular de la Av. Venezuela a Av. Mariscal Gamarra.....	120
Tabla 27 Ficha de aforo vehicular de la Av. Mariscal Gamarra a Av. Seoane	122
Tabla 28 Ficha de aforo vehicular de la Av. Mariscal Gamarra a Av. Diaz Av. Venezuela	124
Tabla 29 Ficha de aforo vehicular de la Av. Mariscal Gamarra a Av. Diaz Bárcenas	126
Tabla 30 Ficha de aforo vehicular de la Av. Seoane a Av. Mariscal Gamarra	128
Tabla 31 Ficha de aforo vehicular de la Av. Seoane a Av. Venezuela	130
Tabla 32 Ficha de aforo vehicular de la Av. Seoane a Av. Diaz Bárcenas	132
Tabla 33 Flujo peatonal en aproximación Av. Seoane.....	135
Tabla 34 Flujo peatonal en aproximación Av. Mariscal Gamarra	137
Tabla 35 Flujo peatonal en aproximación Av. Mariscal Gamarra	138
Tabla 36 Composición vehicular de aproximación Av. Venezuela a Av. Diaz Bárcenas	142
Tabla 37 Factor de hora pico Av. Venezuela a Av. Mariscal Gamarra	144
Tabla 38 Factor de hora pico Av. Venezuela a Av. Diaz Bárcenas.	144
Tabla 39 Factor de hora pico Av. Venezuela a Av. Seoane	144
Tabla 40 Factor de hora pico Av. Mariscal Gamarra a Av. Seoane.....	145
Tabla 41 Factor de hora pico Av. Mariscal Gamarra a Av. Venezuela	145
Tabla 42 Factor de hora pico Av. Mariscal Gamarra a Av. Diaz Bárcenas	145
Tabla 43 Factor de hora pico Av. Seoane a Av. Mariscal Gamarra.....	146
Tabla 44 Factor de hora pico Av. Seoane a Av. Venezuela	146
Tabla 45 Factor de hora pico Av. Seoane a Av. Diaz Bárcenas.....	146
Tabla 46 Volumen total de vehículos de la aproximación Av. Venezuela	149
Tabla 47 Volumen total de vehículos de la aproximación Av. Mariscal Gamarra	149

Tabla 48 Volumen total de vehículos de la aproximación Av. Seoane.....	149
Tabla 49 Datos tomados en campo de las colas generadas.	158
Tabla 50 Datos tomados del modelamiento del VISSIM 2023 - Queue counter.	158
Tabla 51 Comparación de datos tomados en campo y del modelamiento en el VISSIM 2023.	159
Tabla 52 Datos nuevos tomados en campo para ser comparados con el del VISSIM 2023.	160
Tabla 53 Nivel de servicio de cada grupo de movimiento.	164
Tabla 54 Capacidad de la vía.	165
Tabla 55 Nivel de servicio de cada grupo de movimiento de la propuesta N°01.	170
Tabla 56 Capacidad de la intersección en el óvalo el Olivo.	173
Tabla 57 Nivel de servicio del óvalo el Olivo.....	174
Tabla 58 Composición vehicular de la Av. Venezuela.	176
Tabla 59 Composición vehicular de la Av. Mariscal Gamarra.	177
Tabla 60 Composición vehicular de la Av. Seoane.....	177
Tabla 61 Aforo peatonal dentro del óvalo el Olivo.....	179

Índice de figuras

Figura 1 Gráfico de número de vehículos por Kilómetro de carretera.	23
Figura 2 Verificación en campo de la zona de estudio	28
Figura 3 Verificación en campo de la zona de estudio	28
Figura 4 Verificación en campo de la zona de estudio	29
Figura 5 Verificación en campo de la zona de estudio	29
Figura 6 El patrón urbano de demanda vehicular y oferta vial dentro de una zona urbana....	46
Figura 7 Patrón rural de demanda vehicular y oferta vial de una carretera	48
Figura 8 Patrón urbano de demanda vehicular y oferta vial	50
Figura 9 Intervalos entre vehículos	55
Figura 10 Densidad o concentración.....	56
Figura 11 Espaciamiento entre vehículos	57
Figura 12 Relaciones de tiempo y espacio entre vehículos.....	58
Figura 13 Nivel de servicio según HCM 2010.....	63
Figura 14 Esquema de Numeración y Movimientos de Tránsito de Intersección	68
Figura 15 Estructura de doble anillo con asignaciones de movimiento.....	68
Figura 16 Criterios de nivel de servicio	70
Figura 17 Metodología del Automóvil para Intersecciones Señalizadas	71
Figura 18 Grupos típicos de Carriles para análisis.....	72
Figura 19 Alturas de elementos de vehículos ligeros para diseño geométrico	82
Figura 20 Alturas de elementos de vehículos pesados para diseño geométrico.	82
Figura 21 Interpretación grafica de las intercepciones hacia el óvalo El Olivo.....	101
Figura 22 Gráfica del flujo vehicular durante el día viernes, máximo volumen vehicular...	113
Figura 23 Gráfico de flujo vehicular semanal, se muestra que el mayor flujo vehicular es el día viernes	114

Figura 24 Gráfico de composición vehicular aproximación Av. Venezuela a Diaz Bárcenas	142
Figura 25 Mapa de la zona de estudio (Background images)	151
Figura 26 Links de entrada y salida dentro del óvalo el Olivo	152
Figura 27 Ancho de vía, de acuerdo a las fichas de recolección de datos	152
Figura 28 Volumen vehicular por aproximación al óvalo al Olivo	153
Figura 29 Composición vehicular de la Av. Mariscal Gamarra.....	154
Figura 30 Ciclos semafóricos dentro del óvalo el Olivo.....	155
Figura 31 Se muestra el semáforo en la entrada por la Av. Seoane el cual corresponde al ciclo semafórico	155
Figura 32 Ruta de circulación vehicular de la Av. Venezuela.....	156
Figura 33 Se muestra que el verde es el que tiene la preferencia sobre el rojo siendo la circulación permitida para esa zona en conflicto.	157
Figura 34 Grado de confiabilidad de los datos tomados en campo y del VISSIM 2023 con el programa StatKeys.	161
Figura 35 Condiciones de evaluación del nodo	161
Figura 36 Parámetros de simulación.	162
Figura 37 Modelamiento con el VISSIM 2023 - vista 3D	162
Figura 38 Modelamiento con el VISSIM 2023 - vista 3D, se observa giros a la izquierda de vehículos que vienen de la Av. Seoane	163
Figura 39 Modelamiento 3D, se observa las colas en la Av. Venezuela	163
Figura 40 Modelamiento 3D, se observa las colas en la Av. Mariscal Gamarra	164
Figura 41 Ciclos semafóricos de la propuesta N°01	167
Figura 42 Se muestra en la simulación que existe una mejor circulación vehicular.....	168
Figura 43 Simulación en VISSIM 2023 reducción de colas.	168

Figura 44 Ciclo semafórico actual en el Óvalo el Olivo	176
---	-----

Indice de Anexos

Tabla de contenido

Anexo 1. Matriz de consistencia	1
Anexo 2. Operacionalización de variables	2
Anexo 3. Panel fotográfico	4
Anexo 4. Recolección de datos	5
Anexo 5 Procesamiento de datos	6
Anexo 6. Calculo metodología HCM 2010.....	

I. Introducción

El continuo aumento tanto en la economía como en la población de Abancay ha provocado un rápido crecimiento en el número de vehículos, que actualmente sobrepasan los 80 mil en circulación diaria. Este crecimiento ha conducido a un considerable desorden en la vida urbana, evidenciándose en desafíos de carácter social, económico, ambiental y político. Entre las principales problemáticas se destacan el caos en el tráfico, los incidentes con peatones y un efecto adverso en la calidad de vida de los habitantes, lo cual se debe en gran parte a la ausencia de una correcta planificación del sistema de transporte.

Uno de los puntos más críticos en la ciudad es el Óvalo El Olivo, donde durante las horas pico (mañana, tarde y noche) se generan embotellamientos vehiculares debido a que el flujo de vehículos supera la capacidad de la vía. A esta situación se suman el poco cuidado de la señalización en zonas estratégicas y el deterioro del pavimento existente, factores que contribuyen significativamente a la congestión vehicular y la inseguridad vial.

La presente investigación tiene como objetivo analizar las problemáticas asociadas al funcionamiento del Óvalo El Olivo, identificando sus causas principales y proponiendo alternativas viables para optimizar la circulación vehicular y mejorar la infraestructura de transporte en esta área crítica. En este sentido, se buscó no solo mitigar los impactos negativos del tráfico, sino también contribuir al desarrollo sostenible y ordenado de la ciudad.

El presente análisis se basa en la recolección de información dentro del campo de estudio, empleando tecnología de punta como el software VISSIM 2023 para el tratamiento y evaluación de los datos recopilados. Con los resultados obtenidos, se realizaron simulaciones de diferentes escenarios que buscan mejorar los estándares de servicio en el Óvalo El Olivo. Estas simulaciones proponen alternativas tales como modificar la dirección de las vías de acceso, realizar ajustes en la geometría de las calles y optimizar los intervalos de los semáforos.

En conclusión, los resultados de esta evaluación indican que la actual demanda de vehículos supera la capacidad de las vías de acceso al Óvalo El Olivo. Por consiguiente, se sugiere la implementación de medidas urgentes, como el ajuste de los ciclos de los semáforos, junto con acciones a largo plazo, como el cambio de trayectoria de los vehículos de gran tamaño, con el objetivo de mejorar los estándares de servicio y asegurar una circulación más eficaz y segura en esta crucial intersección.

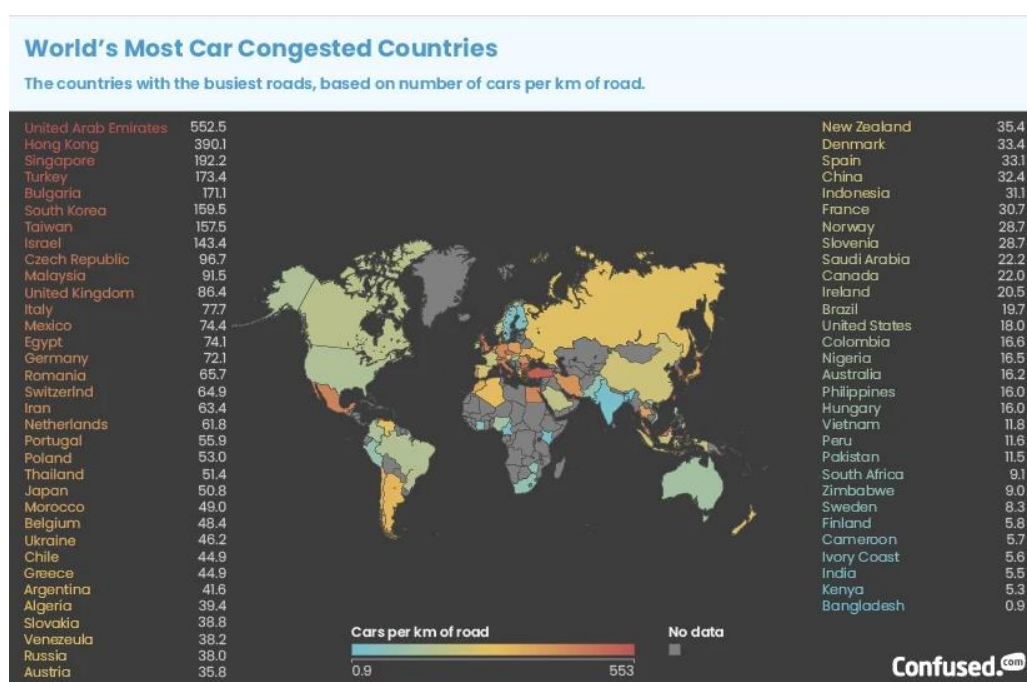
II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema.

Uno de los problemas principales producto del crecimiento acelerado viene siendo la congestión vehicular, la cual viene afectándola fluidez vehicular y la relación entre el conductor y el peatón, los que han conducido un vehículo, probablemente están familiarizados con uno de los aspectos más frustrantes de la conducción, que es la congestión, para determinar cuál de los países son los más congestionados en el mundo, se ha tomado como indicador la división entre la cantidad de vehículos de un país entre la longitud de carreteras en la red vial de dicho país, como se muestra:

Figura 1

Gráfico de número de vehículos por Kilómetro de carretera.



Nota. Adaptado de World's most car congested countries, por Gibbs, 2021, (<https://www.autobild.es/noticias/estos-son-20-paises-mundo-atascos-circulas-ellos-echale-paciencia-965455>).

Los Emiratos Árabes Unidos encabezan nuestra lista de países más congestionados, con un total de 553 automóviles por km de su red de carreteras de 4.080 km., Hong Kong se ubica

como el segundo lugar más congestionado, con 390 autos por kilómetro de carretera, y Singapur le sigue en la tercera posición con 192 autos por kilómetro de sus 3500 km de red de carreteras Gibbs, (2021).

Para Friedman, (2020), en ciudades de todo el mundo, la congestión de tráfico es un problema creciente, principalmente debido al desarrollo urbanístico latente y el crecimiento poblacional entre otros factores. Eso es según el Global Traffic Scoreboard, (2019) publicado por la empresa de análisis de datos INRIX, que ofrece información sobre cómo se mueven las personas en todo el mundo. En su informe, INRIX analizó el tiempo per cápita que los conductores pasan en congestiones de tráfico en más de 900 ciudades en 43 países al examinar el tiempo de demora en la hora con la mayor demanda vehicular y fuera de las horas pico.

De acuerdo con el estudio, las áreas urbanas que experimentan mayor congestión son "antiguas o en veloz expansión". Las urbes que surgieron antes de la era del automóvil suelen tener una mayor densidad, lo que dificulta el desplazamiento de los vehículos. Por otro lado, muchas de las ciudades que están creciendo rápidamente lidian con un aumento poblacional significativo, a pesar de contar con una infraestructura insuficiente. Bogotá, en Colombia, lidera la lista de este año en cuanto a las ciudades con mayor congestión vehicular, donde los automovilistas pierden un promedio de 191 horas (prácticamente ocho días) anualmente debido a la congestión. Según el estudio, cinco de las diez ciudades más congestionadas se sitúan en América Latina.

El informe encontró que, en promedio, los estadounidenses pierden 99 horas al año debido al tráfico, lo que equivale a una pérdida de \$1,377 por conductor. Con eso, aquí están las 10 áreas metropolitanas con el mayor promedio de horas perdidas por congestión en 2019 según lo determinado por INRIX.

Según Calatayud, (2021), en América Latina y el Caribe, ciudades como Bogotá, Lima, Ciudad de México y Río de Janeiro se encuentran entre las más congestionadas del mundo,

rivalizando con urbes como Mumbai y Bangkok, y superando ampliamente a ciudades con problemas de tráfico en Estados Unidos y la Unión Europea. Las tendencias de movilidad en la región, junto con el incremento en la tasa de motorización, la disminución en el uso del transporte público y el crecimiento de la población urbana, sugieren que los actuales niveles de congestión en estas ciudades difícilmente se revertirán en un futuro próximo. Además, la desconfianza hacia el transporte público, exacerbada por la pandemia, podría impulsar un mayor uso de vehículos particulares. Ya se observan indicios de este fenómeno en ciudades como Shanghái y Madrid, donde, en el caso de esta última, el transporte público pasó de ser el medio más utilizado antes de la pandemia a ocupar el tercer lugar, detrás del automóvil privado y los modos de transporte activo.

En Perú, de acuerdo con la Asociación Automotriz del Perú, la congestión vehicular representa un desafío significativo para una gran parte de la población, especialmente en Lima Metropolitana, la ciudad más grande del país. Para abordar esta problemática, se han llevado a cabo diversas encuestas. Según los resultados de un estudio realizado por IPSOS en 2019, antes de la pandemia, según (APP, 2021) los ciudadanos de la capital identificaron como principales problemas la inseguridad (74%), la contaminación ambiental y la limpieza pública (52%), así como un sistema de transporte masivo ineficiente y el tráfico vehicular (41%). Estos porcentajes se han mantenido constantes a lo largo de los años. Por lo tanto, la emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero por parte de los vehículos tiene un impacto negativo en la calidad de vida de la población, al aumentar el nivel de contaminación ambiental y provocar una considerable pérdida de tiempo, que en términos económicos puede resultar bastante significativa.

Según la Agencia Andina (2021), la ciudad de Lima pierde al año aproximadamente 11,000 millones de soles debido a la congestión vehicular que se producen en las calles y avenidas, afirmando que se lograría reducir la congestión vehicular en 40% con medidas como

el rediseño de las vías e intersecciones, con intervenciones de bajo costo en la infraestructura, infraestructura que implique el uso de vías rápidas y la clasificación vehicular para optimizar la circulación, aparatos reguladores inteligentes, estableciéndose un eficiente sistema de semaforización reduciéndose así las pérdidas económicas a 6,670 millones de soles siendo un parámetro importante de medición para los estudios realizados al respecto.

La Agencia Andina (2021) menciona que existen, además, otros factores que inciden en las pérdidas generadas, como el hecho de que los vehículos atrapados en embotellamientos provocan un mayor consumo de combustible por parte de los conductores; se estima que el consumo adicional en situaciones de tráfico es de aproximadamente un tercio de galón. Para calcular la pérdida en el consumo de combustible, se han utilizado datos del parque vehicular de Lima y Callao (disponibles hasta 2020), así como el precio promedio de los combustibles. Con esta información, se estima que, en promedio, se produce una pérdida de 5,414 millones de soles anuales. Este fenómeno se ve agravado por el aumento en los precios de los combustibles, que no solo afecta a Perú, sino que es una tendencia global, impulsada en gran medida por la guerra entre Rusia y Ucrania. Este problema exige que las autoridades del Gobierno peruano implementen medidas responsables y sostenibles a largo plazo para mitigar la congestión vehicular, permitiendo así que la ciudadanía realice un uso más eficiente de los combustibles y logre un ahorro en su economía familiar.

El constante crecimiento económico y demográfico de la ciudad de Abancay, sumado al incremento descontrolado del parque automotor, ha llevado a que más de 80 mil vehículos circulen diariamente por sus calles. Este crecimiento caótico ha superado la capacidad de la infraestructura vial y de transporte, generando una serie de problemas de orden social, económico, ambiental y político. La falta de una planificación adecuada en materia de movilidad urbana ha agravado la situación, dando lugar a un desorden vehicular generalizado,

congestión, contaminación ambiental y un aumento en los accidentes de tránsito, especialmente aquellos que involucran a peatones.

Esta realidad refleja la urgente necesidad de implementar políticas y estrategias que permitan organizar el sistema de transporte, mejorar la infraestructura vial y promover alternativas sostenibles de movilidad. De no tomarse medidas oportunas, es probable que los problemas actuales se intensifiquen, afectando aún más la calidad de vida de los habitantes de Abancay y limitando el desarrollo futuro de la ciudad. Además, esta situación pone en evidencia la importancia de abordar la planificación urbana de manera integral, considerando no solo el crecimiento económico, sino también el bienestar social y la sostenibilidad ambiental.

En la actualidad, el Óvalo El Olivo enfrenta serios problemas de funcionamiento, especialmente durante las horas pico (mañana, tarde y noche). En estos horarios, se producen constantes embotellamientos en las vías que conducen al óvalo, por lo que el volumen de vehículos supera con creces la capacidad de la infraestructura vial para el cual fue diseñada. El caos circulatorio y la congestión que afectan a la zona son el resultado directo del pavimento en mal estado en el óvalo y la falta de una señalización adecuada. Esta crítica situación, que perjudica a peatones y conductores, exige con urgencia intervenciones destinadas a mejorar la movilidad.

Figura 2

Verificación en campo de la zona de estudio



Nota. En la figura, se muestra el pavimento en estado deteriorado el cual genera que el flujo vehicular no sea fluido dentro del Óvalo el Olivo.

Figura 3

Verificación en campo de la zona de estudio



Nota. En la figura, se muestra la presencia de vehículos pesados que circulan dentro del Óvalo el Olivo.

Figura 4

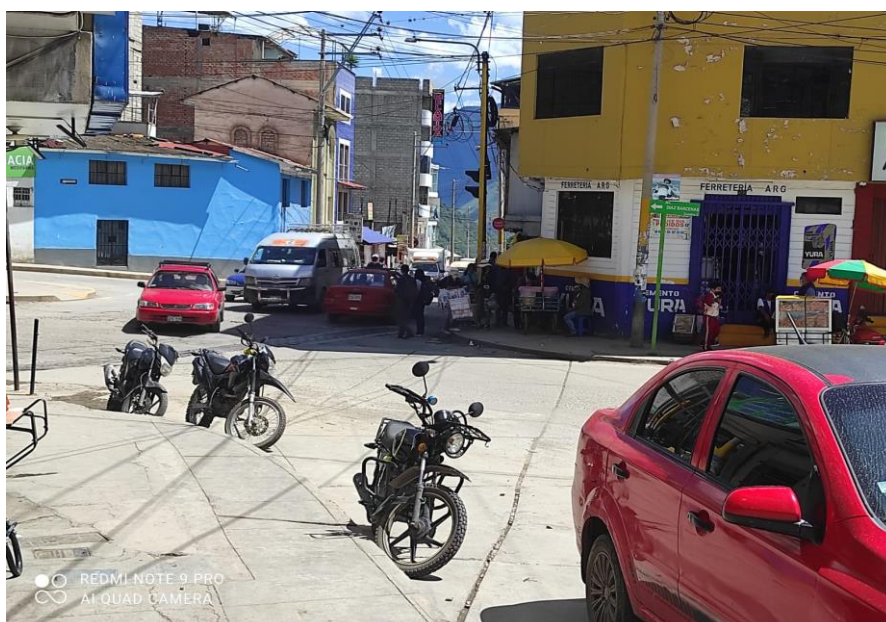
Verificación en campo de la zona de estudio



Nota. En la figura, se muestra el deterioro del pavimento y la falta de señalización que oriente los pasos peatonales, la misma que genera conflictos en el Óvalo el Olivo.

Figura 5

Verificación en campo de la zona de estudio



Nota. En la figura, se muestra el uso inadecuado de estacionamiento de vehículos dentro del Óvalo el Olivo, esta debido a la falta de señalización y la regulación áreas para su utilización de dichos espacios.

2.1.1. Formulación de problemas.

2.1.1.1. Problema General.

- ¿Cuál es la capacidad vial y el nivel de servicio que comprende las intersecciones al óvalo El Olivo en la ciudad de Abancay?

2.1.1.2. Problemas específicos.

- ¿Cómo influye el diseño geométrico según D.S. N° 034-2008-MTC en el nivel de servicio en el tramo que comprende las intersecciones al óvalo El Olivo?
- ¿Cómo influyen los dispositivos de control de tráfico en el nivel de servicio en el tramo que comprende las intersecciones al óvalo El Olivo?
- ¿Cómo influyen la circulación vehicular en el nivel de servicio en el tramo que comprende las intersecciones al óvalo El Olivo?
- ¿Cómo influye la circulación peatonal en el nivel de servicio en el tramo que comprende las intersecciones al óvalo El Olivo?

2.2. Objetivos de la investigación.

2.2.1. Objetivo General.

- Determinar la capacidad vial y nivel de servicio que comprende las intersecciones hacia el óvalo Olivo en la ciudad de Abancay.

2.2.2. Objetivos Específicos.

- Determinar el diseño geométrico según D.S. N° 034-2008-MTC y su influencia en el nivel de servicio que comprende las intersecciones hacia el óvalo Olivo en la ciudad de Abancay.
- Determinar los dispositivos de control de tráfico y su influencia en el nivel de servicio que comprende las intersecciones hacia el óvalo Olivo en la ciudad de Abancay.
- Determinar la circulación vehicular y su influencia en el nivel de servicio que comprende las intersecciones hacia el óvalo Olivo en la ciudad de Abancay.

- Determinar la circulación peatonal y su influencia en el nivel de servicio que comprende las intersecciones hacia el óvalo Olivo en la ciudad de Abancay.

2.3. Justificación e importancia.

Según Hernández-Sampieri (2018), la investigación tiene como justificación social en la trascendencia para sociedad traducida en quienes son los que se benefician con la investigación, de qué manera así como el alcance del proyecto social, en ese sentido la investigación tiene relevancia debido a que la presente investigación se va a desarrollar en las intersecciones hacia el óvalo El Olivo, ya que viene a ser un lugar muy importante para la ciudad de Abancay, esta zona converge con avenidas principales como la avenida Diaz Bárcenas, jirón Mariscal Gamarra, avenida Manuel Seoane y la avenida Panamericana ya que, cumple una función principal con la economía de la ciudad debido a que en la zona se desarrollan diversas actividades comerciales, clínicas, estadio, grifo, comisaria, parque, etc.

La justificación teórica constituye el fundamento teórico que respalda la investigación, facilitando el surgimiento de debates y discusiones académicas, así como la comparación de resultados que podrán dar lugar a nuevas teorías, ya sea confirmándolas o refutándolas. (Bernal, 2016) La investigación se justifica en este contexto, ya que busca evidenciar los resultados en relación con los valores de mejora en parámetros medibles, tales como los tiempos de viaje y el promedio de velocidades, así como otros fundamentos teóricos. Además, se consideran las mejoras que, aunque no pueden ser cuantificadas, sí pueden ser cualificadas a través de listas de verificación que abordan la seguridad vial.

Según Bernal, 2016), la justificación práctica se da cuando su implementación contribuye a solucionar un problema o, al menos, sugiere estrategias que, al aplicarse, ayudarán a resolverlo, en ese contexto la investigación tiene la finalidad de proponer alternativas de mejora y un adecuado funcionamiento de las intersecciones al óvalo, Es fundamental establecer medidas que optimicen aspectos tales como la circulación de vehículos y la accesibilidad; así

como también integrar a todos los usuarios y fomentar el desarrollo de infraestructuras que favorezcan la seguridad en las vías y la eficacia del sistema.

La justificación metodológica para la investigación puede ayudar a desarrollar herramientas para la recopilación o análisis de datos, además de aportar a la definición de un concepto, variable o vínculo entre variables. Todo esto con el objetivo de mejorar la manera de experimentar con una o más variables, así como proponer cómo examinar de manera más efectiva una población. (Hernández Sampieri, Carlos, & Baptista Lucio, 2018) en ese entender, se emplearán diversos métodos de comparación y simulación utilizando el software Vissim, junto con herramientas de medición y diseño que serán aplicadas mediante Auto-Cad. El proceso para lograr un funcionamiento óptimo incluye varias etapas que permitirán obtener resultados beneficiosos para todos los usuarios. En primer lugar, la observación de la zona de estudio servirá para generar propuestas generales sobre las condiciones actuales del óvalo. Con estas propuestas y los datos recopilados, se procederá a realizar simulaciones que, finalmente, proporcionarán los resultados necesarios para mejorar la situación.

2.4. Hipótesis.

2.4.1. Hipótesis general.

- La capacidad y nivel de servicio en las intersecciones al Olivo en la ciudad de Abancay son deficientes.

2.4.2. Hipótesis específicas.

- Existe influencia significativa entre el diseño geométrico y el nivel de servicio en las intersecciones al Olivo en la ciudad de Abancay.
- Existe influencia significativa entre los dispositivos de control de tráfico y el nivel de servicio en las intersecciones al Olivo en la ciudad de Abancay.

- Existe influencia significativa entre la circulación vehicular y el nivel de servicio en las intersecciones al Olivo en la ciudad de Abancay.
- Existe influencia significativa entre la circulación peatonal y el nivel de servicio en las intersecciones al Olivo en la ciudad de Abancay.

2.5. Variables.

Variables Independientes.

Tabla 1

Variables independientes

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO	HERRAMIENTA
Diseño Geométrico X1	El concepto hace referencia a la geometría y clasificación de la vía, considerando variables como la interrupción del flujo vehicular, el control de accesos, su configuración seccional (dividida o no), su capacidad en términos de carriles, así como el tipo de entorno adyacente en el que se encuentra inmersa.	Diseño Geométrico Urbano	• Pendiente, G. • Existencia de carriles exclusivos, LT o RT. • Longitud de bahías, LT o RT, Ls • Estacionamiento • Número de carriles, N	% und metros und Und.	Guía de observación	HCM 2010
Dispositivos de control de tráfico vehicular X2	Los semáforos son los principales reguladores del tráfico en áreas urbanas, aunque también pueden ser necesarios en carreteras.	Señales de Tránsito	• Longitud de ciclos, C. • Tiempo verde, G • Amarillo + todo rojo, intervalo de cambio y despeje, entre verde. • Operación accionada o prefijada. • Botón peatonal. • Verde mínimo peatonal, Gp • Plan de fases	s s s Und Und s Und.	Guía de observación.	HCM 2010
Condiciones de tráfico vehicular X3	Es la cantidad de vehículos que transitan por un punto específico durante un tiempo definido.	Volumen Vehicular	• Número de vehículos / Periodo	Aut/km/carril	Guía de observación	HCM 2010
Condiciones de tráfico peatonal X4	Es la cantidad de peatones que se mueven a través de un punto específico durante un tiempo determinado.	Volumen Peonatol	• Número de peatones / periodo	Personas/m	Guía de observación	HCM 2010

Nota. Se muestra las dimensiones, indicadores y unidad de medida de las variables independientes.

Variable Dependiente.

Tabla 2

Variable dependiente

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO	HERRAMIENTA
Nivel Servicio Y	Es una medida cuantitativa de la calidad que se presenta una vía de transporte, que determina las condiciones de operación del flujo vehicular. Los niveles de servicio se usan como un mecanismo para interpretar los resultados numéricos a través de los niveles de servicio en seis categorías, a las cuales se les asignan las letras A, B, C, D, E y F donde se medirá en el rango desde el óptimo hasta el pésimo en cuanto a las percepciones de comodidad y seguridad de los usuarios	Tránsito vehicular	• Horas pico	horas	Guía de observación.	HCM 2010.
			• Tipos de vehículos.	Und.		
			• Volumen de demanda por movimiento, V.	veh/h		
			• Tasa de flujo de saturación base, So.	veh liv/h/c aril		
			• Factor de hora de máxima demanda, FHMD.	%		
			• Porcentaje de vehículos pesados, HV.	%		
			• Tasa de flujo peatonal en el acceso, Vped.	peatones/h		
			• Autobuses locales que paran en la intersección, Nb.	autobuses/h		

Nota. Se muestra las dimensiones, indicadores y unidad de medida de las variables dependientes.

III. Marco teórico

3.1. Antecedentes de investigación.

3.1.1. A nivel internacional.

El transporte en diferentes países es uno de sus problemas principales, ya que muchas veces el crecimiento económico y poblacional expande el desarrollo urbano. Por ello, es necesario ver la construcción de proyectos de obras viales, los cuales permitan que los conductores y peatones se desplacen de manera segura y sin inconvenientes por cualquier vía.

Entre las investigaciones más destacadas podemos mencionar el trabajo de Ogoño Aguiñaca y Orozco Calva (2020), el objetivo principal de este estudio fue analizar el tránsito vehicular en las intersecciones viales de la ciudad de Loja, Ecuador. Para ello, se evaluó el nivel de servicio actual y se planteó una solución viable que permita mejorar la movilidad en dichas zonas. como parte del proceso, se midieron variables clave, como las condiciones geométricas de las vías, el flujo de vehículos y los tiempos de los ciclos semafóricos, los cuales sirvieron como fundamento para el análisis y la propuesta de mejoras. Este enfoque permitió identificar los principales problemas y ofrecer una alternativa eficiente para optimizar el tránsito en la ciudad. A partir de estos datos, se calculó el flujo de saturación, los grupos de carriles y las demoras, lo que permitió determinar el nivel de servicio. Los resultados muestran niveles de servicio C y D, con demoras que oscilan entre 20,1 y 35,0 segundos, y entre 35,1 y 55 segundos, respectivamente. Estos niveles reflejan una situación de tránsito regular, aunque algunos ciclos comienzan a mostrar deterioro. Después de analizar tres sistemas de restricción vehicular, se determinó que el más efectivo es el sistema "Hoy no circula". Esta medida lograría reducir en un 20% el tránsito promedio diario anual, lo que se traduciría en una disminución de 3 segundos en los tiempos de demora a lo largo del día. Como resultado, se mejoraría significativamente la movilidad en la ciudad y se generaría un impacto positivo en el medio ambiente al reducir las emisiones contaminantes y la congestión vehicular.

Para Jerez Hernández y Morales Santos (2015), el estudio tiene como principal objetivo mejorar la capacidad y el nivel de servicio en 10 puntos críticos de la ciudad de Azogues, Ecuador, mediante la propuesta de soluciones efectivas para los problemas de tráfico y seguridad vial. Para ello, se recopilaban datos sobre el volumen vehicular y los movimientos en estas zonas conflictivas a través de aforos, lo que permitió analizar tanto intersecciones con semáforos como aquellas que carecen de ellos. El proceso se complementó con tablas y figuras que ilustran de manera clara y dinámica la geometría de las intersecciones, facilitando la comprensión del análisis. Aunque algunas de las propuestas planteadas generaron un incremento en los tiempos de demora, se lograron avances significativos en materia de seguridad vial, reduciendo el riesgo de accidentes. Sin embargo, es necesario realizar ajustes adicionales para optimizar las condiciones viales actuales y mitigar los conflictos de tráfico. Esto incluye la implementación de semáforos y señalización adecuada, medidas que contribuirían a una movilidad más ordenada y segura en la ciudad.

Villa Santana y Moreno Torres (2018) tienen que el objetivo principal de este estudio es evaluar el nivel de servicio actual en la Avenida Máximo Gómez y proponer alternativas viables para mejorar el sistema de transporte, dado el alto nivel de congestión que presenta esta vía. Durante las horas pico, los usuarios pueden tardar entre treinta y cuarenta minutos para recorrer solo esta avenida, enfrentándose además al ruido constante de las bocinas y a las dificultades que experimentan los peatones en las calles aledañas. Esta situación genera múltiples problemas, como largas esperas para conductores y pasajeros, accidentes de tránsito debido a la imprudencia de peatones y conductores, retrasos, pérdida de tiempo, consumo excesivo de combustible, entre otros. Como resultado del análisis, se concluyó que el tramo en dirección Sur-Norte presenta un nivel de servicio F, tanto con la presencia como sin la presencia de camiones, lo que indica que la vía ya ha superado su capacidad de diseño incluso antes de considerar el impacto de estos vehículos pesados. La inclusión de camiones solo agrava las

demoras existentes. Por otro lado, en el tramo Norte-Sur, el nivel de servicio es D, pero si se restringe el paso de camiones, se podría alcanzar un nivel de servicio C, lo que representaría una mejora significativa en la fluidez del tránsito. Estas conclusiones resaltan la necesidad de implementar medidas que optimicen la movilidad y reduzcan los impactos negativos asociados a la congestión en esta importante avenida.

Para Pulido Contreras y Gómez Patiña (2018), En su estudio, el autor plantea como objetivo principal determinar la capacidad y el nivel de servicio de la glorieta situada en la calle 63 con carretera 50 en Bogotá D.C., utilizando métodos no convencionales como el Francés, el Danés y el Setur. Estos enfoques permiten analizar el flujo vehicular en cada uno de los ramales que componen la glorieta. La capacidad se define como el número máximo de vehículos que pueden transitar en ambos sentidos de manera continua durante un período determinado, mientras que el nivel de servicio se refiere a la calidad de la vía en términos de libertad de movimiento y facilidad para maniobrar en condiciones de tráfico. Como conclusión, el autor señala que los métodos tradicionales no son apropiados para evaluar este tipo de glorietas, ya que no están adaptados para analizar intersecciones con un alto volumen de tráfico. Además, se determinó que el nivel de servicio de la glorieta es D, lo que refleja la formación constante de colas en ciertos puntos, condiciones de tránsito inestables y una velocidad media reducida. Estos hallazgos resaltan la necesidad de adoptar enfoques más especializados para mejorar la movilidad en este tipo de intersecciones críticas.

Según Cruz (2019), en su investigación, el autor se propuso evaluar el flujo vehicular en la Av. Joaquín José Orrantía de la ciudad de Guayaquil, con el objetivo de analizar su capacidad y nivel de servicio. Este análisis se llevó a cabo debido a los evidentes problemas de congestión que afectan esta zona comercial, la cual es altamente transitada por los ciudadanos. Para determinar el nivel de servicio, se utilizaron los parámetros establecidos en el manual de capacidades de carreteras HCM 2010, aplicando conceptos fundamentales de ingeniería de

tránsito y considerando las características específicas de la vía. Tras analizar las intersecciones mencionadas, se identificó que el nivel de servicio en esta avenida tiende a ser inestable. Para mitigar la congestión, se requiere una planificación más eficiente y una mayor regulación del comportamiento de los taxistas, quienes frecuentemente recogen y dejan pasajeros frente a los locales comerciales, obstaculizando el flujo vehicular. Este uso inadecuado de la vía no solo genera congestión, sino también retrasos en los tiempos de viaje. Por lo tanto, es fundamental implementar medidas que optimicen la movilidad y reduzcan los impactos negativos en esta importante arteria de la ciudad.

López (2019), en su investigación, se destaca que el incremento del tráfico vehicular en áreas urbanas es uno de los indicadores más evidentes del progreso y desarrollo de una ciudad, reflejando el dinamismo de sus actividades comerciales, residenciales, industriales, educativas, entre otras. El estudio tiene como objetivo realizar un diagnóstico de la capacidad y el nivel de servicio de la Avenida Universitaria en Jipijapa, Manabí, Ecuador. Para ello, se empleó la metodología establecida en el Manual de Capacidad de Carreteras 2000, considerando el volumen de tráfico actual y las normativas viales ecuatorianas NEVI-12, las cuales buscan garantizar estándares de calidad, eficiencia y seguridad para los usuarios. Con el fin de alcanzar este propósito, se ejecutaron diversas actividades de campo, como la medición del volumen y la composición del tráfico, la evaluación de la velocidad y el análisis de las características físicas de la calzada, como el ancho de los carriles, entre otros aspectos. Estos datos permitieron realizar los cálculos y análisis necesarios, siguiendo las metodologías propuestas, con el fin de obtener resultados precisos que contribuyan a mejorar la movilidad en esta importante vía.

Ibarra (2019), El estudio tiene como objetivo analizar y optimizar la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada ubicada en Vía Ricardo J. Alfaro y Calle Juan Rivera Reyes, en El Dorado, Ciudad de Panamá. Para lograrlo, se utiliza el Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010), una metodología ampliamente reconocida y accesible para evaluar

intersecciones de diversa índole, ya sean urbanas, semiurbanas, rurales o de conexión entre áreas. Este enfoque permite identificar posibles mejoras y soluciones adaptadas a las necesidades específicas de la intersección. Además, se lleva a cabo un análisis detallado del volumen vehicular basado en datos confiables, lo que requiere la implementación de un plan de aforos bien estructurado. Este plan debe garantizar la recopilación de la mayor cantidad de mediciones posibles, utilizando tecnología adecuada según las características y condiciones de la zona de estudio. De esta manera, se asegura la precisión de los datos y se facilita la propuesta de soluciones efectivas para mejorar la movilidad en esta intersección clave.

3.1.2. A nivel nacional.

Para Fernández Huamán y Ricalde Peralta (2020), con el objetivo de evaluar la eficiencia del flujo vehicular en la Avenida del Ejército de Cusco, se realizó un análisis exhaustivo basado en los estándares internacionales establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). La investigación se enfocó en diagnosticar las condiciones actuales de las intersecciones y en analizar el efecto de una propuesta de mejora destinada a optimizar la movilidad tanto de vehículos particulares como de transporte pesado.

Corilla (2018), realizó el estudio enfocado en mejorar el nivel de servicio del tránsito vehicular en la Av. Huancavelica, específicamente en el tramo comprendido entre la Av. 13 de noviembre y Paseo La Breña en Huancayo, ha demostrado, mediante la contrastación de hipótesis, que las propuestas implementadas han generado una mejora significativa en el nivel de servicio. La investigación incluyó un análisis detallado de la señalización existente, la geometría de las intersecciones, los patrones de giro, la sincronización de los semáforos, el volumen vehicular y el nivel de servicio en cada intersección. Con base en los datos recopilados, se propusieron diversas mejoras, como la optimización de los ciclos semaforicos, la restricción de vehículos de carga pesada, la sustitución del transporte público convencional por buses troncales y la implementación de sistemas de olas verdes. Como resultado de estas

intervenciones, se logró reducir el nivel de servicio de las intersecciones, pasando de un comportamiento inestable a uno estable, lo que ha incrementado la comodidad para los usuarios. Además, se observó una notable mejora en los tiempos de traslado a lo largo de la Av. Huancavelica, tanto en el sentido de la Av. 13 de Noviembre hacia Paseo La Breña como en dirección contraria, gracias a la aplicación de las propuestas planteadas. Estos avances reflejan un impacto positivo en la movilidad y la eficiencia del tránsito en esta importante vía.

Según Chuquihuaccha Mauricio y Galván Aldoradin (2016), propone una solución para mejorar el tráfico en la Av. 26 de Noviembre en Villa María del Triunfo. Se utilizaron modelos de simulación y datos de campo para evaluar las condiciones actuales y diseñar una solución más eficiente para reducir la congestión en un tramo de la Av. 26 de Noviembre. Se analizaron los datos de tráfico y se simularon diferentes escenarios para encontrar la mejor solución.

Romero Campos y Villarreal González (2017), en el estudio, el objetivo principal fue determinar la capacidad y el nivel de servicio en las avenidas Húsares de Junín, Fátima y Los Ángeles de la ciudad de Trujillo. Estas vías han sido identificadas como problemáticas debido al crecimiento del parque automotor, lo que ha generado congestión y un deterioro en el nivel de servicio. Para llevar a cabo el análisis, se utilizó como referencia el Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual, HCM), el cual permitió evaluar tanto la capacidad como el nivel de servicio de estos tramos. Además, se realizaron conteos de tráfico, se identificaron las horas pico de mayor congestión y se analizaron los volúmenes de tránsito. Los resultados obtenidos se presentarán mediante figuras, histogramas y tablas para facilitar su interpretación. Esto permitirá identificar los principales problemas y proponer soluciones efectivas que mejoren la movilidad y garanticen la seguridad de todos los usuarios de estas avenidas.

El estudio de Flores (2017), tiene como objetivo de esta investigación fue analizar las características de desplazamiento de los usuarios en la intersección de la Av. Universitaria con la Av. Simón Bolívar en Lima, con el propósito de proponer mejoras en esta zona. Para ello, se

empleó la metodología de microsimulación utilizando los modelos VISWALK y VISSIM 8.0, los cuales permitieron obtener datos variables según el enfoque del estudio, centrado en la gestión del tráfico. Se llevaron a cabo dos etapas de recolección de datos: una para calibrar el modelo y otra para validarlo, aplicando análisis estadísticos y la hipótesis nula para identificar los puntos críticos de la intersección. Los resultados obtenidos permitieron proponer un rediseño en la gestión vial que integra tanto a peatones como a vehículos, considerando el alto flujo peatonal que se registra durante el día. Además, se verificó la efectividad de las mejoras sugeridas en función de la demanda de las calles y vías, lo que confirma la relevancia de las propuestas para optimizar la movilidad y seguridad en esta intersección clave.

Para Lopez Barrios y Medina Marcos (2018), el objetivo de su investigación es analizar y diagnosticar la situación actual del óvalo José Quiñones, utilizando la metodología del HCM 2010 y el software VISSIM 7.0. Tras una evaluación inicial, se plantearán mejoras para reducir la congestión vehicular mediante el rediseño de los elementos geométricos y una canalización adecuada de los flujos de tráfico. Los datos necesarios se recopilaban a través de registros de aforo en las intersecciones, mediciones de distancias entre vehículos, velocidades promedio, entre otros parámetros clave. Esta información permitirá un análisis detallado de la situación actual, incluyendo el flujo vehicular, la formación de colas y los tiempos de espera en la intersección. Con base en los resultados, se presentarán diversas opciones de mejora, seleccionando la solución más efectiva para abordar los problemas identificados. Este enfoque integral busca optimizar la movilidad y reducir los inconvenientes causados por la congestión en este importante punto de la ciudad.

De la investigación de Vega Loardo y Guerra Speziani (2020), llevó a cabo un estudio del tráfico vehicular en nodos críticos de la Carretera Federico Basadre en la ciudad de Pucallpa, utilizando el software VISSIM para modelar la situación actual, identificar las causas de la congestión y proponer soluciones viables. Además, se determinó la capacidad vial y el nivel de

servicio aplicando la metodología del Highway Capacity Manual (HCM 2010), con el fin de garantizar una solución que mejore la fluidez del tráfico de manera segura y eficiente.

El proceso de investigación incluyó observaciones en campo, levantamiento topográfico, aforos vehiculares, identificación del tipo de intersección, análisis del número y tipo de vehículos, dirección de los movimientos, características geométricas de las intersecciones y fases semafóricas. Estos elementos permitieron representar de manera precisa los nodos críticos y proponer mejoras que optimicen la movilidad en esta importante vía.

3.1.3. A nivel regional y local.

A nivel local podemos mencionar el trabajo de Loayza (2020), El estudio tuvo como propósito analizar el tránsito vehicular y evaluar los dispositivos de control, específicamente los semáforos, además de determinar las características geométricas del tramo de la carretera categoría 3S, comprendido entre las intersecciones de la Iglesia Nuestra Señora de Guadalupe y El Arco, en la ciudad de Abancay.

Para ello, se realizaron aforos vehiculares en 15 intersecciones, junto con un levantamiento topográfico destinado a examinar las condiciones geométricas del área y una recopilación de datos sobre las señales de tránsito (tiempos de verde, rojo y ámbar). Con base en esta información, se desarrollaron propuestas de mejora del nivel de servicio, calculando la capacidad y el nivel de servicio mediante la metodología del Highway Capacity Manual (HCM 2010).

Los resultados obtenidos se contrastaron con los de una microsimulación en el software VISSIM 11, lo que permitió identificar que la demanda vehicular actual supera la capacidad de las intersecciones analizadas. En consecuencia, se recomienda implementar estrategias de optimización geométrica, mejoras en la gestión del tránsito y modernización de los dispositivos de control, con el fin de incrementar los niveles de servicio y garantizar una movilidad más eficiente y segura en la zona de estudio.

Para Arcibia Tapia y Condori Olivera (2017), la investigación se enfoca en el análisis y la búsqueda de soluciones para la congestión del transporte público en la ciudad de Abancay, con especial énfasis en el servicio de colectivos que circulan por las rutas de movilidad urbana. Como parte de la metodología, se llevó a cabo una identificación de las zonas con mayor afectación por la aglomeración vehicular, seguida de un examen exhaustivo de los factores que originan esta situación. El propósito fundamental de este diagnóstico es formular propuestas viables orientadas a paliar las consecuencias adversas que esta problemática genera en la comunidad.

Para sustentar este objetivo, se diseñó e implementó un análisis de tráfico integral. Dicho estudio incorporó la determinación del Índice Medio Diario Anual (IMDA) como métrica principal, junto con proyecciones futuras que estiman tanto el crecimiento del parque vehicular como el demográfico. Asimismo, se definió un protocolo metodológico riguroso para garantizar la confiabilidad y efectividad de los resultados. En el marco operativo de este análisis, se establecieron cuatro estaciones de monitoreo estratégicamente ubicadas en el núcleo urbano de Abancay, donde se recolectaron los datos de flujo vehicular.

La investigación procede a detallar los hallazgos cuantitativos y cualitativos recopilados en cada uno de estos puntos de control. Esta evidencia empírica constituye el pilar fundamental sobre el cual se pueden sustentar intervenciones específicas, cuyo fin último es optimizar la movilidad de los ciudadanos y reducir significativamente los niveles de congestión, contribuyendo así a una mejora sustancial en la calidad de vida urbana de Abancay.

3.2. Bases teóricas.

Las bases teóricas llevan a realizar una representación gráfica de los dos factores que generan los problemas de tráfico, a saber: la cantidad de vehículos en circulación y la capacidad

de las vías disponibles, para comprender adecuadamente dichos problemas y su posterior desarrollo.

La demanda vehicular, se define como la cantidad de vehículos que requieren desplazarse a través de una red vial específica, también denominada oferta vial. Esto implica que, dentro de la demanda vehicular, se consideran tanto los vehículos que están en movimiento como aquellos que se encuentran en espera cuando ocurre un fenómeno conocido como congestión vehicular.

Otras definiciones son:

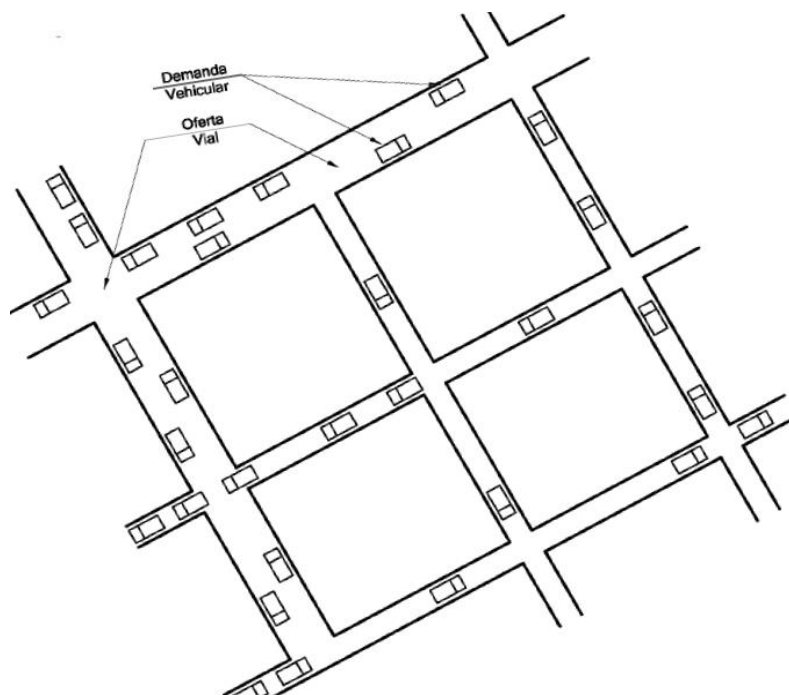
Esto determina la decisión de tomar rutas alternativas para evitar dicha congestión, con el objetivo de determinar si la operación vehicular se lleva a cabo en condiciones de flujo estable o saturado. Para esto, es necesario comparar estos dos elementos, que tienen la misma unidad de medida. La oferta vial se refiere al espacio físico disponible, como calles y carreteras, y puede definirse en función de su sección transversal o capacidad. Así, la oferta vial o capacidad indica el número máximo de vehículos que pueden transitar o desplazarse por ese espacio físico. (Cal & Cárdenas, 2018, pp 34-35)

Cal & Cárdenas (2018) afirmó lo siguiente:

El patrón urbano, es la configuración esquemática de una zona urbana se refiere a la representación gráfica tanto de la demanda vehicular como de la oferta vial. La demanda vehicular está compuesta por los vehículos que transitan por las calles y los que ingresan a los lotes adyacentes, influenciada por la densidad de edificaciones. En cambio, la oferta vial se define por su capacidad, que depende del número de carriles y las velocidades de circulación. (p. 38)

Figura 6

El patrón urbano de demanda vehicular y oferta vial dentro de una zona urbana.



Nota. La gráfica muestra el flujo vehicular dentro un espacio, la misma que muestra la demanda vehicular dentro un espacio llamado oferta vial. Tomado de Cal & Cárdenas (2018)

El patrón rural se refiere a “carreteras de dos carriles y vías de carriles múltiples, en las cuales se identifican tanto la demanda vehicular (los vehículos) como la oferta vial (las carreteras). Estos elementos son esenciales para entender la composición y el funcionamiento de la relación entre la oferta y la demanda vehicular” (Cal & Cárdenas, 2018, pp 39).

De la revisión conceptual realizada, es posible concluir que la demanda vehicular constituye un elemento fundamental en el análisis del tráfico, entendiéndose de las siguientes maneras:

Naturaleza Cuantitativa y Contextual: En esencia, la demanda vehicular representa el volumen total de vehículos que necesitan utilizar una red de calles y carreteras específica (la oferta vial) en un momento dado. Esta no es una cifra abstracta, sino que está intrínsecamente ligada a una infraestructura concreta.

Composición Dinámica y Estática: El concepto trasciende la simple cuenta de vehículos en movimiento. Incluye de forma integral a todos los automotores que participan en el sistema de transporte, lo que abarca tanto a los que están circulando activamente como a los que se encuentran detenidos o en espera durante episodios de congestión. Esta visión holística es crucial para diagnosticar problemas de fluidez.

Influencia Directa del Desarrollo Urbano: La demanda no surge de manera aislada; está moldeada por las características del patrón urbano. Factores como la densidad de las edificaciones y la generación de viajes hacia los lotes o estacionamientos adyacentes a las vías son determinantes clave en su magnitud y distribución.

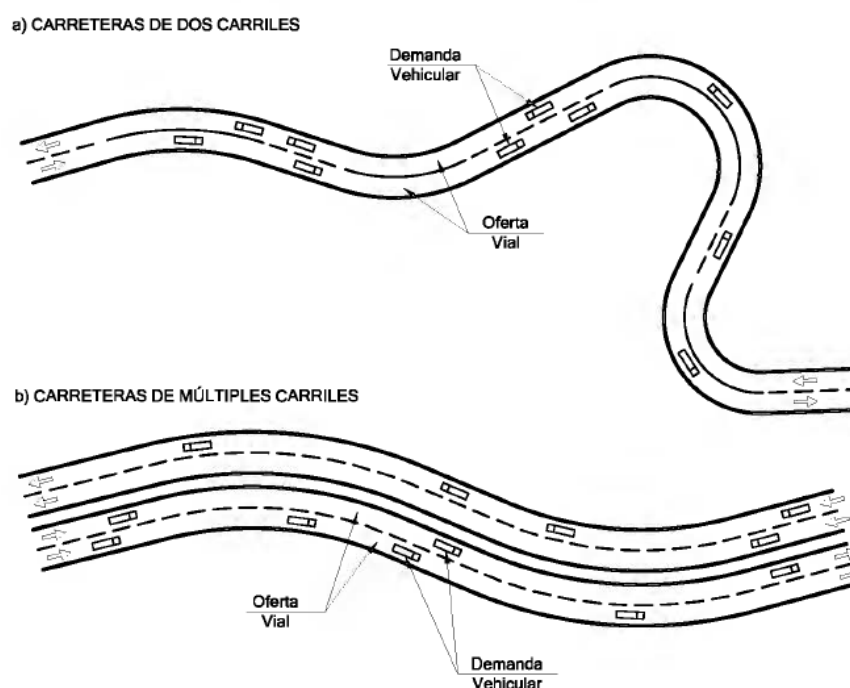
Relación Dialéctica con la Oferta Vial: La demanda vehicular solo puede analizarse en contraste con su contraparte: la oferta vial (la capacidad de la infraestructura). Mientras la demanda es la "necesidad" de desplazamiento, la oferta es la "posibilidad" que brinda la infraestructura. Ambas se miden en las mismas unidades (ej., vehículos por hora), lo que permite compararlas para diagnosticar si el flujo es estable o saturado.

Impacto en el Comportamiento del Conductor: Un exceso de demanda sobre la oferta (congestión) tiene una consecuencia directa en la toma de decisiones de los usuarios. Cuando la saturación ocurre, los conductores optan por rutas alternativas, modificando así los patrones de tráfico y redistribuyendo la demanda en la red vial.

En síntesis, la demanda vehicular es una variable dinámica y compleja que cuantifica la necesidad de movilidad motorizada, cuya interacción con la capacidad de la infraestructura define la eficiencia operativa de todo el sistema de transporte de una ciudad.

Figura 7

Patrón rural de demanda vehicular y oferta vial de una carretera



Nota. La gráfica muestra carreteras de dos y tres carriles y la oferta vial de una carretera. Tomado de Cal & Cárdenas (2018)

3.2.1. Sistema Vial.

Cal & Cárdenas, (2018) indica que es la red vial de un país es esencial para su progreso y desarrollo. La calidad de esta red refleja directamente el nivel de avance de la sociedad. En naciones con altos estándares de vida, es común encontrar una infraestructura vial de calidad, mientras que, en países menos desarrollados, la red vial suele ser deficiente. Aunque la clasificación de los sistemas viales puede variar según las políticas de transporte de cada país, existen ejemplos claros que ilustran esta disparidad.

Según Cruz (2019) una red vial funcional se clasifica en tres categorías según su uso: principales (o arterias), secundarias (o colectoras) y locales. Las vías principales cuentan con acceso controlado y están diseñadas para manejar volúmenes grandes de tráfico de paso, con limitado o cero acceso a propiedades adyacentes. Por otro lado, las vías locales carecen de control de acceso, permiten una conexión directa con las propiedades circundantes y gestionan

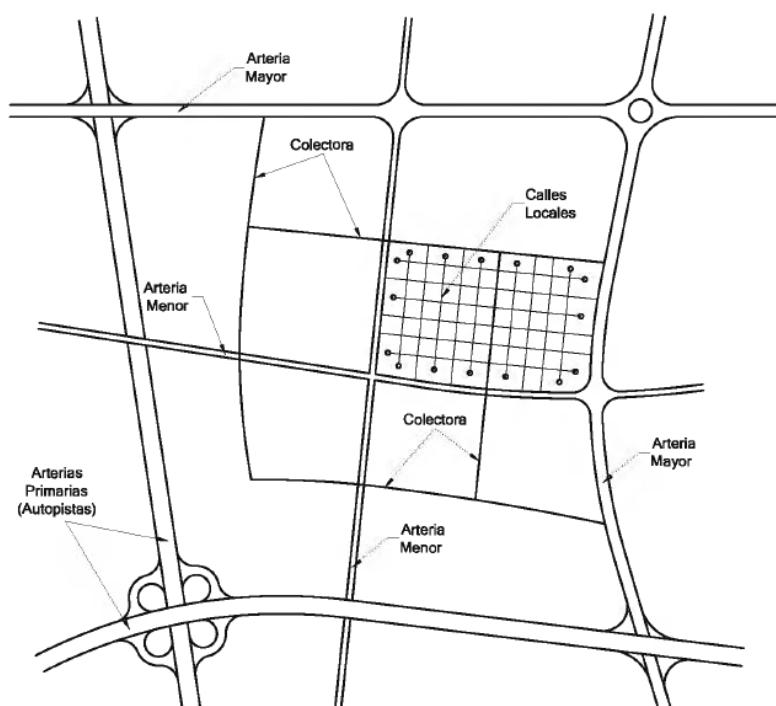
volúmenes de tráfico más reducidos, siendo poco utilizadas por vehículos de paso. Esta clasificación es fundamental para la planificación del transporte, ya que organiza las vías según la función que desempeñan y el tipo de servicio que ofrecen.

(Cal & Cárdenas, 2018) El sistema vial urbano incluye autopistas y vías rápidas que gestionan grandes volúmenes de tráfico entre diferentes áreas, ya sea atravesando o rodeando la ciudad. Estas vías tienen acceso controlado y no se conectan directamente con las propiedades cercanas. Las autopistas separan completamente los flujos de tráfico conflictivos, mientras que las vías rápidas pueden tener algunas intersecciones a desnivel. Ambos tipos de vías son parte de la red vial principal de una zona urbana.

Las calles principales facilitan el movimiento del tráfico entre distintas partes de la ciudad, ofreciendo acceso directo a los principales generadores de tráfico y conectándose con el sistema de autopistas y vías rápidas. Las calles colectoras enlazan las calles principales con las locales, proporcionando acceso a las propiedades adyacentes. Finalmente, las calles locales permiten el acceso directo a las propiedades cercanas, ya sean residenciales, comerciales, industriales o de otro tipo, y facilitan el tráfico local hacia las residencias, conectándose directamente con las calles colectoras y/o principales. (Cal & Cárdenas, 2018, pp 76)

Figura 8

Patrón urbano de demanda vehicular y oferta vial.



Nota. La gráfica muestra carreteras de dos y tres carriles y la oferta vial de una carretera.

Tomado de Cal & Cárdenas (2018)

3.2.2. Dispositivos de control de tránsito.

Las redes viales son esenciales para el transporte, ya que facilitan el desplazamiento de diversos medios como automóviles, autobuses, camiones, motocicletas, bicicletas y peatones. Estas infraestructuras, tanto en áreas rurales como urbanas, incluyen carreteras, calles, acotamientos y banquetas, y para operar de manera eficaz, deben garantizar seguridad, comodidad y fluidez a los usuarios. Para alcanzar este objetivo, es crucial que conductores, peatones y pasajeros reciban la información adecuada y oportuna que les permita utilizar correctamente las vías. Esto se consigue principalmente mediante el uso de señales de tránsito, las cuales son fundamentales para maximizar la eficiencia y el rendimiento de cualquier sistema vial. (Highway Capacity Manual, 2010, p. 220).

Los dispositivos de control de tránsito son elementos fundamentales e indispensables en cualquier red vial, cuyo propósito principal es garantizar que la operación del transporte sea

segura, ordenada, fluida y eficiente para todos los usuarios, ya sean conductores, peatones o ciclistas.

Estos dispositivos cumplen la función vital de comunicar información clara, oportuna y precisa a los usuarios de la vía, guiando su comportamiento y permitiéndoles tomar decisiones correctas durante sus desplazamientos. Sin esta comunicación efectiva, sería imposible maximizar el rendimiento de la infraestructura de transporte y prevenir conflictos o accidentes.

3.2.3. Volumen Vehicular.

Según el Highway Capacity Manual (2010), la infraestructura vehicular, como los sistemas de transporte compuestos por carreteras, calles, intersecciones, terminales, etc., puede ser afectada por volúmenes de tráfico, según (Cigüeñas, 2018) refiere a que poseen características espaciales (ocupan un lugar) y temporales (consumen tiempo). Las distribuciones espaciales suelen originarse por la necesidad de las personas de moverse de un lugar a otro, mientras que las distribuciones temporales reflejan el tiempo requerido para completar esos desplazamientos, siguiendo patrones de viaje específicos. Estos patrones pueden incluir movilizaciones en épocas particulares del año, en días específicos de la semana o en horas determinadas del día.

Según Cruz (2019) Estos volúmenes de demanda son fundamentales para la planificación de carreteras o calles que operarán durante la duración del proyecto, ya sea con volúmenes de tráfico inferiores a los proyectados o enfrentando problemas de congestión debido a un mayor flujo vehicular de lo esperado. Los estudios sobre volúmenes de tráfico se llevan a cabo para recopilar información sobre el movimiento de vehículos y/o personas en puntos o secciones específicas del sistema vial.

Los volúmenes de tráfico representan la cantidad de vehículos y personas que circulan por un punto específico de la red vial. Esta demanda de transporte posee dos dimensiones esenciales: una espacial (los desplazamientos entre distintos orígenes y destinos) y otra

temporal (la duración de los viajes y su variación en horas pico, días de la semana o épocas del año).

Comprender estos volúmenes es fundamental para la planificación y el diseño de infraestructuras (carreteras, calles, intersecciones), ya que permite proyectar su capacidad para operar de manera eficiente a lo largo de su vida útil. Los estudios de volumen, por tanto, son herramientas clave para recopilar datos precisos que eviten tanto el sobre dimensionamiento (que lleva a la congestión) como la sobreinversión en proyectos viales.

El texto explica que los volúmenes de tráfico representan la cantidad de vehículos o personas que se desplazan por un punto determinado de la red vial y constituyen un elemento clave para la planificación y diseño de infraestructuras de transporte. Estos volúmenes poseen una dimensión espacial, relacionada con los desplazamientos entre orígenes y destinos, y una dimensión temporal, vinculada al tiempo y a las variaciones del flujo vehicular (horas pico, días o temporadas).

Según el Highway Capacity Manual (2010) y diversos autores, los sistemas de transporte se ven afectados por estos volúmenes, los cuales reflejan las necesidades de movilidad y los patrones de viaje de la población.

Por ello, los estudios de volumen de tráfico permiten recopilar información esencial para proyectar la capacidad de las vías y garantizar su funcionamiento eficiente durante la vida útil del proyecto, evitando tanto la congestión por subdimensionamiento como la sobreinversión por exceso de capacidad.

Diferencias entre volumen, tasa de flujo, demanda y capacidad

La ingeniería de tránsito es fundamental el conteo o aforo vehicular como medición antes de un estudio, ya sea en vehículos, ciclistas, pasajeros y peatones, los conteos se realizan para obtener estimaciones de Volumen (Q), Tasa de flujo (q), Demanda (D) y Capacidad (c),

estos cuatro parámetros están interconectados, se expresan en las mismas unidades, pero no tienen el mismo significado, ya que cada uno tiene su propia definición. (Cigüeñas, 2018)

Según (Chuquihuaccha Mauricio & Galván Aldoradin, 2016), menciona que el volumen es el número de vehículos (o personas) que pasan por un punto durante un tiempo específico como puede ser un tramo de intersección, rotonda, pase peatonal, etc.

Por tanto, se define volumen vehicular como el número total de vehículos que pasan por un punto o sección transversal determinada, de un carril o de una calzada según el estudio, durante un período de tiempo determinado, esta fórmula nos da una unidad de media de veh/s, veh/min, etc. Y se expresa como:

$$Q = \frac{N}{t}$$

Donde:

Q = vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/período)

N = número total de vehículos que pasan (vehículos)

t = período determinado (unidades de tiempo) (Cal & Cárdenas, 2018)

3.2.4. Flujo Vehicular.

La investigación del tráfico vehicular analiza el comportamiento de los vehículos en diversas clases de carreteras para medir su eficacia. Este estudio genera modelos tanto microscópicos como macroscópicos que vinculan variables como el volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento. Cal & Cárdenas, (2018) menciona que estos modelos resultan fundamentales para comprender la capacidad y el grado de servicio de los componentes viales.

El flujo vehicular es un concepto fundamental en la ingeniería de tránsito que se define como el estudio integral del movimiento y distribución de vehículos en una vía, analizando las

interrelaciones dinámicas entre sus variables constitutivas. Esta disciplina desarrolla modelos microscópicos (a nivel individual) y macroscópicos (a nivel colectivo) que relacionan parámetros esenciales como volumen, velocidad, densidad, intervalos y espaciamientos entre vehículos.

La importancia de este concepto radica en su aplicación para determinar la capacidad vial y los niveles de servicio de las infraestructuras de transporte. Las variables principales que lo caracterizan incluyen: la tasa de flujo (intensidad vehicular temporal), el volumen total de tránsito, las distancias simples entre vehículos sucesivos y los espaciamientos medios dentro de la corriente vehicular.

En esencia, el análisis del flujo vehicular permite comprender el comportamiento dinámico del tránsito, estableciendo relaciones probabilísticas y causales entre sus componentes, con el objetivo final de optimizar la eficiencia operativa, planificar adecuadamente la infraestructura vial y mejorar la movilidad en general.

La meta es exponer técnicas e investigaciones que vinculan las variables del tráfico, la descripción probabilística o causal del movimiento de vehículos, y la disposición de vehículos en una vía. Las variables fundamentales del flujo de vehículos comprenden la tasa de flujo, el volumen, la distancia simple entre vehículos sucesivos y la distancia media entre diversos vehículos. En resumen, el flujo vehicular se refiere al movimiento y distribución de los vehículos en una vía, analizando cómo interactúan estas variables para determinar la eficiencia y capacidad del tráfico. (Highway Capacity Manual, 2010)

La tasa de flujo (q) es la frecuencia de paso de los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada es la relación de la tasa de flujo, definida por la siguiente fórmula.

$$q = \frac{N}{T}$$

Donde:

N = Numero de vehículos

T = Intervalo de tiempo específico, inferior a una hora.

El Intervalo simple (h), es el intervalo de tiempo entre el paso de dos vehículos consecutivos, generalmente expresados en segundo y medido entre puntos de homólogos del par de vehículos (Cal & Cárdenas, 2018).

El intervalo promedio ($\bar{h}$), es el promedio de todos los intervalos simples, h_i , existente entre los diversos vehículos que circulan por una vía, ésta se expresa en segundos por vehículo (s/veh) y se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} h_i}{N-1}$$

Donde:

$\bar{h}$ = Intervalo promedio

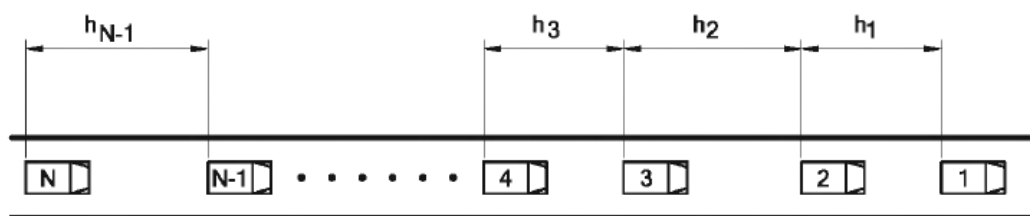
N = número de vehículos

$N - 1$ = Numero de intervalos

h_i = intervalo simple entre el vehículo i y el vehículo $i + 1$ (Highway Capacity Manual , 2010)

Figura 9

Intervalos entre vehículos



Nota. La gráfica muestra los intervalos entre vehículos dentro de un carril. Tomado de Cal & Cárdenas (2018)

Obsérvese que las unidades del intervalo promedio $\bar{h}$ (s/veh) son las unidades inversas de la tasa de flujo q (veh/s), otra forma de expresarse es cómo la siguiente relación: (Cal & Cárdenas, 2018)

$$\bar{h} = \frac{1}{q}$$

La densidad o concentración (k), es el numero de vehículos que ocupan una longitud específica de una vía en un momento dado, se expresa en vehículos por kilómetro (veh/km), esta puede referirse a un análisis en un carril o a todos los carriles de una calzada (Cal & Cárdenas, 2018).

, se calcula mediante:

$$k = \frac{N}{d}$$

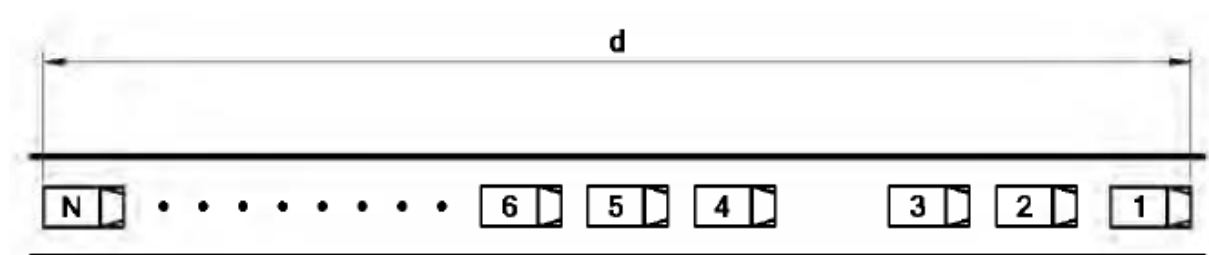
Donde:

N = Numero de Vehículos que ocupan una longitud especifica

d = Longitud específica del tramo de estudio (Cal & Cárdenas, 2018)

Figura 10

Densidad o concentración.



Nota. La gráfica la densidad vehicular dentro de una vía, la cual está representado por la suma total de todos los vehículos que utilizan este espacio durante un periodo de tiempo determinado. Tomado de Cal & Cárdenas (2018).

Espaciamiento simple (S_i) es la distancia entre el paso de los vehículos consecutivos.

El espaciamiento promedio ($\bar{s}$) es el promedio de todos los espaciamientos simples, existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vía, por tratarse de promedio se expresa en metros por vehículo (m/veh) y se calcula mediante la siguiente expresión modificada:

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} s_i}{N-1}$$

Donde:

$\bar{s}$ = espaciamiento promedio (m/veh)

N = número de vehículos

N-1 = número de espaciamientos (veh)

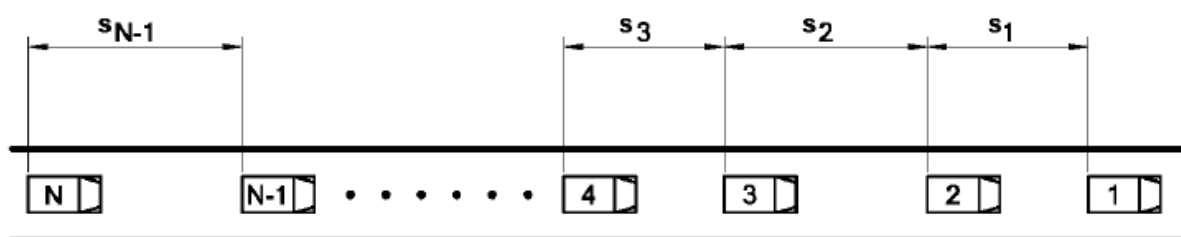
s_i = espaciamiento simple entre el vehículo i y el vehículo i+1 (Cal & Cárdenas, 2018)

Obsérvese que las unidades del espaciamiento promedio s (m/veh) son las unidades inversas de la densidad k (veh/m), por lo que también puede plantearse la siguiente relación:

$$\bar{s} = \frac{1}{k}$$

Figura 11

Espaciamiento entre vehículos

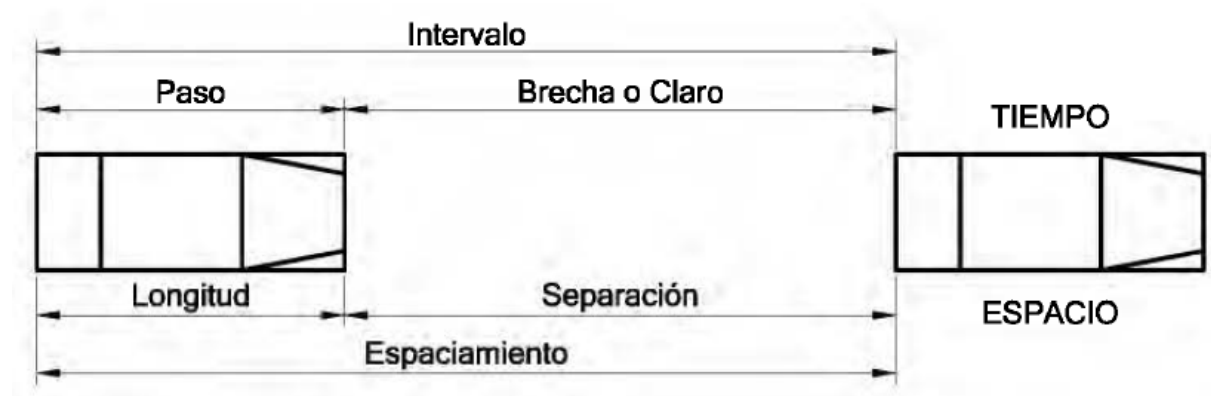


Nota. La gráfica muestra el espaciamiento vehicular dentro de una vía, la misma que utilizan este espacio durante un periodo de tiempo determinado. Tomado de Cal & Cárdenas (2018)

En el diagrama siguiente se muestra un par de vehículos consecutivos, los cuales presentan características tanto temporales como espaciales. El "paso" se define como el tiempo que tarda un vehículo en recorrer su propia longitud, mientras que la "brecha" o "claro" representa el intervalo de tiempo libre entre ambos vehículos. Esta brecha se calcula midiendo la distancia desde la parte trasera del primer vehículo hasta la parte delantera del segundo, y luego dividiéndola por la velocidad, siempre que ambos vehículos se desplacen a la misma velocidad. (Cal & Cárdenas, 2018, p. 67).

Figura 12

Relaciones de tiempo y espacio entre vehículos



Nota. La gráfica muestra los análisis de entre dos vehículos en separación, espacio, longitud, tiempo y espacio. Tomado de Cal & Cárdenas (2018)

De las consideraciones anteriores un grupo vehicular que se mueve a velocidad ($\bar{v}_e$) aproximadamente constante, su intervalo promedio ($\bar{h}$) y espaciamento promedio ($\bar{s}$) se puede relacionar así:

$$\text{Espacio} = (\text{Velocidad}) \times (\text{Tiempo})$$

$$\bar{s} = \bar{V}_e \times \bar{h}$$

Como se pueden observar para un grupo de vehículos, el intervalo y el espaciamiento promedios se relacionan a través de la velocidad media espacial.

Entonces como cualquier otro fluido continuo, el flujo del movimiento de tránsito puede definirse en términos de sus tres variables principales: la tasa de flujo (q), la velocidad (V) y la densidad (k).

Por las ecuaciones:

$$\bar{h} = \frac{1}{q} \quad \text{y} \quad \bar{s} = \frac{1}{k}$$

Remplazando estos valores en la ecuación anterior se tiene:

$$\frac{1}{k} = \bar{V}_e \times \frac{1}{q}$$

De donde:

$$q = \bar{V}_e \cdot k$$

Cal & Cárdenas (2018) La ecuación fundamental del flujo vehicular, expresada de manera general como $q = vk$, donde q representa el flujo vehicular, v la velocidad y k la densidad, es una herramienta clave para analizar y entender el comportamiento del tráfico. Sin embargo, los resultados numéricos obtenidos a partir de esta ecuación dependen en gran medida del método de medición utilizado para definir cada una de sus variables, así como de la forma en que se promedian estos valores. Esto se debe a que existen diferentes enfoques para medir las variables involucradas:

Mediciones puntuales: Se realizan en un punto específico de la vía, capturando datos en un instante determinado. Este método es útil para obtener información localizada, pero puede no reflejar las condiciones generales del flujo vehicular.

Mediciones sobre tramos o distancias específicas: Estas mediciones abarcan un segmento de la vía, permitiendo analizar cómo varían las variables a lo largo de un trayecto. Este enfoque proporciona una visión más amplia que las mediciones puntuales, pero aún puede estar limitado por la longitud del tramo seleccionado.

Mediciones en todo un sistema: Este método considera la red vial en su conjunto, integrando datos de múltiples puntos o tramos para obtener una perspectiva global del flujo vehicular. Es el enfoque más completo, pero también el más complejo de implementar.

Cada método de medición tiene sus ventajas y limitaciones, y la elección del más adecuado dependerá de los objetivos del estudio y de las características específicas de la vía o sistema analizado. Además, la forma en que se promedian los datos (por ejemplo, promedios temporales o espaciales) también influye en los resultados finales, ya que puede afectar la representatividad de las variables medidas. Por lo tanto, es fundamental seleccionar cuidadosamente las técnicas de medición y procesamiento de datos para garantizar que los resultados obtenidos sean precisos y útiles para la toma de decisiones en la planificación y gestión del tráfico.

3.2.5. *La congestión.*

Cal & Cárdenas (2018) la define como los momentos de mayor demanda, la circulación de vehículos pierde eficiencia, reduciendo la velocidad y saturando el sistema vial, lo que deriva en congestión, demoras y formación de colas. Estas demoras pueden originarse tanto por los dispositivos de control de tráfico, que interrumpen el flujo vehicular, como por la dinámica propia del tráfico en condiciones de flujo continuo. En la primera situación, componentes como semáforos, indicadores de alto y ceda el paso provocan interrupciones en un desplazamiento habitual. En el segundo escenario, se observan retrasos regulares en los puntos de congestión, que generalmente suceden en las mismas horas del día, además de retrasos no regulares

provocados por sucesos como accidentes, vehículos deteriorados o cierres temporales de vías o carriles.

3.2.6. Capacidad vial.

La capacidad en las etapas de planificación, estudio, proyectos y operación de carreteras y calles, la demanda de tránsito, ya sea presente o futura, se considera como una variable conocida y calculada. Teóricamente, la capacidad (qm) se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle. Específicamente, la capacidad de una infraestructura vial representa la tasa máxima de flujo a la cual se espera que las personas puedan pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo bajo condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, el medio ambiente, el tránsito y los dispositivos de control. (Cal & Cárdenas, 2018)

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, ya que se considera que este es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable. Posteriormente, este flujo se convierte en una tasa de flujo horaria, por lo que la capacidad de un sistema vial se expresa como la tasa máxima de flujo horario. Finalmente, mediante el análisis de capacidad, se determina la cantidad máxima de vehículos que el sistema vial puede acomodar siempre y cuando mantenga un nivel de calidad de operación, lo que da paso al concepto de nivel de servicio. (Cal & Cárdenas, 2018, pp. 122)

La capacidad vial constituye un concepto esencial dentro de la ingeniería de transporte, ya que se refiere a la tasa máxima de flujo vehicular (qm) que una vía puede soportar bajo determinadas condiciones de operación. En términos prácticos, representa el mayor volumen de vehículos que es posible atravesar por un punto o tramo uniforme de la carretera durante un periodo de tiempo específico.

Este parámetro depende de diversos factores como las características geométricas de la vía, las condiciones del tránsito, el entorno físico y la presencia de dispositivos de control, los cuales en conjunto determinan la eficiencia y el rendimiento operativo del sistema vial. Por tanto, la capacidad vial no es un valor fijo, sino que varía según las condiciones reales de circulación y el nivel de servicio que se desea mantener.

Características principales:

El análisis de capacidad utiliza intervalos de 15 minutos, por ser el período más corto donde se puede observar un flujo estable

Esta medición se convierte posteriormente en una tasa de flujo horaria, por lo que la capacidad se expresa como el máximo flujo horario posible

El concepto está intrínsecamente vinculado al nivel de servicio, que representa la calidad de operación que el sistema vial puede mantener al acomodar dicha capacidad máxima

3.2.7. Niveles de servicio.

Cal & Cárdenas (2018), de acuerdo con el HCM 2010, el nivel de servicio es una medida cuantitativa de la calidad que presenta una vía de transporte, la cual determina las condiciones de operación del flujo vehicular.

basándose en el Highway Capacity Manual (HCM 2010), el nivel de servicio es una métrica cuantitativa que evalúa la calidad de una vía de transporte, determinando las condiciones operativas del flujo vehicular. Esta herramienta clasifica el rendimiento de una infraestructura vial en seis categorías, identificadas con las letras A, B, C, D, E y F, las cuales representan un rango que va desde condiciones óptimas hasta pésimas. Estas categorías reflejan las percepciones de los usuarios en términos de comodidad, seguridad y eficiencia durante su desplazamiento.

El nivel de servicio A representa una circulación fluida, con velocidades libres y sin restricciones, mientras que el nivel F indica una congestión severa, con velocidades reducidas,

largas colas y un flujo vehicular interrumpido. Los niveles intermedios (B, C, D y E) describen condiciones progresivamente menos favorables, donde el tráfico comienza a volverse más denso y las demoras más frecuentes.

El propósito principal de esta herramienta es simplificar la toma de decisiones en la gestión de infraestructuras viales, permitiendo a los planificadores y autoridades evaluar el rendimiento actual de una vía y determinar si se requieren mejoras o ajustes. En resumen, el nivel de servicio es una herramienta esencial para entender y mejorar las condiciones del tráfico, contribuyendo a la planificación y diseño de sistemas viales más eficientes y seguros.

3.2.8. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas.

Figura 13

Nivel de servicio según HCM 2010

A	- Operaciones con muy poca demora (<5 s.) - El avance de vehículos es extremadamente favorable, sin apenas detenerse - La mayoría de los vehículos llegan a la intersección en la fase verde.	
B	- Operaciones con ligera demora (5-15 segundos) - El avance de vehículos es favorable, produciéndose detenciones esporádicas - Se presenta en intersecciones con buena progresión y ciclos semafóricos cortos.	
C	- La demora es considerable (15 a 25 s.) - La progresión de los vehículos es de mediana calidad y el ciclo es más largo. - Detención de un número significativo de vehículos.	
D	- Demoras elevadas (25-40 segundos) debido a la notable influencia de congestión. - Progresiones desfavorables y ciclos largos ocasionando que muchos vehículos se detengan y se presente falta de capacidad en ciclos individuales.	
E	- Operaciones con gran demora (40-60 s.) - Avance lento de los vehículos y largas duraciones del ciclo. - Alto grado de congestión. - Frecuente falta de capacidad en ciclos individuales.	
F	- La demora supera el minuto por vehículo - Nivel inaceptable para los conductores - Sobresaturación: La intensidad de llegada supera la capacidad de la intersección. - Progresión deficiente, ciclos prolongados.	

Nota. La imagen muestra los niveles de servicio establecidos de acuerdo al HCM 2010, en donde se muestra los 6 niveles de clasificación y las características a cumplirse. Adaptado de Bañón & Beviá García (2000)

En las intersecciones controladas por semáforos, el nivel de servicio se evalúa principalmente a partir de la demora promedio que experimentan los conductores. Esta demora representa la insatisfacción percibida por el usuario, expresada en términos de frustración, incremento en el consumo de combustible y pérdida de tiempo de viaje.

En las intersecciones reguladas por semáforos, la evaluación del nivel de servicio se basa fundamentalmente en la demora promedio por vehículo, entendida como el tiempo adicional que los conductores deben esperar debido a las interrupciones causadas por el control semafórico. Esta demora constituye un indicador directo de la calidad del servicio, ya que refleja la satisfacción o insatisfacción del usuario en términos de tiempo perdido, consumo adicional de combustible y estrés o frustración generada durante la conducción.

La magnitud de esta demora está influenciada por una combinación de factores técnicos y operativos. Entre ellos destacan los parámetros del control semafórico (como la duración del ciclo, las fases y la coordinación entre semáforos), las condiciones geométricas de la intersección (número de carriles, radios de giro, pendientes), el volumen y la composición del tráfico (proporción de vehículos pesados, transporte público o flujos peatonales), así como la ocurrencia de incidentes, maniobras imprevistas o comportamientos no deseados que alteran la regularidad del flujo vehicular.

En síntesis, el análisis del nivel de servicio permite evaluar la eficiencia del sistema semafórico y determinar si las condiciones de operación son adecuadas o si es necesario realizar ajustes en el control, rediseñar la geometría o implementar medidas complementarias que optimicen la circulación y reduzcan la demora percibida por los usuarios.

La magnitud de dicha demora está condicionada por diversos factores, entre ellos los parámetros de control del semáforo (como la duración de las fases y los ciclos), las características geométricas de la intersección, el volumen y composición del tráfico, así como la ocurrencia de incidentes o maniobras imprevistas que afectan la fluidez vehicular. (Highway Capacity Manual , 2010)

3.2.9. Criterios de análisis de capacidad y niveles de servicio.

Highway Capacity Manual (2010), señala que los factores externos que inciden en el nivel de servicio, como las condiciones físicas de la vía, pueden ser evaluados en cualquier momento adecuado, dado que tienden a mantenerse estables a lo largo del tiempo. En cambio, los factores internos, que presentan variaciones constantes —como el volumen y la composición del tránsito—, deben medirse durante el periodo de máxima demanda vehicular, con el fin de obtener resultados representativos.

Por lo general, este análisis se realiza considerando un intervalo de 15 minutos, el cual se determina mediante un cálculo específico que permite identificar el momento de mayor intensidad del flujo de tráfico.

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(Q_{15\text{ máx}})}$$

Donde:

FHMD = Factor de la hora de máxima demanda

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

$Q_{15\text{ máx}}$ = Volumen máximo durante 15 minutos (Cal & Cárdenas, 2018)

Generalmente, los estudios de capacidad vial no se enfocan exclusivamente en determinar la cantidad máxima de vehículos que una carretera o calle puede albergar en un momento dado. En su lugar, el objetivo principal es evaluar el nivel de servicio con el que opera un tramo determinado o bien identificar la tasa de flujo admisible correspondiente a un nivel de

servicio específico. Este enfoque permite comprender cómo se comporta el tránsito bajo distintas condiciones de operación y cuál es el grado de comodidad, seguridad y eficiencia que experimentan los usuarios.

En algunos casos particulares, se realiza un análisis predictivo con el propósito de estimar los volúmenes de tráfico futuros y el plazo en el que un tramo vial podría alcanzar su capacidad máxima. Este tipo de proyección es fundamental para la planificación y gestión de la infraestructura vial, ya que permite anticipar posibles escenarios de congestión y adoptar medidas preventivas como ampliaciones, mejoras geométricas o ajustes en la regulación del tránsito.

El nivel de servicio (LOS) determina directamente la cantidad de vehículos por unidad de tiempo que puede circular sin deteriorar significativamente la calidad del flujo, valor conocido como flujo de servicio. Este flujo aumenta progresivamente conforme el nivel de servicio disminuye en calidad, hasta alcanzar el nivel E, el cual representa el límite operativo de capacidad del tramo analizado.

Más allá de este punto —es decir, en condiciones correspondientes al nivel F— la vía entra en un estado de sobresaturación, caracterizado por altos tiempos de demora, colas extensas y disminución de la velocidad promedio, lo que provoca que el flujo de servicio ya no aumente, sino que decrezca. Por ello, comprender la relación entre capacidad, flujo y nivel de servicio es esencial para mantener un equilibrio adecuado entre la demanda vehicular y la eficiencia del sistema vial, garantizando una movilidad segura y sostenible a largo plazo. (Cal & Cárdenas, 2018, pp. 99)

3.2.10. Intersecciones señalizadas.

Highway Capacity Manual (2010) es una herramienta fundamental para el análisis y diseño de la infraestructura vial, especialmente en intersecciones señalizadas. Este manual no

solo se enfoca en la capacidad de la intersección (es decir, cuántos vehículos puede manejar) sino también en la calidad del servicio, que mide la experiencia del usuario.

- Las medidas de desempeño incluidas en el HCM cubren varios aspectos, tales como:
- Tiempo de demora promedio: el tiempo que los vehículos deben esperar.
- Nivel de servicio (LOS): una clasificación que va desde "A" (mejor desempeño) hasta "F" (peor desempeño).
- Número de paradas: cuántas veces los vehículos tienen que detenerse.
- Eficiencia de la señalización: cómo se manejan los tiempos de los semáforos.

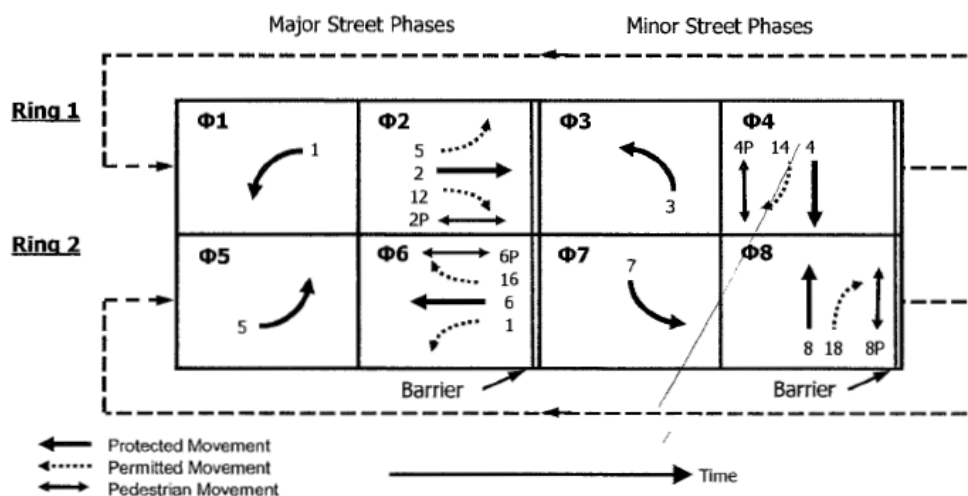
Estas métricas permiten identificar puntos problemáticos y planificar mejoras que puedan incluir cambios en la señalización, reconfiguración de la intersección, o incluso la adición de carriles. Todo esto con el objetivo de mejorar el flujo del tráfico y la seguridad para todos los usuarios de la vía, incluyendo vehículos, peatones y ciclistas. ¡Es fascinante cómo una metodología tan detallada puede tener un impacto tan grande en nuestra vida diaria!

A. Numeración de movimientos y fases

La figura ilustra los movimientos del tráfico de vehículos y peatones en una intersección de cuatro ramales. Se muestran tres movimientos de tráfico de vehículos y un movimiento de tráfico de peatones para cada enfoque de intersección, así mismo se puede verificar los conflictos a generarse en esta intersección y prevenir. (Arcibia Tapia & Condori Olivera, 2017)

Figura 14

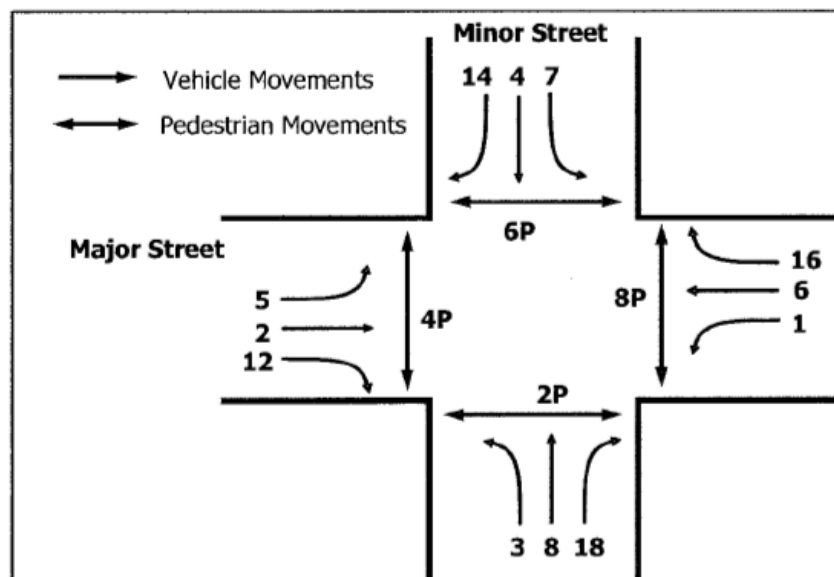
Esquema de Numeración y Movimientos de Tránsito de Intersección



Nota. La figura muestra un esquema de movimiento dentro de una intersección y las interferencias que se tienen dentro de esta. Adaptado de *Highway Capacity Manual* (2010).

Figura 15

Estructura de doble anillo con asignaciones de movimiento



Nota. La figura muestra los grupos de movimientos dentro de una intersección y la clasificación por aproximaciones principales y secundarias. Adaptado de *Highway Capacity Manual* (2010).

B. Nivel de Servicio

Highway Capacity Manual (2010) El nivel de servicio puede definirse para una intersección completa, para cada acceso a la intersección o para un grupo específico de carriles.

El retardo de control es un parámetro clave en la evaluación del nivel de servicio de una intersección o de un acceso determinado, ya que permite cuantificar la eficiencia con la que opera el sistema semafórico. Este indicador se define como el tiempo adicional promedio que los vehículos deben esperar a causa de la regulación del tránsito mediante los semáforos. Dicho retardo no solo representa una pérdida de tiempo, sino que también refleja de manera indirecta la frustración del conductor, el aumento del consumo de combustible y el mayor nivel de emisiones contaminantes, factores que influyen directamente en la percepción de calidad del servicio vial.

Para analizar con mayor precisión el desempeño de una intersección, el retardo de control se complementa con la relación volumen-capacidad (v/c), la cual expresa el grado de saturación de un grupo de carriles, es decir, qué tan cerca se encuentra el flujo vehicular de alcanzar la capacidad máxima permitida durante una fase semafórica. Cuando la relación v/c se aproxima a 1, indica que la vía opera en condiciones de alta demanda y, por tanto, el nivel de servicio tiende a deteriorarse.

El estudio conjunto de ambos parámetros —retardo de control y relación volumen-capacidad— permite caracterizar de manera más completa el comportamiento operativo de una intersección. A través de estos indicadores, es posible determinar los niveles de servicio establecidos por el Highway Capacity Manual (HCM), que clasifican la calidad del flujo vehicular desde condiciones de operación óptimas hasta situaciones de congestión severa. Comprender estas métricas resulta esencial para el diseño, planificación y optimización de los sistemas de control de tráfico, asegurando una circulación más eficiente, segura y sostenible.

La figura enumera los umbrales de los niveles de servicio establecidos para el modo automóvil en una intersección señalizada.

Figura 16*Criterios de nivel de servicio*

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

For approach based and intersection wide assessments, LOS is defined solely by control delay

Nota. La figura muestra los niveles de servicio

clasificados por los tiempos de demora y por la

capacidad determinada. Adaptado de *Highway Capacity Manual* (2010).

3.2.11. Capacidad vial con intersecciones con semáforos.

Según el Highway Capacity Manual (2010), debido a la complejidad de los cálculos implicados en el análisis del flujo vehicular, esta sección tiene como finalidad guiar al analista en el desarrollo del proceso de estimación, resaltando los procedimientos analíticos esenciales que permiten obtener resultados precisos y coherentes.

El enfoque se centra principalmente en grupos de carriles que operan bajo un control anticipado del tráfico, dejando fuera aquellos que permiten giros a la izquierda o giros protegidos-permitidos, los cuales serán abordados posteriormente con un nivel de detalle mayor. En etapas posteriores se tratarán también aspectos como la evaluación del control de accesos, el análisis de grupos de carriles compartidos y el estudio de intersecciones con maniobras de giro permitidas, considerando sus particularidades en la dinámica del tránsito.

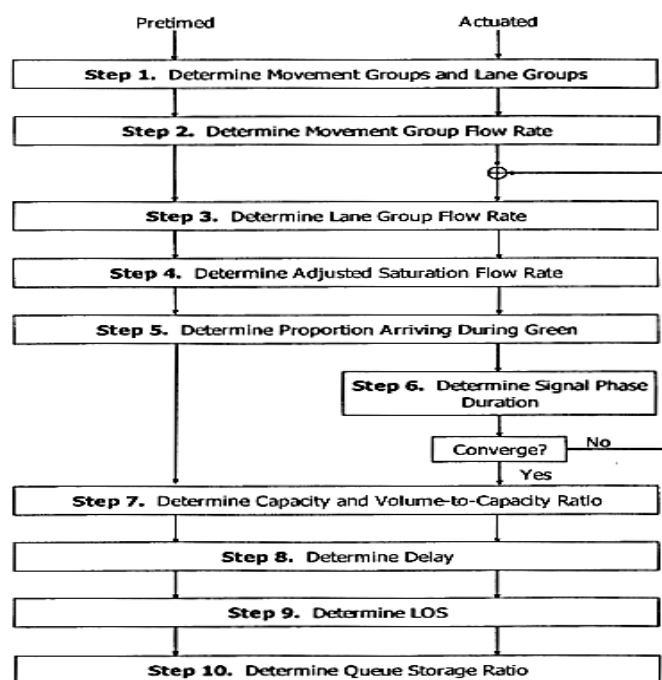
En la figura siguiente se presenta un diagrama que resume el marco metodológico de cálculo utilizado en la microsimulación vehicular, basado en la metodología del Highway Capacity Manual (HCM, 2010). Este esquema describe de manera secuencial los pasos necesarios para estimar las medidas de desempeño más relevantes, tales como la capacidad, el nivel de servicio y los retrasos promedio. Dichas medidas son reconocidas como las más adecuadas y recomendables para determinar los valores clave en la evaluación del funcionamiento de las intersecciones y la optimización del control del tráfico.

Metodología del HCM 2010 para determinar la capacidad y nivel de servicio en una intersección

La metodología HCM 2010 tiene lineamientos que se describen como en la Figura N°17, que nos da pasos para la determinación adecuada de los “Niveles de servicio”, los tiempos de demora y la capacidad de la vía.

Figura 17

Metodología del Automóvil para Intersecciones Señalizadas



Nota. La figura muestra los pasos a realizarse para la determinación de los niveles de servicio dentro de una intersección. Adaptado de *Highway Capacity Manual* (2010).

Paso 1: Determinar Grupos de Movimiento y Grupos de Carriles

Highway Capacity Manual (2010) La metodología utilizada para intersecciones señalizadas se basa en el concepto de grupos de movimiento y grupos de carriles. Estos grupos permiten describir y evaluar las operaciones de intersección. Aunque ambos conceptos son similares, sus diferencias se hacen evidentes cuando hay un carril compartido en un acercamiento con dos o más carriles. A continuación, se definen cada uno de estos conceptos. (Highway Capacity Manual , 2010).

La metodología se puede aplicar a cualquier combinación lógica de estos grupos de carriles.

Figura 18

Grupos típicos de Carriles para análisis

Number of Lanes	Movements by Lanes	Movement Groups (MG)	Lane Groups (LG)
1	Left, thru., & right:	MG 1:	LG 1:
2	Exclusive left: Thru. & right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2:
2	Left & thru.: Thru. & right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2:
3	Exclusive left: Exclusive left: Through: Through: Thru. & right:	MG 1: MG 2: MG 3:	LG 1: LG 2: LG 3:

Nota. La figura muestra los grupos de movimientos dentro de una intersección, los mismos que vienen clasificados por su prioridad. Adaptado de *Highway Capacity Manual* (2010).

Paso 2: Determinar el índice de flujo del grupo de movimiento

Highway Capacity Manual (2010) Dada la complejidad inherente a los cálculos requeridos en el análisis de tráfico, el propósito principal de esta sección es guiar al analista paso a paso a través del proceso de cálculo, resaltando los procedimientos analíticos más relevantes y críticos. Para lograr esto, la discusión se centra inicialmente en grupos de carriles que manejan un flujo de tráfico con control anticipado, excluyendo aquellos que permiten giros

a la izquierda o giros protegidos-permitidos. Este enfoque permite simplificar el análisis inicial y sentar las bases para comprender los conceptos clave antes de abordar situaciones más complejas. Posteriormente, se profundizará en temas como la evaluación del control de acceso, los grupos de carriles compartidos y las intersecciones que operan con giros a la izquierda permitidos o protegidos-permitidos, los cuales requieren consideraciones adicionales y un enfoque más detallado.

En la figura que se presenta a continuación, se muestra un esquema que ilustra el marco de cálculo de la metodología del automóvil. Este esquema detalla la secuencia de pasos necesarios para estimar las medidas de desempeño seleccionadas, las cuales están alineadas con las directrices establecidas en el Highway Capacity Manual (HCM 2010). Estas medidas son ampliamente reconocidas como las más adecuadas y recomendables para determinar los valores clave en el análisis de tráfico, ya que proporcionan una base sólida y estandarizada para evaluar la eficiencia y el rendimiento de las vías. Este marco metodológico no solo facilita la interpretación de los resultados, sino que también asegura que los análisis sean consistentes y comparables en diferentes contextos y proyectos.

Paso 3: Determinar el flujo del Grupo Carriles

Según el Highway Capacity Manual (2010), En esta etapa del análisis se procede a determinar el flujo correspondiente a los carriles que conforman cada grupo de movimiento dentro de la intersección. Este paso es esencial para comprender cómo se distribuye el volumen vehicular entre los distintos carriles y cómo influye dicha distribución en la capacidad y el nivel de servicio del acceso.

Cuando no existen carriles compartidos (es decir, cada carril está destinado a un único tipo de maniobra, como giro a la izquierda, desplazamiento directo o giro a la derecha), o bien el acceso cuenta únicamente con un carril, se establece una relación directa entre el grupo de carriles y el grupo de movimiento. En este escenario, el flujo total que atraviesa dicho grupo de

carriles coincide exactamente con el flujo del grupo de movimiento, ya que no existe superposición ni redistribución del tráfico entre distintas trayectorias.

Sin embargo, en situaciones más complejas, donde los carriles son compartidos y pueden atender más de un tipo de movimiento vehicular, es necesario realizar una asignación proporcional de los flujos según los porcentajes de giro y desplazamiento observados. Este procedimiento garantiza una representación más precisa del comportamiento real del tránsito y permite obtener resultados más confiables en el cálculo de capacidad y nivel de servicio de la intersección.

Paso 4: Determinar el índice de flujo de saturación ajustado

Highway Capacity Manual (2010), el cálculo del flujo de saturación ajustado para cada carril de cada grupo de carriles se realiza en esta etapa. Se utiliza el flujo de saturación base como variable de entrada en este cálculo.

Para determinar la tasa de flujo de saturación ajustada por carril para el grupo de carriles se utiliza la siguiente fórmula:

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

donde

s = flujo de saturación ajustado (veh/h/ln),

s_o = flujo de saturación base (pc/h/ln),

f_w = factor de ajuste por ancho de vía,

f_{HV} =factor de ajuste para vehículos pesados en flujo de tráfico,

f_g = factor de ajuste para el grado de aproximación,

f_p =factor de ajuste por existencia de un carril de estacionamiento y actividad de estacionamiento adyacente al grupo de carriles,

f_{bb} = factor de ajuste para el efecto de bloqueo de los autobuses locales que se detienen dentro del área de la intersección,

f_a =factor de ajuste por tipo de área,

f_{LU} =factor de ajuste por utilización del carril,

f_{LT} = factor de ajuste por presencia de vehículos que giran a la izquierda en un grupo de carriles,

f_{RT} = factor de ajuste por presencia de vehículos de giro a la derecha en un grupo de carriles,

f_{Lpb} =factor de ajuste de peatones para grupos de giro a la izquierda,

f_{Rpb} =factor de ajuste peatón-bicicleta para grupos de giro a la derecha. (Arteaga Panez, 2018)

Paso 5: Determine la proporción que llega durante el verde

Highway Capacity Manual (2010, La demora y el tamaño de las colas en una intersección controlada por semáforos están estrechamente relacionados con la proporción de vehículos que arriban durante las fases verde y roja del ciclo semafórico. Cuando una mayor cantidad de vehículos logra incorporarse al flujo durante la fase verde, se observa una reducción significativa tanto en el tiempo de espera como en la longitud de las colas, mejorando la eficiencia del tránsito.

Para cuantificar esta proporción en cada grupo de carriles, se utiliza una ecuación específica que permite analizar y predecir el comportamiento del tráfico según la distribución temporal de las señales. Este análisis resulta fundamental para la sincronización semafórica, ya que posibilita ajustar los tiempos de verde y rojo con el fin de optimizar el flujo vehicular, minimizar los retrasos y mejorar el nivel de servicio de la intersección.

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

Todas las variables se definen previamente. Para resolver esta ecuación, es necesario conocer el tiempo verde efectivo g y la duración del ciclo C . Estos valores son conocidos en el funcionamiento pretemporizado. Si la intersección no está preprogramada, entonces el tiempo

de fase promedio y la duración del ciclo deben calcularse siguiendo los procedimientos descritos en el siguiente paso. (Highway Capacity Manual , 2010)

Paso 6: determinar la duración de la fase de la señal

Highway Capacity Manual (2010) La duración de una fase de semáforo varía dependiendo del tipo de control utilizado en la intersección correspondiente. En caso de que la intersección cuente con un control preprogramado, la duración de la fase es un dato de entrada y este paso se salta. Si no se conoce la duración de la fase, se puede recurrir al procedimiento de duración de la fase preprogramada. (Highway Capacity Manual , 2010)

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

Donde:

D_p =duración de la fase (s),

L_1 = tiempo perdido en el arranque = 2,0 (s),

g_s =tiempo de servicio de cola (s),

g_e =tiempo de extensión verde (s),

Y = intervalo de cambio de amarillo (s), y

R_c = intervalo de despeje rojo (s).

Paso 7: Determinar la capacidad y la relación volumen-capacidad

A. Ratio Volumen Capacidad Grupo Carriles

La capacidad de un grupo de carriles destinado a un movimiento de tráfico específico, en el cual no se permiten giros a la izquierda, se determina mediante una ecuación que expresa dicha capacidad (C) en vehículos por hora (veh/h). Las variables empleadas en esta fórmula se encuentran previamente definidas y permiten estimar con precisión el flujo máximo que puede atender el grupo de carriles bajo condiciones normales de operación.

No obstante, esta ecuación no es aplicable en los casos donde los carriles son compartidos o permiten giros a la izquierda, ya que en estos escenarios intervienen factores adicionales — como los tiempos de espera, la interferencia con el tráfico opuesto o la longitud de las colas— que modifican significativamente la capacidad operativa.

De manera complementaria, la relación volumen-capacidad (v/c) de un grupo de carriles se define como el cociente entre el volumen de tránsito real que circula por el grupo y su capacidad teórica. Este indicador permite evaluar el nivel de saturación de la vía, identificando si la intersección opera dentro de límites aceptables o si se encuentra próxima a condiciones de congestión, lo cual resulta fundamental para el diseño, la planificación y la optimización del flujo vehicular. (Highway Capacity Manual , 2010)

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

Donde:

X = relación volumen-capacidad,

v = flujo de demanda (veh/h), y

c = capacidad (veh/h).

B. Relación de volumen a capacidad de intersección crítica

Otra forma de analizar las intersecciones señalizadas es a través del concepto de relación crítica de volumen a capacidad X_c . Para calcular esta relación, se emplean las siguientes ecuaciones.

$$X_c = \left(\frac{C}{C - L} \right) \sum_{i \in ci} y_{c,i}$$

$$L = \sum_{i \in ci} l_{t,i}$$

Donde:

X_c =relación de volumen a capacidad de intersección crítica,

C = duración del ciclo (s),

$y_{c,i}$ = relación de flujo crítica para la fase $i = v/(Nsi)$,

$l_{t,i}$ = fase i tiempo perdido = $l_{1,i} + l_{2,i}$ (s),

c_i = conjunto de fases críticas en la ruta crítica, y

L = tiempo perdido del ciclo (s). (Highway Capacity Manual , 2010)

Paso 8: Determinar el Retraso

El retraso estimado en esta fase corresponde al tiempo promedio de demora por control que experimentan los vehículos que llegan a la intersección durante el periodo de análisis. Este valor contempla también el retraso adicional que sufren aquellos vehículos que permanecen en la cola incluso después de finalizado dicho periodo.

El retraso de control asociado a un grupo específico de carriles se determina aplicando la fórmula correspondiente, la cual permite cuantificar de manera precisa el tiempo promedio de espera generado por las condiciones de operación y los mecanismos de control del tránsito. (Highway Capacity Manual , 2010)

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

Donde:

D = retardo de control (s/veh),

d_1 =retardo uniforme (s/veh),

d_2 =retardo incremental (s/veh), y

d_3 =retardo de cola inicial (s/veh).

Paso 9. Determinar el Nivel de Servicio

La tabla se utiliza como herramienta para determinar el nivel de servicio (LOS) correspondiente a cada grupo de carriles, a los accesos individuales y a la intersección en su conjunto. Este indicador constituye una medida fundamental para evaluar la calidad del funcionamiento del tráfico, expresando el grado de comodidad, eficiencia y aceptabilidad de los retrasos que experimentan los conductores al atravesar una intersección.

El nivel de servicio permite identificar de manera cuantitativa y cualitativa si la operación de la intersección se encuentra dentro de rangos aceptables o si, por el contrario, presenta condiciones de sobresaturación que afectan negativamente la fluidez vehicular. Cuando un grupo de carriles muestra valores de servicio deficientes, puede ser señal de que la infraestructura o la regulación del tránsito requieren ajustes en su diseño geométrico, tiempos semafóricos o estrategias de control. (Highway Capacity Manual , 2010).

Por ello, el análisis del nivel de servicio no solo proporciona un diagnóstico del desempeño actual de la intersección, sino que también constituye una herramienta esencial para la planificación y optimización de la capacidad vial, orientando la toma de decisiones técnicas que permitan mejorar la seguridad, reducir los tiempos de espera y optimizar el flujo vehicular en condiciones reales de operación. (Highway Capacity Manual , 2010).

Tabla 3

Niveles de servicio

Nivel de Servicio	Demora de Control (segundos/vehículo)
A	< 10
B	> 10–20
C	> 20–35
D	> 35–55
E	> 55–80
F	> 80

Nota. La tabla muestra los tiempos de demora que se establece para la determinación de los niveles de servicio de una intersección. Adaptado de *Highway Capacity Manual* (2010).

3.2.12. El conductor.

Bañón & Beviá García (2000) Un conductor, según una definición técnica, es aquel que maneja un vehículo. Por otro lado, una definición más gráfica lo describe como el cerebro del vehículo, ya que es responsable de elegir la ruta, la velocidad, entre otros aspectos, dependiendo de su destino.

Tabla 4

Factores del conductor.

Factores internos			Factores externos
Psicológicos Físicos Psicosomáticos			○ Tiempo meteorológico
			○ Uso del suelo
			○ Trafico
			○ Características de la vía
			○ Estado del firme

Nota. La tabla muestra los factores internos y externos que influyen en el comportamiento de un conductor. tomado de Bañón y Beviá García (2000).

3.2.13. El vehículo.

Bañón & Beviá García (2000) El vehículo se considera el vínculo entre el conductor y la vía, por lo que es esencial estudiar sus características y comportamiento. Hoy en día, hay una gran variedad de vehículos según las necesidades, lo que significa que sus características varían en forma, tamaño y peso.

En resumen, se puede decir: El *Highway Capacity Manual* (HCM) de 2010 enfatiza la importancia de la relación entre el conductor, el vehículo y el peatón para evaluar y mejorar la capacidad y calidad del servicio en la infraestructura vial. Este manual examina cómo interactúan estos elementos en el tráfico y cómo afectan la operación y seguridad de la red vial.

- **Conductor:** Las habilidades y comportamientos del conductor influyen en el flujo de tráfico y en su capacidad de respuesta ante situaciones en la vía. El HCM estudia

factores como el tiempo de reacción, la toma de decisiones y la adaptabilidad a las condiciones del tráfico y la señalización.

- **Vehículo:** Las características físicas del vehículo, incluyendo dimensiones, peso y capacidad de aceleración y frenado, son fundamentales para definir la geometría de la carretera y la señalización adecuada. El HCM contempla medidas de desempeño que consideran el tipo de vehículo para optimizar el flujo vehicular y la seguridad.
- **Peatón:** Los peatones también son una parte crucial del análisis del HCM. Se evalúan aspectos como la visibilidad, los tiempos de cruce y la interacción con vehículos en intersecciones y cruces peatonales. El objetivo es garantizar la seguridad y comodidad de los peatones, integrándolos eficazmente en la infraestructura vial.

En síntesis, el HCM 2010 destaca la necesidad de comprender y gestionar las interacciones entre conductores, vehículos y peatones para mejorar la eficiencia y seguridad del sistema de transporte.

3.2.14. Tipos de vehículos.

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018 establece que, para definir la geometría de una vía, deben considerarse las dimensiones, pesos y demás características de los vehículos, conforme a lo dispuesto en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Dichos parámetros permiten clasificar los vehículos en grupos según su peso, tamaño y condiciones de operación, lo que a su vez determina el vehículo tipo de diseño empleado en la planificación y el dimensionamiento de la infraestructura vial.

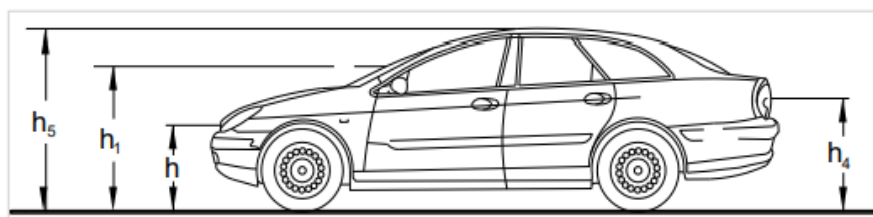
Tanto el Reglamento Nacional de Vehículos como el Manual DG 2018 dividen los vehículos en dos categorías principales: ligeros y pesados, cada una con requerimientos específicos en términos de maniobrabilidad, carga y desempeño.

Además, las alturas y proporciones de los elementos del vehículo se ajustan en función de la distancia de visibilidad de parada y de adelantamiento que demanda la vía. Estos ajustes

garantizan que las condiciones geométricas proporcionen una adecuada visibilidad y seguridad, asegurando un desplazamiento eficiente y minimizando riesgos tanto para los conductores como para los demás usuarios de la vía. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Figura 19

Alturas de elementos de vehículos ligeros para diseño geométrico.

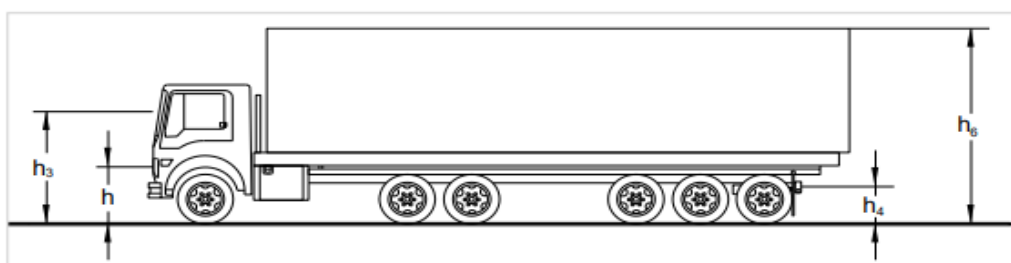


Nota. La imagen muestra las alturas de un vehículo, los datos requeridos para determinar un vehículo. Tomado de Bañón & Beviá García (2000).

Los vehículos de gran tamaño consideran tanto la altura como la sección para definir la estructura de los carriles y su capacidad de carga. Además, se evalúan los radios y anchos adicionales en curvas horizontales y las alturas mínimas permitidas. Las dimensiones máximas de los vehículos pesados dependen de la distancia de visibilidad necesaria para detenerse y adelantar en la carretera. Este enfoque asegura que el diseño de la vía pueda acomodar de manera segura y eficiente a estos vehículos, teniendo en cuenta sus características específicas y las condiciones del tráfico.

Figura 20

Alturas de elementos de vehículos pesados para diseño geométrico.



Nota. La imagen muestra las medidas a tomar de un camino, tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG 2018 mediante la tabla 1 muestra los datos básicos de los vehículos de diseño:

Tabla 5

Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento.

Tipo de vehículo	Alto total (m)	Ancho total (m)	Vuelo lateral (m)	Ancho ejes (m)	Largo total (m)	Vuelo delantero (m)	Separación entre ejes (m)	Vuelo trasero (m)	Radio mínimo rueda exterior (m)
Vehículo ligero (VL)	1.3	2.1	0.15	1.8	5.8	0.9	3.4	1.5	7.3
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.1	2.6	0	2.6	13.2	2.3	8.25	2.65	12.8
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.1	2.6	0	2.6	14	2.4	7.55	4.05	13.7
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.1	2.6	0	2.6	15	3.2	7.75	4.05	13.7
Ómnibus articulado (BA-1)	4.1	2.6	0	2.6	18.3	2.6	6.70 / 1.90 / 4.00	3.1	12.8
Semirremolque simple (T2S1)	4.1	2.6	0	2.6	20.5	1.2	6.00 / 12.50	0.8	13.7
Remolque simple (C2R1)	4.1	2.6	0	2.6	23	1.2	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.8	12.8
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.1	2.6	0	2.6	23	1.2	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.4	13.7
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.1	2.6	0	2.6	23	1.2	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.4	13.7
Semirremolque simple (T3S3)	4.1	2.6	0	2.6	20.5	1.2	5.40 / 11.90	2	13.7

Nota. La tabla muestra las medidas de vehículos de clase M que se utilizan para el dimensionamiento, tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

3.2.15. El peatón y su interacción con la vía.

En las zonas urbanas, las calles suelen ser compartidas por peatones y vehículos, reflejando una alta interacción entre ambos tipos de usuarios. No obstante, fuera de estas áreas, el tránsito peatonal se reduce de manera significativa, aunque la circulación de personas está permitida en la mayoría de las vías, con excepción de las autopistas. Diversos estudios estadísticos han evidenciado que la distancia máxima que un peatón está dispuesto a recorrer de manera voluntaria es de aproximadamente 300 metros, un factor clave en la planificación y diseño de la infraestructura vial. Este dato resulta relevante, ya que los peatones tienden a elegir

las rutas más cortas y directas, siempre que estas no representen riesgos para su seguridad o integridad física. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

El vehículo se considera el vínculo entre el conductor y la vía, por lo que es esencial estudiar sus características y comportamiento. Hoy en día, hay una gran variedad de vehículos según las necesidades, lo que significa que sus características varían en forma, tamaño y peso.

3.2.16. Clasificación de la red vial.

Del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG (2018) aprobado por el MTC se clasifican:

A. Según su función.

a) Red vial primaria o red vial nacional.

La estructura vial de mayor jerarquía en el país –constituida por los corredores longitudinales y transversales fundamentales del sistema nacional– articula e incorpora en su diseño las redes de carreteras regionales o departamentales, así como los tramos carreteros de ámbito vecinal y rural. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

b) Red vial secundaria o red vial departamental.

Las carreteras de ámbito regional conforman la red vial administrada por cada gobierno regional. Su función principal es servir como enlace entre la red vial nacional y los sistemas de caminos locales o rurales, integrando para ello tanto accesos desde las vías nacionales como la conexión con las rutas de alcance local. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

c) Red vial terciaria o red vial vecinal o rural.

La red vial local está constituida por un sistema de vías cuyo propósito fundamental es interconectar las capitales distritales, los centros poblados y las áreas de influencia local con las redes viales de mayor jerarquía, tanto nacional como departamental. Esta infraestructura cumple la función esencial de integrar los principales núcleos poblacionales y las sedes distritales con los sistemas de carreteras regionales y nacionales, y se compone estructuralmente

de carreteras vecinales principales y caminos rurales de acceso. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

De acuerdo con los criterios técnicos establecidos, se clasifican como carreteras de alta capacidad aquellas que registran un Índice Medio Diario Anual (IMDA) comprendido entre 4001 y 6000 vehículos por día. Estas vías se caracterizan por presentar una configuración física dividida mediante un separador central, cuyas dimensiones pueden variar desde 1.00 hasta 6.00 metros de ancho.

Cabe destacar que, cuando el separador central alcance el mínimo de 1.00 metro de anchura, será requisito obligatorio la implementación de un sistema de contención vehicular. Asimismo, estas vías de comunicación se distinguen por la ausencia total de cruces o pasos a nivel, complementándose con la instalación de puentes peatonales en los tramos urbanos. Una característica fundamental de estas carreteras es que su superficie de rodadura debe ser necesariamente pavimentada, garantizando así condiciones óptimas de seguridad y transitabilidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Se trata de vías cuyo Índice Medio Diario Anual (IMDA) oscila entre 2,001 y 4,000 vehículos por día. Estas carreteras disponen de una calzada conformada por dos carriles, cada uno con un ancho mínimo de 3.60 metros, lo que permite una circulación fluida y segura de los vehículos, pueden presentar intersecciones o cruces vehiculares a nivel, lo que requiere una adecuada señalización y control del tránsito. En zonas urbanas, se recomienda la implementación de puentes peatonales o, en su defecto, dispositivos de seguridad vial como semáforos, barandas, señalización horizontal y vertical, con el fin de reducir riesgos y mantener velocidades de operación seguras para todos los usuarios.

Asimismo, la superficie de rodadura debe encontrarse pavimentada y en buen estado, garantizando comodidad, estabilidad y eficiencia en la circulación. Estas características hacen de este tipo de vías un componente esencial dentro de la red vial, al facilitar la conectividad

regional y contribuir a la seguridad y fluidez del transporte. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Estas vías corresponden a aquellas que registran un Índice Medio Diario Anual (IMDA) comprendido entre 400 y 2,000 vehículos por día, lo que las ubica dentro del rango de carreteras de tráfico medio o moderado. Están conformadas por una calzada de dos carriles, cada uno con un ancho mínimo de 3.30 metros, lo que permite una circulación vehicular segura, aunque con menor capacidad que las vías de mayor jerarquía.

Dado que en este tipo de carreteras es común la presencia de intersecciones o pasos vehiculares a nivel, se recomienda implementar una señalización adecuada y dispositivos de control de tráfico que reduzcan el riesgo de accidentes. En las zonas urbanas, resulta conveniente la instalación de puentes peatonales o, en su defecto, elementos de seguridad vial complementarios como reductores de velocidad, semáforos, barandas y señalización horizontal y vertical, todo ello con el objetivo de proteger a los peatones y mejorar la seguridad operativa.

Además, la superficie de rodadura debe encontrarse pavimentada y en condiciones óptimas, de modo que se garantice la comodidad de conducción, la durabilidad estructural y la eficiencia del tránsito. Estas características contribuyen al desarrollo socioeconómico de las zonas que conectan, al facilitar el acceso a centros poblados, mercados y servicios, promoviendo una movilidad más segura y sostenible.

En resumen, este tipo de vías representa un componente fundamental dentro de la red vial secundaria o complementaria, ya que sirve de enlace entre carreteras principales y localidades intermedias, asegurando tanto la continuidad del transporte vehicular como la seguridad de todos los usuarios de la vía. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Tabla 6

Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

Clasificación	Orografía	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Autopista de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

Nota. El cuadro muestra las velocidades de diseño que se utilizan para el diseño de carreteras y la demanda vehicular, tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

3.2.17. VISSIM.

El software VISSIM evalúa el desempeño de intersecciones con semáforos, analizando tres métricas clave: la capacidad, los retrasos y la relación volumen-capacidad. La capacidad de un grupo de carriles se determina con una fórmula concreta, válida únicamente para carriles sin giro a la izquierda; los casos que sí lo permiten o son compartidos necesitan un análisis más detallado. El retraso, que cuantifica el tiempo extra de espera causado por el semáforo, se mide por grupo de carriles e incluye tanto a los vehículos que llegan en verde como a los que arrastran cola de fases anteriores. Finalmente, la relación volumen-capacidad indica qué tan cerca está

operando el flujo vehicular de su límite máximo. En conjunto, estos indicadores son esenciales para diagnosticar y optimizar el funcionamiento de una intersección.

El análisis de tráfico de VISSIM para intersecciones con semáforos se basa en los siguientes conceptos esenciales:

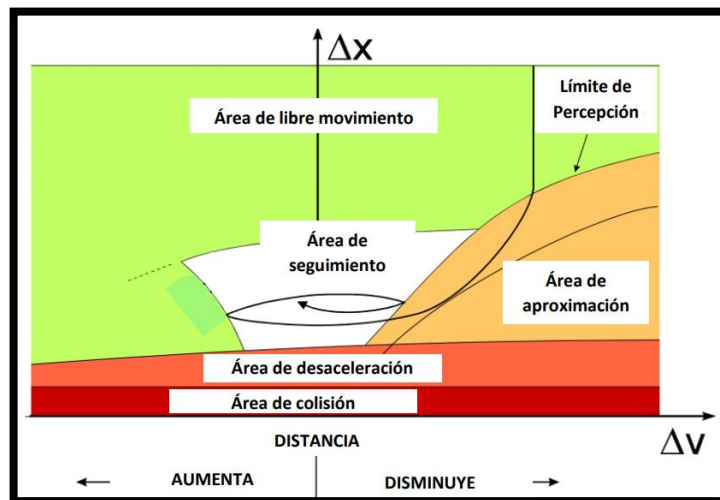
Capacidad: Se calcula para un grupo de carriles usando una ecuación específica, aplicable solo cuando no se permiten giros a la izquierda. Los carriles compartidos o con giros requieren métodos adicionales.

Retraso de Control: Representa el tiempo extra que los vehículos esperan debido al ciclo del semáforo. Su cálculo tiene en cuenta tanto las llegadas nuevas como los vehículos que ya estaban en cola.

Relación Volumen-Capacidad: Este indicador mide el nivel de eficiencia con el que el flujo vehicular está utilizando la capacidad máxima disponible del grupo de carriles.

La correcta evaluación de estos parámetros es crucial para mejorar el rendimiento de las intersecciones.

Todas las opciones mantienen la información técnica original pero la presentan con un vocabulario y una estructura diferentes. Puedes elegir la que mejor se adapte a tu audiencia y propósito.

Figura 21*Fases del modelo de Wiedemann*

Nota. La imagen las fases de Wiedemann que describen el comportamiento de un vehículo, conductor y peatón dentro de un espacio de transporte. Adaptado de P. T. V América (2008).

¿Qué es un modelo en VISSIM?

Un modelo en VISSIM es una representación virtual de un sistema de transporte, ya sea una intersección, una calle, una autopista o una red de transporte completa. Este modelo se crea utilizando el software VISSIM, que permite simular el comportamiento del tráfico y analizar diferentes escenarios.

Componentes de un modelo VISSIM:

Un modelo VISSIM típico incluye los siguientes elementos:

- **Red vial:** Representación de las calles, carriles, intersecciones y otros elementos de la infraestructura vial.
- Definición de los tipos de vehículos que circulan por la red (automóviles, camiones, autobuses, etc.), sus características (tamaño, velocidad, aceleración) y su comportamiento (seguimiento de carril, cambio de carril, etc.) .
- **Peatones:** Simulación del movimiento de peatones en aceras, cruces peatonales y otros espacios.

- **Semáforos:** Configuración de los tiempos de los semáforos y sus ciclos.
- **Rutas:** Definición de las rutas que siguen los vehículos y peatones en la red.
- **Demandas de tráfico:** Especificación del número de vehículos y peatones que se desplazan por la red en diferentes momentos del día.

Tipos de modelos VISSIM:

VISSIM ofrece diferentes niveles de detalle para la modelización:

- **Microsimulación:** El nivel más detallado, donde se simula el comportamiento individual de cada vehículo y peatón.
- **Mesosimulación:** Un nivel intermedio, donde se agrupan vehículos y peatones en grupos más grandes.
- **Macrosimulación:** El nivel más agregado, donde se modela el flujo de tráfico en términos de volúmenes y velocidades promedio.

Usos de los modelos VISSIM:

Los modelos VISSIM se utilizan para una variedad de propósitos, incluyendo:

- **Análisis de tráfico:** Evaluar el rendimiento de intersecciones, calles y redes viales.
- **Planificación de transporte:** Diseñar nuevas infraestructuras viales y evaluar el impacto de proyectos de transporte.
- **Ingeniería de tráfico:** Optimizar la configuración de semáforos y otros dispositivos de control de tráfico.
- **Seguridad vial:** Identificar puntos conflictivos y evaluar medidas para mejorar la seguridad vial.
- **Evaluación de impacto ambiental:** Estimar las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes generados por el tráfico.

Ventajas de usar modelos VISSIM:

- **Flexibilidad:** Permite modelar una amplia variedad de escenarios y condiciones de tráfico.
- **Visualización:** Ofrece una representación visual del comportamiento del tráfico, lo que facilita la comprensión de los resultados.
- **Análisis detallado:** Permite obtener datos detallados sobre el flujo de tráfico, los tiempos de viaje, las demoras y otros indicadores de rendimiento.
- **Toma de decisiones:** Ayuda a los ingenieros y planificadores a tomar decisiones informadas sobre proyectos de transporte.

En resumen, un modelo VISSIM es una herramienta poderosa que permite simular y analizar el comportamiento del tráfico en diferentes escenarios. Estos modelos son útiles para una variedad de propósitos, desde la planificación de transporte hasta la evaluación de impacto ambiental.

3.2.18. Micro simulación en VISSIM.

A. Nivel de aleatoriedad.

Para llevar a cabo una microsimulación de una intersección, es posible emplear dos tipos de modelos: determinísticos y estocásticos. Los modelos determinísticos no toman en cuenta las posibles variaciones en las características o comportamientos de los conductores y vehículos, asumiendo que todos actúan de manera uniforme. Por otro lado, los modelos estocásticos sí incorporan estas variaciones, utilizando probabilidades para representar la diversidad en las acciones y respuestas de los usuarios de la vía, lo que permite un análisis más realista y dinámico del tráfico. (P. T. V América, 2008)

B. Número semillas.

De acuerdo con el modelo microscópico de simulación de tráfico, el número de semilla (o random seed) constituye el valor inicial utilizado para generar secuencias de valores

pseudoaleatorios que representan las decisiones tomadas por los conductores al enfrentarse a distintas situaciones dentro de una intersección.

Este parámetro determina el comportamiento de los vehículos y conductores simulados en diversos escenarios, reflejando sus reacciones ante condiciones específicas de tránsito. La elección de un número de semilla adecuado es fundamental para inicializar el modelo de forma reproducible, permitiendo controlar la variabilidad en las simulaciones. Cabe destacar que, si bien una mayor aleatoriedad —asociada a un rango más amplio de valores de semilla— puede enriquecer la diversidad de situaciones capturadas, la verdadera calidad de los datos depende de la capacidad del modelo para representar de manera realista las interacciones vehiculares y la toma de decisiones humanas. (P. T. V América, 2008)

C. Calibración de modelo.

La calibración es un proceso repetitivo que tiene como finalidad ajustar el modelo para que represente fielmente las condiciones reales, similitud a la realidad. Esto implica definir los parámetros de simulación y el comportamiento de los conductores, tomando en cuenta factores que se dan dentro de una intersección y se pueden medir en campo como la longitud de las colas, la velocidad y el tiempo de viaje. Una vez ajustados estos parámetros, se compara la eficiencia obtenida mediante el software VISSIM con los datos reales recopilados en campo, asegurando que el modelo sea preciso y confiable. (P. T. V América, 2008)

Estudios realizados por (Alcalá, 2016) menciona que los resultados podrían reflejar una variación de hasta el 69% en condiciones futuras, en caso de que exista una diferencia del 13% en las velocidades de calibración en las vías rápidas, dicha consideración debe de ser tomada en cuenta y de ser el caso se realiza de nuevo la calibración hasta tener datos similares.

En conclusión, la micro simulación en VISSIM permite analizar de manera detallada el comportamiento del tráfico en intersecciones, considerando la interacción entre vehículos y peatones a partir de modelos matemáticos y probabilísticos.

A. Nivel de aleatoriedad, existen dos tipos de modelos para la simulación:

- **Determinísticos**, que asumen comportamientos uniformes entre conductores y vehículos.
- **Estocásticos**, que incorporan variaciones mediante probabilidades, reflejando de forma más realista la diversidad en las decisiones y respuestas de los usuarios.

B. Número de semillas (random seed), el número de semilla es el valor inicial usado para generar secuencias aleatorias que determinan las decisiones de los conductores en diferentes escenarios. Este parámetro controla la variabilidad de las simulaciones y garantiza que los resultados sean reproducibles. Aunque una mayor aleatoriedad puede ampliar la diversidad de comportamientos simulados, la precisión del modelo depende de su capacidad para representar fielmente las interacciones vehiculares y la toma de decisiones humanas.

C. Calibración del modelo, la calibración consiste en ajustar los parámetros del modelo hasta que reproduzca con exactitud las condiciones reales observadas en campo, considerando variables como la longitud de colas, la velocidad y el tiempo de viaje. Este proceso es iterativo y busca lograr una correspondencia entre los resultados del software VISSIM y los datos reales. Según Alcalá (2016), una diferencia del 13% en las velocidades de calibración en vías rápidas podría generar variaciones de hasta el 69% en condiciones futuras, por lo que, de ser necesario, la calibración debe repetirse hasta obtener resultados consistentes con la realidad.

Tabla 7

Parámetros de calibración basados en car following, modelo de autos de Wiedemann de 1999:

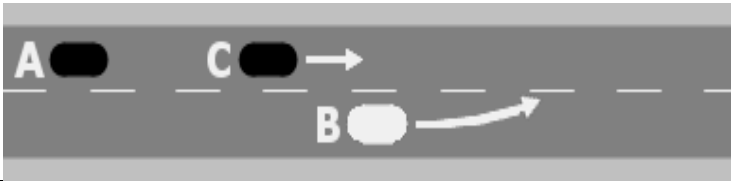
Parámetro	Und.	Descripción
CC0	m	Standstill distance: Distancia de reposo.
CC1	S	Distribución del tiempo de la función de velocidad. CC1.
CC2	m	Restringe la diferencia de distancia (oscilación longitudinal).
CC3	s	Controla el inicio del proceso de desaceleración,.
CC4	m/s	Define la diferencia de velocidad negativa durante el siguiente proceso.

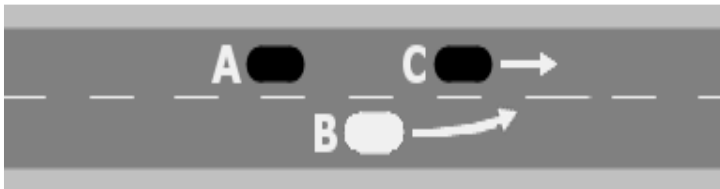
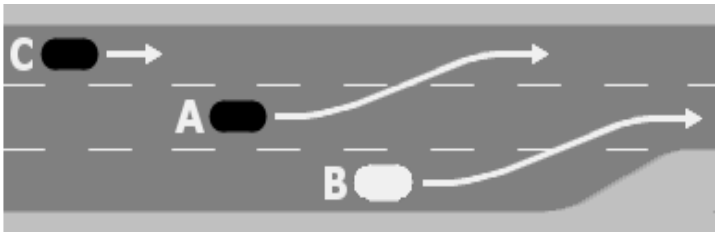
CC5	m/s	Define la diferencia de velocidad positiva.
CC6	1/(m.s ²)	Influencia de la distancia en la oscilación de la velocidad.
CC7	m/s ²	Oscilación durante la aceleración.
CC8	m/s ²	Aceleración deseada al comenzar desde la parada (limitada por la aceleración máxima definida dentro de las curvas de aceleración).
CC9	m/s ²	Aceleración deseada a 80 km/h (limitada por la aceleración máxima definida dentro de las curvas de aceleración).

Nota. Adaptación de VISSIM: Parámetros de calibración basado en el car following de Wiedemann de 1999.

Tabla 8

Parámetros del manual de VISSIM

Elemento	Descripción
Diffusion time	El tiempo máximo permitido para que un vehículo permanezca detenido dentro de la zona de parada de emergencia mientras realiza el cambio necesario de carril.
Min. ead-way (front/rear):	La distancia mínima que debe existir entre dos vehículos después de efectuarse un cambio de carril, de modo que dicha maniobra pueda realizarse de manera segura, es de 0,5 metros como valor predeterminado.
To slower lane if collision time is above	solo para la regla de carril lento o de carril rápido.
Safety distance reduction factor:	Se toma en cuenta para cada cambio de carril. Se refiere a los siguientes parámetros: - La distancia de seguridad del vehículo remolcado en el nuevo carril para determinar si se realizará un cambio de carril. - La distancia de seguridad del propio cambiador de carril. - La distancia al cambiador de carril anterior, más lento.
Maximum deceleration for cooperative braking	Indica el grado en que el vehículo que circula detrás (vehículo A) reduce su velocidad de forma cooperativa para permitir que el vehículo que va adelante (vehículo B) realice un cambio de carril hacia su propio carril. En el modelo de seguimiento vehicular, el valor predeterminado de desaceleración cooperativa es de -3 m/s ² .
	
Overtake reduced speed areas	Esta opción no esta seleccionada por defecto en el VISSIM:
Advanced merging	Si esta opción no está activada (primera opción), el vehículo A únicamente reducirá su velocidad al alcanzar la distancia correspondiente a la zona de parada de emergencia.
	

Elemento	Descripción
	Si la opción no está habilitada, el vehículo A deja de cooperar con el vehículo C que le precede. En esta situación, C podría encontrarse demasiado cerca del vehículo B, lo que lo lleva a adelantarse; como consecuencia, A termina también demasiado próximo a B, imposibilitando una desaceleración cooperativa adecuada.
	
Consider subsequent static rout-ing decisions	Si se selecciona esta opción, los vehículos que salen de la ruta identifican nuevas decisiones de ruta en el mismo enlace con antelación y las tienen en cuenta al elegir el carril.
Cooperative lane change	Cuando el vehículo A detecta que un vehículo delantero B, ubicado en el carril contiguo, desea incorporarse a su carril, el vehículo A intentará desplazarse hacia el siguiente carril disponible para facilitar la maniobra de cambio de carril del vehículo B.
	
Cross-cor-rection of the back end	Si se produce un cambio de carril a una velocidad inferior a la especificada en el cuadro de Velocidad máxima, la parte trasera del vehículo se mueve lateralmente.

Nota. La imagen las fases de Wiedemann que describen el comportamiento de un vehículo, conductor y peatón dentro de un espacio de transporte. Adaptado de P. T. V América (2008).

3.2.19. Validación de datos.

Se evalúa si el modelo desarrollado satisface los criterios requeridos para considerarse válido en la interpretación de los resultados. Esta etapa de validación se realiza mediante la incorporación de nuevos datos de campo obtenidos en la zona de estudio. Se espera que los valores generados por el software VISSIM presenten una alta concordancia con los datos reales recolectados, tomando como referencia los parámetros previamente ajustados durante el proceso de calibración. (Benekohal, 1991)

Como parte de una evaluación más completa, se ha buscado identificar soluciones óptimas de tratamiento preferencial para autobuses, tales como saltos de cola, extensiones de carril y carriles exclusivos, empleando el software VISSIM. Este programa ha demostrado en

diversas investigaciones su eficacia para modelar intersecciones complejas con geometrías no convencionales, al incorporar variables que permiten una interacción realista entre el tráfico vehicular y peatonal. Asimismo, posibilita la definición de zonas de conflicto según los requerimientos del usuario, generando un modelo en el que el comportamiento de los vehículos y peatones se asemeja de manera más precisa a la realidad, lo que a su vez facilita un análisis más exacto de la problemática y la formulación de soluciones más efectivas.

3.3. Definición de términos.

Sistema vial. - Un sistema vial constituye una red estructurada de carreteras, caminos y calles interconectadas que permiten el desplazamiento y transporte de personas y bienes. Este sistema abarca infraestructuras complementarias como puentes, túneles, señalización y dispositivos de control, los cuales garantizan un tránsito seguro y eficiente. La adecuada planificación, gestión y mantenimiento del sistema vial resultan fundamentales para el desarrollo económico y social de una región, pues inciden directamente en la accesibilidad y en la calidad de vida de sus habitantes.

Dispositivos de control de tránsito. - Los sistemas viales, esenciales para el transporte de diversos medios como automóviles, camiones y bicicletas, están diseñados para ofrecer seguridad y fluidez. Para su funcionamiento eficiente, es crucial proporcionar información precisa y oportuna a conductores, peatones y pasajeros, principalmente a través de señales de tránsito. Estas señales aseguran el máximo rendimiento y operatividad del sistema vial.

Volumen vehicular. – El volumen vehicular es el número de vehículos que circula dentro de un espacio determinado (carreteras, vías, óvalos, intersecciones) y durante un periodo de tiempo establecido.

Flujo Vehicular. - El estudio del flujo vehicular analiza la circulación de los vehículos en distintas vías con el fin de evaluar su eficiencia. A partir de dicho análisis, se elaboran modelos microscópicos y macroscópicos que establecen relaciones entre variables como el

volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento. Estos modelos resultan fundamentales para comprender la capacidad y el nivel de servicio de los elementos viales. Asimismo, se incluyen metodologías e investigaciones que describen el comportamiento del flujo vehicular, la distribución de los vehículos y los patrones estadísticos aplicados en proyectos de gestión y control del tráfico.

Congestión Vehicular. - Durante los picos de demanda, la circulación vehicular se vuelve ineficiente, con una pérdida de velocidad que lleva a la saturación del sistema vial y provoca demoras y colas. Estas demoras pueden ser causadas por dispositivos de control de tráfico, como semáforos y señales, o por la propia corriente vehicular en situaciones de flujo continuo. También se generan demoras debido a incidentes como accidentes, vehículos averiados o cierres temporales de carriles.

Capacidad Vial. - La capacidad vial se define como la cantidad máxima de vehículos que una vía puede soportar en determinadas condiciones de operación. En los procesos de planificación y gestión de infraestructuras viales, se evalúa la demanda de tránsito y se utiliza la capacidad como indicador de la eficiencia del sistema. Esta se expresa mediante la tasa máxima de flujo por hora, que determina el número de vehículos que pueden atravesar un punto específico sin comprometer la calidad del servicio, considerando factores como las características de la infraestructura, las condiciones ambientales, el tipo de tránsito y los dispositivos de control existentes.

Niveles de Servicio. -Según el HCM 2010, los niveles de servicio miden cuantitativamente la calidad de una vía de transporte, evaluando las condiciones operacionales del flujo vehicular. Se clasifican en seis categorías (A, B, C, D, E, F) que van desde óptimo hasta pésimo, basadas en la comodidad y seguridad percibidas por los usuarios. Esta herramienta ayuda a simplificar decisiones sobre el rendimiento de la infraestructura vial y permite evaluar la necesidad de cambios.

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación.

Este análisis es de enfoque cuantitativo, distinguiéndose por su carácter secuencial y de prueba. Según Hernández, Fernández & Baptista (2018), cada etapa se alinea con la previa de forma rigurosa, sin posibilidades de desviaciones, lo que facilita una definición precisa de la idea inicial, posteriormente se analizan los objetivos e interrogantes de investigación, se investiga la información y se elabora un marco teórico, basándonos en las preguntas planteadas, se formulan hipótesis y variables, se sugieren soluciones a verificar, se realizan mediciones de las variables en un contexto concreto, se examinan los datos recolectados a través de técnicas estadísticas y se derivan conclusiones en relación a las hipótesis propuestas, la investigación se realizó por orden de paso para después analizar las mediciones, presentar resultados y elaborar las conclusiones.

La investigación actual tiene un enfoque descriptivo, ya que "a través de los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, atributos y perfiles de los usuarios, grupos, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se encuentra bajo análisis". (Hernández, Fernández & Baptista, 2018). Además, se busca evaluar o recolectar datos de forma individual o combinada sobre los conceptos o variables a los que hacen referencia, su propósito no es señalar cómo se relacionan entre sí, ya que nuestro objetivo es especificar las características del Nivel de Servicio en los cruces señalados a lo largo del tramo que abarca las intersecciones al Óvalo El Olivo.

Por su naturaleza, este enfoque es hipotético-deductivo. Es hipotético porque incluye hipótesis y deductivo ya que el análisis lleva un orden que va de lo general a lo particular. Este método cumple con las etapas esenciales del método científico: consiste en observar el fenómeno que se desea analizar, plantear una hipótesis que lo explique, derivar de ella

consecuencias más simples o específicas, y finalmente comprobar o validar dichas consecuencias mediante la verificación.

La investigación se define como de diseño no experimental, dado que emplea instrumentos de recolección de datos directamente en campo, tales como el conteo vehicular, el registro del flujo peatonal, la observación de los ciclos semafóricos y el análisis de las características geométricas. Asimismo, corresponde a un estudio de tipo transversal o transeccional, pues se desarrollará en un periodo determinado y único en el tiempo. (Bernal, 2016)

4.2. Ámbito temporal y espacial

4.2.1. Temporal

La investigación se realizó en el año 2023, y parte del 2024.

4.2.2. Espacial

La investigación se realizó en el Óvalo el Olivo y sus aproximaciones que intervienen y sus componentes.

4.3. Población y muestra.

4.3.1. Población.

A. Descripción de la población.

La población se encuentra en la sección de la carretera nacional 3S que abarca las intersecciones en la entrada al óvalo El Olivo, lo que nos lleva a concluir que la población es única.

B. Cuantificación de la población.

Se determina como la población las intersecciones en la que convergen en el óvalo El Olivo de la ciudad de Abancay.

Tabla 9

Ubicación geográfica en coordenadas UTM.

Ubicación geográfica en coordenadas UTM			
N°	Intersección.	Este	Norte
AVENIDA PRINCIPAL			
1	3S - Óvalo Olivo- Av. Mariscal Gamarra – Av. Díaz Bárcenas.	728867.40	8491694.30
2	3S - Av. Manuel Seoane	729198.60	8491975.60
AVENIDAS SECUNDARIAS			
3	Av. Mariscal Gamarra	729191.30	8491899.70
4	Av. Díaz Bárcenas	729178.10	8491895.00

Nota. La tabla muestra la ubicación geográfica en coordenadas UTM de la zona de estudio, cuyo ámbito de intervención comprende las avenidas principales que conforman el circuito Óvalo Olivo - Avenida Mariscal Gamarra - Avenida Díaz Bárcenas y el eje 3S - Avenida Manuel Seoane, así como las avenidas secundarias correspondientes a los tramos de las avenidas Mariscal Gamarra y Díaz Bárcenas.

4.3.2. Muestra.

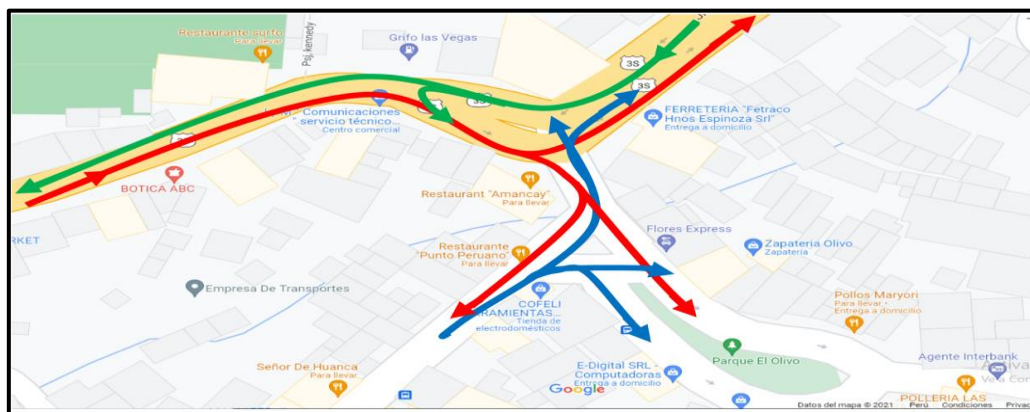
Según (Hernández, Fernández & Baptista, 2018) el conjunto de datos es un grupo más pequeño dentro de la población que se estudiará, y debe ser claramente definido y delimitado previamente, además de ser representativo de toda la población.

Debido al reducido número de unidades que constituyen el universo en este estudio, se ha decidido incluir la totalidad de estas unidades como muestra. Esta decisión se basa en la necesidad de obtener una representación completa y precisa de los datos, asegurando así que los resultados de la investigación reflejen fielmente las características y comportamientos del universo estudiado. Este enfoque permite una evaluación exhaustiva y minimiza el margen de error al no excluir ninguna unidad, proporcionando una mayor robustez y validez a los hallazgos

del estudio, siendo el Óvalo Olivo- Calle Mariscal Gamarra – Av. Díaz Bárcenas y Av. Manuel Seoane.

Figura 22

Interpretación grafica de las intercepciones hacia el óvalo El Olivo



Nota. La imagen presenta el esquema de circulación del Óvalo Olivo, identificando las vías de acceso y los sentidos de tránsito correspondientes. La Avenida Mariscal Gamarra, como entrada principal al óvalo, dirige el flujo vehicular según la trayectoria marcada en azul; por su parte, los ingresos desde la Avenida Seoane (verde) y la Carretera Nacional 3S (rojo) siguen las direcciones señalizadas con sus respectivos colores y salidas dadas dentro de esta.

4.4. Instrumentos.

Se utilizó la metodología de observación directa en el estudio para concentrar toda la información que se utilizará en el cálculo matemático de la estructura.

4.4.1. Instrumentos de procesamiento de datos

Se muestra a continuación se describen las herramientas y dispositivos que se emplearán en la tesis para la recopilación de datos, junto con el software que se utilizará en la gestión de estos.

A. Herramientas y equipos

- Estación total
- GPS diferencial
- Cámara filmadora

B. Software

- AutoCAD civil 3d
- Google Earth Pro
- Vissim 2023 STUDENT
- Microsoft Excel

4.4.2. Herramientas de recolección de datos.

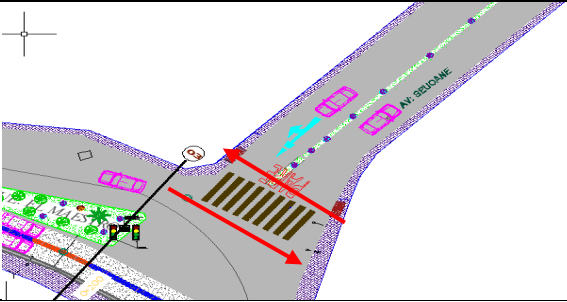
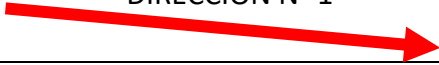
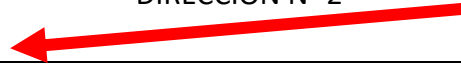
Tabla 10

Ficha de aforo vehicular

FICHA DE AFORO VEHICULAR																					
							DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022														
TESISTA							BROMER CANDIA SÁNCHEZ														
INTERSECCIÓN							AV. SEUOANE - OVALO OLIVO							PTO. AFORO			SEMÁFORO				
FECHA							LUNES, 26 DE JUNIO DE 2023							DIRECCION			RECTO				
CLASIFICACIÓN VEHICULAR	Moto (L)	Auto Movil (M1)	Station Wagon (M1)	Cmta Pickup (M2)	Cmta Rural (M2)	Micro (M2)	Omnibus			Camion		4E	2S2	2S3	3S2	≥3S3	2T2	2T3	3T2	≥3T3	
							2E Lig (M3)	2E Pes (M3)	3E	2E	3E										
HORA																					
13:00 - 13:15																					
13:15 - 13:30																					
13:30 - 13:45																					
13:45 - 14:00																					
TOTAL																					

Nota. La tabla es la ficha de aforo vehicular del volumen horario de máxima en la zona de estudio. Fuente: El autor.

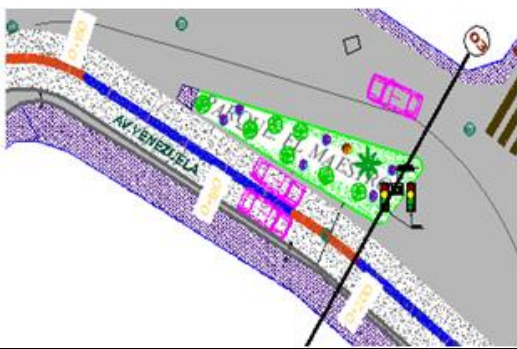
Tabla 11*Ficha de aforo peatonal*

FICHA DE AFORO PEATONAL			
	TESIS	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022	
	TESISTA	BROMER CANDIA SÁNCHEZ	
	INTERSECCIÓN	AV. SEUOANE - OVALO OLIVO	PTO. AFORO
	FECHA	MARTES, 14 DE JULIO DEL 2023	SEMÁFORO
CLASIFICACIÓN VEHICULAR			
HORA	DIRECCIÓN N° 1  DIRECCIÓN N° 2 		
TOTAL			

Nota. La tabla es la ficha de aforo peatonal del volumen horario de máxima demanda. Fuente: El autor.

Tabla 12

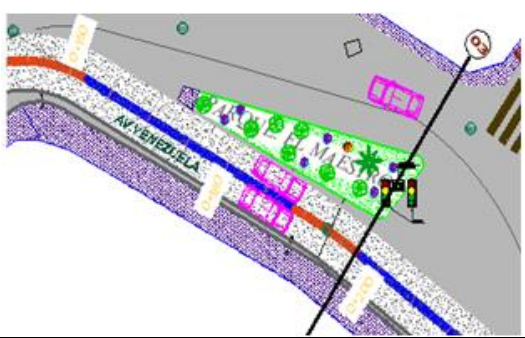
Ficha de características de señalización

 FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - SEÑALIZACIÓN			
TESIS		DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022	
TESISTA		BROMER CANDIA SÁNCHEZ	
INTERSECCIÓN	AV. VENEZUELA - OVALO OLIVO	PTO. AFORO	SEMÁFORO
FECHA	MARTES, 14 DE JULIO DEL 2023		
CLASIFICACIÓN VEHICULAR			
SEÑALES REGLAMENTARIAS			
SEÑALES REGLAMENTARIAS			
SEÑALES REGLAMENTARIAS			
SEÑALES REGLAMENTARIAS			

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de las características de señalización dentro del óvalo el Olivo. Fuente: El autor.

Tabla 13

Ficha de recolección de características geométricas.

 FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - SEÑALIZACIÓN			
TESIS		DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022	
TESISTA		BROMER CANDIA SÁNCHEZ	
INTERSECCIÓN	AV. SEOANE- OVALO OLIVO	PTO. AFORO	SEMÁFORO
FECHA	MARTES, 14 DE JULIO DEL 2023		
CLASIFICACIÓN VEHICULAR			
SEÑALES REGLAMENTARIAS			
SEÑALES REGLAMENTARIAS			
SEÑALES REGLAMENTARIAS			
SEÑALES REGLAMENTARIAS			

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de las características de señalización dentro del óvalo el Olivo. Fuente: El autor.

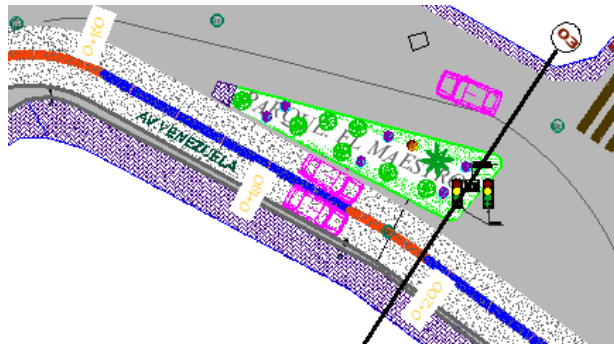
4.5. Procedimiento

4.5.1. Recolección de datos de diseño geométrico.

4.5.1.1. Procesamiento.

Tabla 14

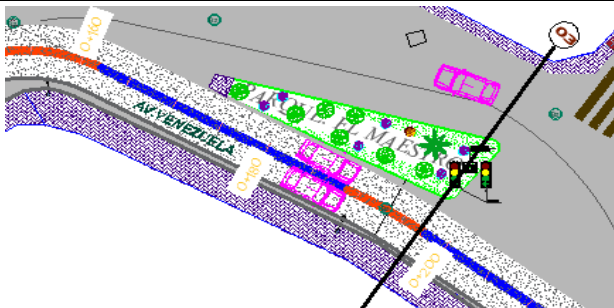
Ficha de recolección de datos geométricos Av. Mariscal Gamarra

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS GEOMÉTRICOS			
 TESIS		DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022	
TESISTA		BROMER CANDIA SÁNCHEZ	
APROXIMACIÓN		AV. MARISCAL GAMARRA - OVALO OLIVO	SEMÁFORO
FECHA		MARTES, 14 DE JULIO DEL 2023	
			
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			
ENTRADA		SALIDA	
ANCHO DE CALZADA (M)	7.75	ANCHO DE CALZADA (M)	7.75
ANCHO DE CARRIL (M)	3.70	ANCHO DE CARRIL (M)	3.70
NÚMERO DE CARRILES	1.00	NÚMERO DE CARRILES	1.00
PENDIENTE		PENDIENTE	
CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS			
VERDE (SEG)	37	VERDE (SEG)	
ROJO (SEG)	32	ROJO (SEG)	
AMBAR (SEG)	3	AMBAR (SEG)	

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de los datos geométricos en la Av. Mariscal Gamarra. Fuente: El autor.

Tabla 15

Ficha de recolección de datos geométricos Av. Venezuela

 DE RECOLECCIÓN DE DATOS GEOMÉTRICOS			
TESIS	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022		
TESISTA	BROMER CANDIA SÁNCHEZ		
APROXIMACIÓN	AV. VENEZUELA - OVALO OLIVO	SEMÁFORO	
FECHA	MARTES, 14 DE JULIO DEL 2023		
			
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			
ENTRADA		SALIDA	
ANCHO DE CALZADA (M)	6.00	ANCHO DE CALZADA (M)	7.00
ANCHO DE CARRIL (M)	6.00	ANCHO DE CARRIL (M)	7.00
NÚMERO DE CARRILES	1.00	NÚMERO DE CARRILES	1.00
PENDIENTE		PENDIENTE	
CARACTERÍSTICAS SEMAFÓRICAS			
VERDE (SEG)	27	VERDE (SEG)	
ROJO (SEG)	42	ROJO (SEG)	
ÁMBAR (SEG)	3	ÁMBAR (SEG)	

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de los datos geométricos en la Av. Venezuela.

Fuente: El autor.

4.5.1.2. Conclusiones.

De los dispositivos de control (Semáforos) se tiene que el tiempo del ciclo semafórico es de 72 segundos, dando un tiempo de verde de 27 segundos para el semáforo en la Av. Venezuela, 37 Segundos para el semáforo en la Av. Mariscal Gamarra y 42 segundos para el semáforo en la Av. Seoane.

Se verificó de acuerdo a las fichas de recolección de datos que en el óvalo el Olivo no se cuenta con marcas en el pavimento, las mismas que se encuentran en un estado de deterioro.

4.5.2. Recolección de datos para la determinación del volumen diario.

4.5.2.1. Procesamiento.

Se determinaron los volúmenes diarios en periodos de tiempo establecidos estratégicamente, para lograr esto, se sumaron las cantidades diarias de vehículos registradas en las fichas de aforo diario, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16

Aforo vehicular semanal en horarios de máxima demanda.

HORA	LUNES	MARTES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
07:30 - 7: 45	132	139	152	167	145
7: 45 - 8:00	144	151	164	179	157
8:00 - 8:15	120	127	140	155	133
8:15 - 8:30	115	122	135	150	128
8:30 - 8:45	88	95	108	123	101
8:45 - 9:00	89	96	109	124	102
9:00 - 9:15	81	88	101	116	94
9:15 - 9:30	74	81	94	109	87
9:30 - 9:45	75	82	95	110	88
9:45 - 10:00	91	98	111	126	104
10:00 - 10:15	103	110	123	138	116
10:15 - 10:30	88	95	108	123	101
12:00 - 12:15	74	81	94	109	87
12:15 - 12:30	74	81	94	109	87
12:30 - 12:45	78	85	98	113	91
12:45 - 13:00	79	86	99	114	92
13:00 - 13:15	86	93	106	121	99
13:15 - 13:30	99	106	119	134	112
13:30 - 13:45	114	121	134	149	127
13:45 - 14:00	100	107	120	135	113
17:30 - 17:45	119	126	139	154	132
17:45 - 18:00	144	151	164	179	157
18:00 - 18:15	200	207	220	235	213
18:15 - 18:30	184	191	204	219	197
18:30 - 18:45	151	158	171	186	164
18:45 - 19:00	167	174	187	202	180
19:00 - 19:15	110	117	130	145	123
19:15 - 19:30	84	91	104	119	97

Nota. La tabla muestra el aforo vehicular semanal en los horarios de máxima demanda para la determinación del volumen diario y la determinación del volumen horario de máxima demanda.

Fuente: El autor.

Tabla 17

Aforo vehicular lunes

FICHA DE AFORO VEHICULAR																						
TESIS			DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022																			
TESISTA			BROMER CANDIA SÁNCHEZ																			
INTERSECCIÓN			AV. SEUOANE - OVALO OLIVO										PTO. AFORO			SEMÁFORO						
FECHA			LUNES, 26 DE JUNIO DE 2023										DIRECCION			RECTO						
CLASIFICACIÓN VEHICULAR	Moto (L)	Auto Movil (M1)	Station Wagon (M1)	Cmta Pickup (M2)	Cmta Rural (M2)	Micro (M2)	Omnibus				Camión											
							2E Lig (M3)	Pes (M3)	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
HORA	                   																					
07:30 - 7: 45	112						16						4									
7: 45 - 8:00	123						14						7									
8:00 - 8:15	108						9						3									
8:15 - 8:30	102						8						5									
TOTAL	445						47						19									

Nota. La tabla muestra el aforo vehicular del día lunes en la intersección de la Av. Seoane y el óvalo el Olivo. Fuente: El autor.

Tabla 18*Flujo vehicular horario lunes*

HORA	AUTOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS
07:30-7:45	112	16	4	132	511	412
7:45-8:00	123	14	7	144		
8:00-8:15	108	9	3	120		
8:15-8:30	102	8	5	115		
8:30-8:45	76	9	3	88	332	321
8:45-9:00	74	8	7	89		
9:00-9:15	69	9	3	81		
9:15-9:30	66	6	2	74		
9:30-9:45	66	6	3	75	357	339
9:45-10:00	78	8	5	91		
10:00-10:15	92	7	4	103		
10:15-10:30	82	4	2	88		
12:00-12:15	66	6	2	74	305	342
12:15-12:30	71	3	4	78		
12:30-12:45	72	4	3	79		
12:45-13:00	78	4	4	86		
13:00-13:15	90	4	5	99	399	477
13:15-13:30	99	8	7	114		
13:30-13:45	83	13	4	100		
13:45-14:00	113	2	4	119		
17:30-17:45	136	7	7	144	647	702
17:45-18:00	185	6	9	200		
18:00-18:15	172	10	9	184		
18:15-18:30	136	7	5	151		
18:30-18:45	156	7	4	167	512	
18:45-19:00	101	4	5	110		
19:00-19:15	81	1	2	84		
19:15-19:30	81	1	2	84		

Nota. La tabla muestra el aforo vehicular clasificados por tres grupos de vehículos - lunes.

Fuente: El autor.

Tabla 19*Flujo vehicular horario martes*

HORA	AUTOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS
07:30-7:45	114	19	6	139	540	436
7:45-8:00	125	17	9	151		
8:00-8:15	110	11	6	127		
8:15-8:30	104	12	7	123		
8:30-8:45	78	12	5	95	355	349
8:45-9:00	76	9	6	91		
9:00-9:15	71	12	5	88		
9:15-9:30	68	9	4	81		
9:30-9:45	68	9	5	82	385	367
9:45-10:00	80	13	5	98		
10:00-10:15	94	10	6	110		
10:15-10:30	84	6	5	95		
12:00-12:15	72	5	4	81	333	370
12:15-12:30	68	9	4	81		
12:30-12:45	73	6	6	85		
12:45-13:00	74	7	5	86		
13:00-13:15	80	7	6	93	427	505
13:15-13:30	92	7	7	106		
13:30-13:45	101	11	9	121		
13:45-14:00	85	16	6	107		
17:30-17:45	115	4	7	126	675	
17:45-18:00	138	4	9	151		

18:00-18:15	187	9	11	207	540	730
18:15-18:30	174	6	11	191		
18:30-18:45	138	13	7	158		
18:45-19:00	158	10	6	174		
19:00-19:15	103	7	7	117		
19:15-19:30	81	1	2	84		

Nota. La tabla muestra el aforo vehicular clasificados por tres grupos de vehículos – martes.

Fuente: El autor.

Tabla 20

Flujo vehicular horario jueves.

HORA	AUTOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS
07:30-7:45	130	18	4	152	591	492
7:45-8:00	141	16	7	164		
8:00-8:15	126	11	3	140		
8:15-8:30	120	10	5	135		
8:30-8:45	94	11	3	108	412	401
8:45-9:00	92	10	7	109		
9:00-9:15	87	11	3	101		
9:15-9:30	84	8	2	94		
9:30-9:45	84	8	3	95	437	419
9:45-10:00	96	9	6	111		
10:00-10:15	110	9	4	123		
10:15-10:30	99	6	3	108		
12:00-12:15	88	4	2	94	385	422
12:15-12:30	84	8	2	94		
12:30-12:45	89	5	4	98		
12:45-13:00	90	6	3	99		
13:00-13:15	96	6	4	106	479	557
13:15-13:30	108	6	5	119		
13:30-13:45	117	10	7	134		
13:45-14:00	101	15	4	120		
17:30-17:45	131	4	4	139	727	782
17:45-18:00	154	3	7	164		
18:00-18:15	203	8	9	220		
18:15-18:30	190	5	9	204		
18:30-18:45	154	12	5	171	592	
18:45-19:00	174	9	4	187		
19:00-19:15	119	6	5	130		
19:15-19:30	99	3	2	104		

Nota. La tabla muestra el aforo vehicular clasificados por tres grupos de vehículos – jueves.

Fuente: El autor.

Tabla 21

Flujo vehicular horario viernes

HORA	AUTOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS
07:30-7:45	141	21	5	167	651	552
7:45-8:00	152	19	8	179		
8:00-8:15	137	14	4	155		
8:15-8:30	131	13	6	150		
8:30-8:45	105	14	4	123	472	461
8:45-9:00	103	13	8	124		
9:00-9:15	98	14	4	116		
9:15-9:30	95	11	3	109		
9:30-9:45	95	11	4	110	497	
9:45-10:00	107	13	6	126		

10:00-10:15	121	12	5	138		479
10:15-10:30	111	9	3	123		
12:00-12:15	99	7	3	109	445	
12:15-12:30	95	8	6	109		
12:30-12:45	100	8	5	113		482
12:45-13:00	101	9	4	114		
13:00-13:15	107	9	5	121	539	
13:15-13:30	119	9	6	134		
13:30-13:45	128	13	8	149		617
13:45-14:00	112	18	5	135		
17:30-17:45	142	7	5	154	787	
17:45-18:00	165	6	8	179		
18:00-18:15	214	11	10	235		842
18:15-18:30	201	8	10	219		
18:30-18:45	165	15	6	186	652	
18:45-19:00	185	12	5	202		
19:00-19:15	130	9	6	145		
19:15-19:30	110	6	3	119		

Nota. La tabla muestra el aforo vehicular clasificados por tres grupos de vehículos – viernes.

Fuente: El autor.

Tabla 22

Flujo vehicular horario sábado

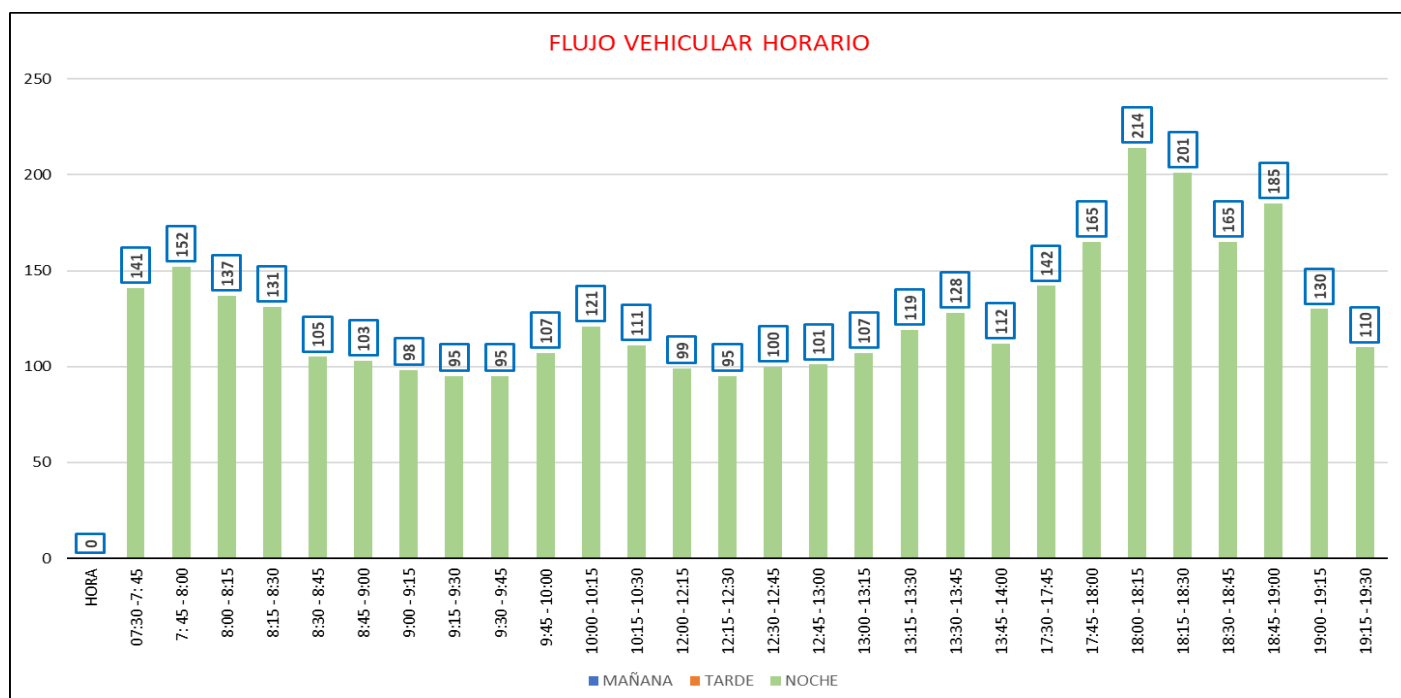
HORA	AUTOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL	TOTAL HORAS	TOTAL HORAS
07:30-7:45	124	17	4	145	563	
7:45-8:00	135	15	7	157		
8:00-8:15	120	9	4	133		464
8:15-8:30	114	9	5	128		
8:30-8:45	88	10	3	101	384	
8:45-9:00	86	9	7	102		
9:00-9:15	81	10	3	94		373
9:15-9:30	78	7	2	87		
9:30-9:45	78	7	3	88	409	
9:45-10:00	90	9	5	104		
10:00-10:15	104	8	4	116		391
10:15-10:30	94	5	2	101		
12:00-12:15	82	3	2	87	357	
12:15-12:30	78	7	2	87		
12:30-12:45	83	4	4	91		394
12:45-13:00	84	5	3	92		
13:00-13:15	90	5	4	99	451	
13:15-13:30	102	5	5	112		
13:30-13:45	111	9	7	127		529
13:45-14:00	95	14	4	113		
17:30-17:45	125	3	4	132	699	
17:45-18:00	148	2	7	157		
18:00-18:15	197	7	9	213		754
18:15-18:30	184	4	9	197		
18:30-18:45	148	11	5	164	564	
18:45-19:00	168	8	4	180		
19:00-19:15	113	5	5	123		
19:15-19:30	93	2	2	97		

Nota. La tabla muestra el aforo vehicular clasificados por tres grupos de vehículos – sábado.

Fuente: El autor.

Figura 23

Gráfica del flujo vehicular durante el día viernes, máximo volumen vehicular



Nota. La gráfica describe el volumen vehicular del día viernes tomado en intervalos de 15 minutos, así mismo se puede observar en que horarios se encuentra la mayo cantidad de vehículos. Fuente: El autor.

Tabla 23

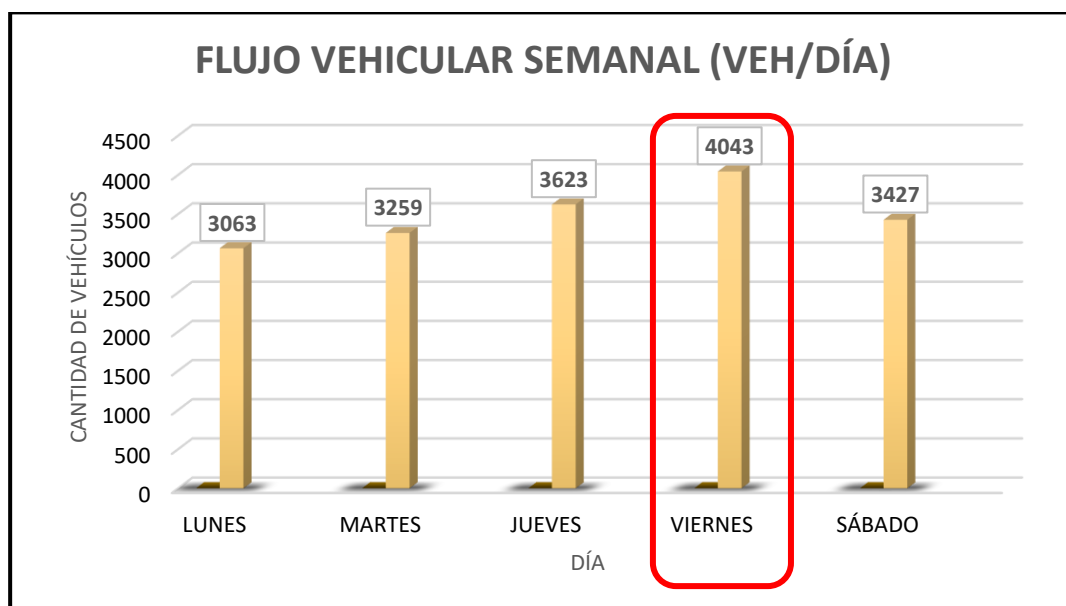
Volumen total semanal

LUNES	MARTES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
3063	3259	3623	4043	3427

Nota. La tabla muestra el volumen vehicular total durante los días tomados, mostrando que el día viernes es donde se encuentra la mayor cantidad de vehículos en circulación. Fuente: El autor.

Figura 24

Gráfico de flujo vehicular semanal, se muestra que el mayor flujo vehicular es el día viernes.



Nota. La gráfica muestra el volumen vehicular total durante los días tomados, mostrando que el día viernes es donde se encuentra la mayor cantidad de vehículos en circulación.

4.5.2.2. Conclusiones.

Se constató que el flujo vehicular presenta variaciones significativas a lo largo de la semana, lo cual se relaciona con las distintas actividades y condiciones que influyen en el uso del tramo correspondiente al “Óvalo El Olivo”. Estas variaciones responden principalmente a factores como la dinámica comercial, la movilidad laboral y los desplazamientos interprovinciales que caracterizan a la ciudad de Abancay.

Del análisis gráfico realizado, se evidencia que el día viernes concentra el mayor volumen vehicular, alcanzando un total de 4043 vehículos por día en los horarios de observación establecidos. Este incremento en la demanda se asocia al aumento de desplazamientos previos al fin de semana, tanto de transporte particular como de unidades de servicio público, incluyendo buses interprovinciales y vehículos de carga ligera.

En términos operativos, este comportamiento implica que el viernes constituye el periodo de máxima demanda vehicular dentro de la zona de estudio, por lo que resulta fundamental considerar este día como referencia para la calibración de los modelos de tráfico y la evaluación del nivel de servicio. Asimismo, el análisis de esta variabilidad semanal permite identificar patrones de congestión y establecer estrategias de gestión vial que mejoren la eficiencia del flujo y reduzcan los tiempos de viaje en los momentos de mayor intensidad vehicular.

18:40 a 18:45	1	9	6	0	4														1		21
SUB TOTAL	2	18	12	4	8	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	48
18:45 a 18:50	1	15	10	1	4																31
18:50 a 18:55	0	5	3	3	1				1	1											14
18:55 a 19:00	4	4	3	4	4				1												20
SUB TOTAL	5	24	16	8	9	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
TOTAL	16	106	71	21	33	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	264
%	6.06%	40.15%	26.89%	7.95%	12.50%	0.00%	0.00%	0.00%	3.03%	3.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.38%	0.00%	100%

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de la circulación de la Av. Venezuela a Av. Diaz Bárcenas. Fuente: El autor.

Tabla 25

Ficha de aforo vehicular de la Av. Venezuela a Av. Seoane

FICHA DE AFORO VEHICULAR																					
 TESIS		DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022																			
TESISTA		BROMER CANDIA SÁNCHEZ																			
INTERSECCIÓN		AV. VENEZUELA - OVALO OLIVO										PTO. AFORO		SEMÁFORO							
FECHA		VIERNES, 14 DE JULIO DEL 2023										DIRECCION		IZQUIERDA							
CLASIFICACIÓN VEHICULAR	Moto (L)	Auto Movil (M1)	Station Wagon (M1)	Cmta Picku p (M2)	Cmta Rural (M2)	Micro (M2)	Omnibus			Camion		4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	TOTAL
HORA																					
18:00 a 18:05	2	22	15	1	1																41
18:05 a 18:10	2	27	18	1	4				2	3						1		1			59
18:10 a 18:15	1	15	10	2	5																33
SUB TOTAL	5	64	43	4	10	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	133
18:15 a 18:20	2	20	14	1	1				1	1										1	41
18:20 a 18:25	2	18	12	4	1				1	2								1			41
18:25 a 18:30	3	13	9	3	4																32
SUB TOTAL	7	51	35	8	6	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	114
18:30 a 18:35	3	14	9	3	3				1												33
18:35 a 18:40	1	15	10	1	1				1	1											30
18:40 a 18:45	1	16	11		4														1		33
SUB TOTAL	5	45	30	4	8	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	96
18:45 a 18:50	1	21	14	3	4												1			1	45

18:50 a 18:55	1	15	10		1					1											28	
18:55 a 19:00	4	12	8	6	4					1											35	
SUB TOTAL	6	48	32	9	9	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	108	
TOTAL	23	208	140	25	33	0	0	0	0	8	7	0	0	0	0	0	1	1	2	1	2	451
%	5.10%	46.12%	31.04%	5.54%	7.32%	0.00%	0.00%	0.00%	1.77%	1.55%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.22%	0.22%	0.44%	0.22%	0.44%	100%	

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de la circulación de la Av. Venezuela a Av. Seoane. Fuente: El autor.

18:50 a 18:55		3				2														5
18:55 a 19:00	1	6		1		1														9
SUB TOTAL	3	17	0	4	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
TOTAL	10	49	23	11	1	23	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119
%	8.40%	41.18%	19.33%	9.24%	0.84%	19.33%	0.00%	0.00%	0.00%	1.68%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de la circulación de la Av. Venezuela a Av. Mariscal Gamarra. Fuente: El autor.

18:50 a 18:55	0	21	14	3	1				1	1											41
18:55 a 19:00	4	18	12	3	0				0												37
SUB TOTAL	5	61	41	8	3	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123
TOTAL	15	275	185	22	16	0	0	0	8	8	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	533
%	2.81%	51.59%	34.71%	4.13%	3.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.50%	1.50%	0.56%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.19%	0.00%	100%

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de la circulación de la Av. Mariscal Gamarra a Av. Seoane. Fuente: El autor.

Tabla 28

Ficha de aforo vehicular de la Av. Mariscal Gamarra a Av. Diaz Av. Venezuela

FICHA DE AFORO VEHICULAR																					
		DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022																			
TESISTA		BROMER CANDIA SÁNCHEZ																			
INTERSECCIÓN		AV. MARISCAL GAMARRA - OVALO OLIVO										PTO. AFORO		SEMÁFORO							
FECHA		VIERNES, 14 DE JULIO DEL 2023										DIRECCION		IZQUIERDA							
CLSIFICACIÓN VEHICULAR	Moto (L)	Auto Movil (M1)	Station Wagon (M1)	Cmta Pickup (M2)	Cmta Rural (M2)	Micro (M2)	Omnibus			Camion		4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	TOTAL
HORA																					
18:00 a 18:05	2	14	9	1	1																27
18:05 a 18:10	1	17	11	1	2				1	1						1		1			36
18:10 a 18:15	0	9	6	2	1				1												19
SUB TOTAL	3	40	26	4	4	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	82
18:15 a 18:20	1	12	8	1	1				1											1	25
18:20 a 18:25	0	11	8	4	1					2								1			27
18:25 a 18:30	2	8	6	3	2				1												22
SUB TOTAL	3	31	22	8	4	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	74
18:30 a 18:35	0	9	6	3	0				1												19
18:35 a 18:40	1	9	6	1	1					1											19
18:40 a 18:45	1	10	7		2														1		21
SUB TOTAL	2	28	19	4	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	59
18:45 a 18:50	1	13	9	3	2					1							1			1	31

18:50 a 18:55	1	9	6		1				1												18
18:55 a 19:00	0	8	5	6	1				1												21
SUB TOTAL	2	30	20	9	4	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	70
TOTAL	10	129	87	25	15	0	0	0	7	5	0	0	0	0	0	1	1	2	1	2	285
%	3.51%	45.26%	30.53%	8.77%	5.26%	0.00%	0.00%	0.00%	2.46%	1.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.35%	0.35%	0.70%	0.35%	0.70%	100%

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de la circulación de la Av. Mariscal Gamarra a Av. Diaz Av. Venezuela. Fuente: El autor.

Tabla 29

Ficha de aforo vehicular de la Av. Mariscal Gamarra a Av. Diaz Bárcenas

[illegible]

18:50 18:55	1	3	3		2	2	1			1											13
18:55 19:00	1	6	7	1	1	1															17
SUB TOTAL	2	17	16	4	4	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
TOTAL	7	48	54	14	16	23	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170
%	4.12%	28.24%	31.76%	8.24%	9.41%	13.53%	1.76%	0.00%	0.00%	2.94%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de la circulación de la Av. Mariscal Gamarra a Av. Diaz Bárcenas. Fuente: El autor.

18:50 a 18:55	0	3	3	0	1																7
18:55 a 19:00	1	3	3	1	0																8
SUB TOTAL	2	9	10	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
TOTAL	7	44	43	7	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110
%	6.36%	40.00%	39.09%	6.36%	8.18%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de la circulación de la Av. Seoane a Av. Mariscal Gamarra. Fuente: El autor.

SUB TOTAL	1	17	23	3	4	6	1	1	2	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	62
18:45 a 18:50	0	12	9	3	1	1			1							1			1		29
18:50 a 18:55	1	5	5		2	2	1		1	1				1							19
18:55 a 19:00	1	9	11	1	1	1								1		1				1	27
SUB TOTAL	2	26	25	4	4	4	1	0	2	1	0	0	0	2	0	2	0	0	1	1	75
TOTAL	7	74	84	14	15	17	4	2	7	5	1	3	2	3	1	3	1	1	1	3	248
%	2.82%	29.84%	33.87%	5.65%	6.05%	6.85%	1.61%	0.81%	2.82%	2.02%	0.40%	1.21%	0.81%	1.21%	0.40%	1.21%	0.40%	0.40%	0.40%	1.21%	100%

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de la circulación de la Av. Seoane a Av. Venezuela. Fuente: El autor.

18:55 a 19:00		2	2																		4
SUB TOTAL	0	5	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
TOTAL	0	25	25	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
%	0.00%	44.64%	44.64%	8.93%	1.79%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos de la circulación de la Av. Seoane a Av. Venezuela. Fuente: El autor.

4.5.3.2. Conclusiones.

Durante el análisis del flujo vehicular en las tres aproximaciones que convergen en el Óvalo El Olivo, se identificó que la mayor proporción del tránsito corresponde a vehículos livianos, como automóviles particulares y taxis. Este tipo de vehículos predomina en la circulación diaria, lo que refleja una alta demanda de movilidad local dentro de la ciudad de Abancay.

Sin embargo, al examinar con mayor detalle las características del flujo, se observa que la Avenida Mariscal Gamarra concentra el mayor volumen vehicular en comparación con las demás vías que acceden al óvalo. Esta situación se debe principalmente a que dicha avenida funciona como una ruta estratégica de conexión directa con el Terminal Terrestre de Abancay, punto desde el cual parten numerosos buses interprovinciales hacia distintas ciudades de la región y del país.

El horario de medición, comprendido entre las 6:00 p.m. y 7:00 p.m., coincide con el periodo de mayor demanda de salida de los servicios interprovinciales, lo que explica el incremento notable en el número de vehículos pesados y de transporte público en circulación. Esta coincidencia temporal genera un aumento significativo en la carga vehicular sobre la Avenida Mariscal Gamarra, afectando la fluidez del tránsito en el entorno del óvalo y provocando eventuales congestiones en los accesos principales.

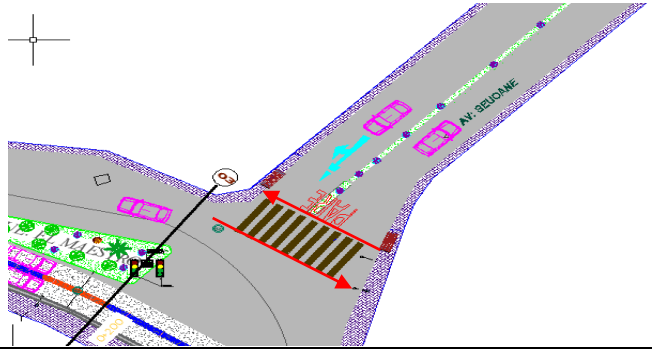
Desde una perspectiva técnica, esta concentración del flujo vehicular evidencia la necesidad de gestionar de manera diferenciada los horarios y la regulación semafórica, así como de evaluar posibles medidas de ordenamiento vial o redireccionamiento temporal del tráfico, con el fin de mejorar la capacidad operativa del sistema y reducir los niveles de congestión en las horas punta.

4.5.4. Recolección de datos de flujo peatonal.

4.5.4.1. Procesamiento.

Tabla 33

Flujo peatonal en aproximación Av. Seoane

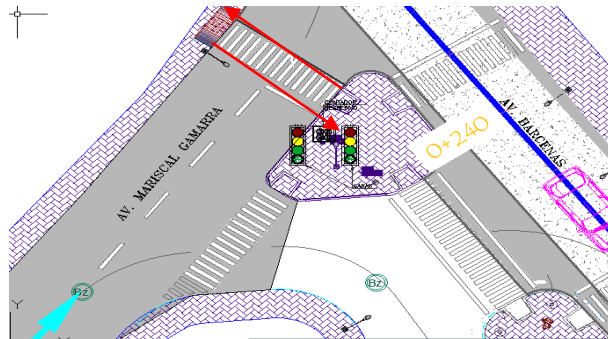
FICHA DE AFORO PEATONAL			
 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022			
TESISTA	BROMER CANDIA SÁNCHEZ		
INTERSECCIÓN	AV. SEOANE - OVALO OLIVO	PTO. AFORO	SEMÁFORO
FECHA	MARTES, 14 DE JULIO DEL 2023		
CLASIFICACIÓN VEHICULAR			
HORA	DIRECCIÓN N°01  DIRECCIÓN N °02 		
18:00 - 18:15	45	39	84
SUB TOTAL	45	39	84
18:15 - 18:30	42	37	79

SUB TOTAL	42	37	79
18:30 - 18:45	46	35	81
SUB TOTAL	46	35	81
18:45 - 19:00	40	35	108
SUB TOTAL	40	35	108
TOTAL	173	146	433

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos del aforo peatonal por sentido de circulación en la aproximación de la Av. Seoane. Fuente: El autor.

Tabla 34

Flujo peatonal en aproximación Av. Mariscal Gamarra

FICHA DE AFORO PEATONAL			
 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022			
TESISTA	BROMER CANDIA SÁNCHEZ		
INTERSECCIÓN	AV. MARISCAL GAMARRA - OVALO OLIVO	PTO. AFORO	SEMÁFORO
FECHA	MARTES, 14 DE JULIO DEL 2023		
CLASIFICACIÓN VEHICULAR			
HORA	DIRECCIÓN N°01 DIRECCIÓN N °02		
18:00 - 18:15	60	49	109
SUB TOTAL	60	49	109
18:15 - 18:30	56	52	108
SUB TOTAL	56	52	108
18:30 - 18:45	55	53	108

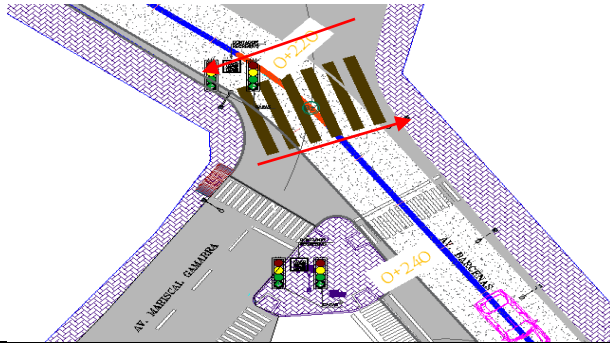
SUB TOTAL	55	53	108
18:45 - 19:00	58	50	108
SUB TOTAL	58	50	108
TOTAL	229	204	433

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos del aforo peatonal por sentido de circulación en la aproximación de la Av. Mariscal Gamarra.

Fuente: El autor.

Tabla 35

Flujo peatonal en aproximación Av. Mariscal Gamarra

FICHA DE AFORO PEATONAL			
 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022			
TESISTA	BROMER CANDIA SÁNCHEZ		
INTERSECCIÓN	AV. MARISCAL GAMARRA - OVALO OLIVO	PTO. AFORO	SEMÁFORO
FECHA	MARTES, 14 DE JULIO DEL 2023		
CLASIFICACIÓN VEHICULAR			

HORA	DIRECCIÓN 1 DIRECCIÓN 2		
18:00 - 18:15	22	27	49
SUB TOTAL	22	27	49
18:15 - 18:30	23	27	50
SUB TOTAL	23	27	50
18:30 - 18:45	21	21	42
SUB TOTAL	21	21	42
18:45 - 19:00	21	29	50
SUB TOTAL	21	29	50
TOTAL	87	104	191

Nota. La tabla es la ficha de recolección de datos del aforo peatonal por sentido de circulación en la aproximación de la Av. Mariscal Gamarra.

Fuente: El autor.

4.5.4.2. Conclusiones.

El análisis del flujo peatonal en las intersecciones del entorno del Óvalo El Olivo evidencia diversas deficiencias en la infraestructura destinada al desplazamiento seguro de los peatones. En particular, se observó que el semáforo ubicado en la aproximación de la Avenida Venezuela no dispone de un cruce peatonal habilitado a través del separador central, lo cual limita significativamente la conectividad y seguridad de los transeúntes. Esta carencia se debe, en parte, al diseño geométrico del óvalo, que no contempla un espacio adecuado para la instalación de un cruce directo.

Como consecuencia, los peatones se ven obligados a utilizar un paso peatonal ubicado más adelante, fuera del punto de confluencia natural de los flujos de tránsito. Sin embargo, la ausencia de señalización horizontal y vertical adecuada en esta zona incrementa los conflictos entre peatones y conductores, ya que ambos usuarios del espacio vial carecen de referencias claras que definan las áreas de prioridad y las trayectorias seguras de circulación.

Asimismo, se identificó que el mayor volumen de peatones dentro del área de estudio se concentra en el semáforo de la Avenida Mariscal Gamarra, donde se registró un total de 433 peatones, según se presenta en la Tabla 35. Este elevado flujo peatonal responde a que dicha avenida constituye una vía principal que conecta con zonas comerciales, paraderos y accesos al Terminal Terrestre de Abancay, lo que incrementa la movilidad de personas en horarios de alta demanda.

No obstante, la falta de señalización adecuada en este punto impide que los peatones utilicen correctamente las zonas de cruce establecidas, optando en muchos casos por atravesar la vía de forma improvisada. Esta situación genera conflictos constantes con los conductores, afectando la seguridad vial y reduciendo la eficiencia del tránsito vehicular.

Desde una perspectiva técnica, estos resultados resaltan la necesidad urgente de implementar mejoras en la infraestructura peatonal, tales como la instalación de cruces

peatonales semaforizados bien demarcados, la colocación de señalización visible y funcional, y el reordenamiento de los flujos de tránsito para garantizar una interacción más segura entre peatones y vehículos. Además, sería recomendable incluir campañas de educación vial orientadas tanto a peatones como a conductores, con el objetivo de promover el respeto por las normas de tránsito y reducir los riesgos de accidentes en esta zona crítica.

4.6. Análisis de datos.

4.6.1. Composición vehicular.

4.6.1.1. Procesamiento de datos.

- Aproximación Av. Venezuela.

Tabla 36

Composición vehicular de aproximación Av. Venezuela a Av. Diaz Bárcenas

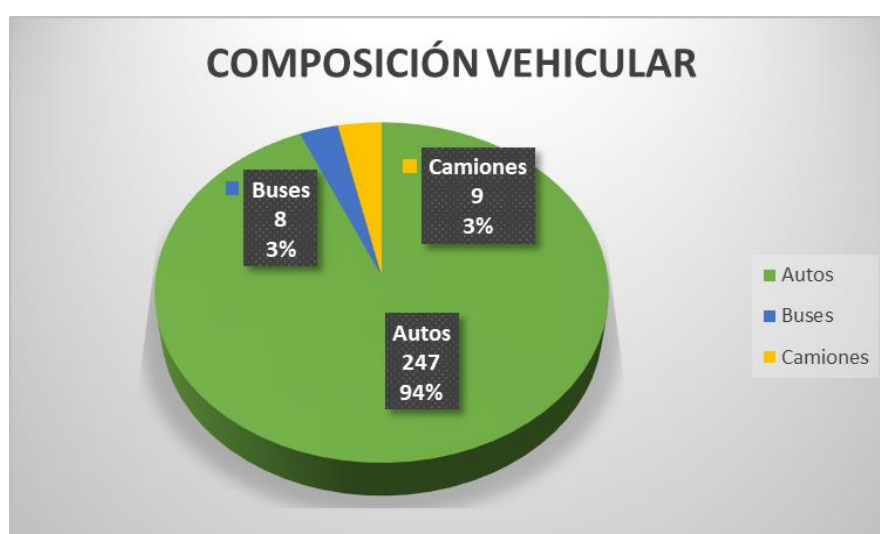
Horario	Autos	Buses	Camiones	Total
18:00 a 18:15	79	2	2	83
	95.18%	2.41%	2.41%	
18:15 a 18:30	62	2	4	68
	91.18%	2.94%	5.88%	
18:30 a 18:45	44	2	2	48
	91.67%	4.17%	4.17%	
18:45 a 19:00	62	2	1	65
	95.38%	3.08%	1.54%	
TOTAL	247	8	9	264
TOTAL (%)	93.56%	3.03%	3.41%	

Nota. La tabla muestra la composición vehicular en el VHMD por vehículos de la aproximación

Av. Venezuela a Av. Diaz Bárcenas. Fuente: El autor.

Figura 25

Gráfico de composición vehicular aproximación Av. Venezuela a Diaz Bárcenas



Nota. La gráfica muestra la composición vehicular en el VHMD por vehículos de la aproximación Av. Venezuela a Av. Diaz Bárcenas. Fuente: El autor.

4.6.1.2. Conclusiones.

De las tablas se tiene la composición vehicular por cada grupo de movimiento desde su entrada y salida dentro del Óvalo el Olivo, de lo anterior se puede concluir lo siguiente: el porcentaje de vehículos que realiza la ruta de la Av. Seoane y sale a la Av. Diaz Bárcenas o Av. Mariscal Gamarra está compuesto solo por vehículos ligeros en su 100%, esto significa que ya de por si el giro es muy limitado para vehículos pesados con dimensiones mayores, el otro caso se debe que para buscar una entrada a calles diferentes se opta por usar otras vías que tengan un menor número de vehículos usando la vía.

Se concluye también que la mayor cantidad de vehículos pesados (buses y camiones) dentro del horario de máxima demanda son los que vienen de la Av. Mariscal Gamarra esto se debe a que en el horario 6:00 a 7:00 pm es donde se tiene una mayor salida de vehículos que salen del terminal terrestres de Abancay, 70 vehículos pesados, de los cuales 34 tienen salida a la Av. Seoane. De los datos anteriores expuestos nos da valores de las composiciones vehicular por grupos de movimiento entrada y salida, dichos datos no son importantes para la colocación de la información en el modelo en software VISSIM 2023, sino también para la toma de decisiones en cuanto a propuestas de mejora.

4.6.2. Determinación del factor de hora pico.

4.6.2.1. Procesamiento.

De esta manera, se hizo los cálculos para determinar el intervalo crítico y el Factor de Hora Pico (FHP), para efectos de análisis de tránsito con la fórmula siguiente:

$$PHF = \frac{V}{4 \times V_{15}}$$

PHF = Factor de hora pico.

V = Volumen de vehículos durante el periodo de 1 hora.

V_{15} = Volumen pico durante el periodo de 15 minutos.

- **Aproximación Av. Venezuela**

Tabla 37

Factor de hora pico Av. Venezuela a Av. Mariscal Gamarra

Horario			Autos	Buses	Camiones	Total
18:00	a	18:15	20	8	2	30
18:15	a	18:30	28	0	0	28
18:30	a	18:45	22	9	0	31
18:45	a	19:00	24	6	0	30
TOTAL			94	23	2	119
TOTAL (%)			78.99%	19.33%	1.68%	100.00%
FHP						95.97%

Nota. Factor de hora pico Av. Venezuela a Av. Mariscal Gamarra nos da un valor de FHP de 95.97%. Fuente: El autor.

Tabla 38

Factor de hora pico Av. Venezuela a Av. Diaz Bárcenas.

Horario			Autos	Buses	Camiones	Total
18:00	a	18:15	79	2	2	83
18:15	a	18:30	62	2	4	68
18:30	a	18:45	44	2	2	48
18:45	a	19:00	62	2	1	65
TOTAL			247	8	9	264
TOTAL (%)			93.56%	3.03%	3.41%	100.00%
FHP						79.52%

Nota. Factor de hora pico Av. Venezuela a Av. Diaz Bárcenas nos da un valor de FHP de 79.52%. Fuente: El autor.

Tabla 39

Factor de hora pico Av. Venezuela a Av. Seoane

Horario			Autos	Buses	Camiones	Total
18:00	a	18:15	126	2	5	133
18:15	a	18:30	107	2	5	114
18:30	a	18:45	92	2	2	96
18:45	a	19:00	104	2	2	108
TOTAL			429	8	14	451
TOTAL (%)			95.12%	1.77%	3.10%	100.00%
FHP						84.77%

Nota. Factor de hora pico Av. Venezuela a Av. Diaz Bárcenas nos da un valor de FHP de 84.77%. Fuente: El autor.

- **Aproximación Av. Mariscal Gamarra**

Tabla 40

Factor de hora pico Av. Mariscal Gamarra a Av. Seoane

Horario	Autos	Buses	Camiones	Total
18:00 a 18:15	127	2	3	132
18:15 a 18:30	135	1	2	138
18:30 a 18:45	133	3	4	140
18:45 a 19:00	118	2	3	123
TOTAL	513	8	12	533
TOTAL (%)	96.25%	1.50%	2.25%	100.00%
FHP				95.18%

Nota. Factor de hora pico Av. Mariscal Gamarra a Av. Seoane nos da un valor de FHP de 95.18%. Fuente: El autor.

Tabla 41

Factor de hora pico Av. Mariscal Gamarra a Av. Venezuela

Horario	Autos	Buses	Camiones	Total
18:00 a 18:15	77	2	3	82
18:15 a 18:30	68	2	4	74
18:30 a 18:45	56	1	2	59
18:45 a 19:00	65	2	3	70
TOTAL	266	7	12	285
TOTAL (%)	93.33%	2.46%	4.21%	100.00%
FHP				86.89%

Nota. Factor de hora pico Av. Mariscal Gamarra a Av. Venezuela nos da un valor de FHP de 86.89%. Fuente: El autor.

Tabla 42

Factor de hora pico Av. Mariscal Gamarra a Av. Diaz Bárcenas

Horario	Autos	Buses	Camiones	Total
18:00 a 18:15	23	9	2	34
18:15 a 18:30	39	0	1	40
18:30 a 18:45	34	10	1	45
18:45 a 19:00	43	7	1	51
TOTAL	139	26	5	170
TOTAL (%)	81.76%	15.29%	2.94%	100.00%
FHP				83.33%

Nota. Factor de hora pico Av. Mariscal Gamarra a Av. Diaz Bárcenas nos da un valor de FHP de 83.33%. Fuente: El autor.

- Aproximación Av. Seoane

Tabla 43

Factor de hora pico Av. Seoane a Av. Mariscal Gamarra

Horario	Autos	Buses	Camiones	Total
18:00 a 18:15	28	0	0	28
18:15 a 18:30	26	0	0	26
18:30 a 18:45	30	0	0	30
18:45 a 19:00	26	0	0	26
TOTAL	110	0	0	110
TOTAL (%)	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%
FHP				91.67%

Nota. Factor de hora pico Av. Seoane a Av. Mariscal Gamarra nos da un valor de FHP de 91.67%. Fuente: El autor.

Tabla 44

Factor de hora pico Av. Seoane a Av. Venezuela

Horario	Autos	Buses	Camiones	Total
18:00 a 18:15	31	9	7	47
18:15 a 18:30	54	4	6	64
18:30 a 18:45	48	10	4	62
18:45 a 19:00	61	7	7	75
TOTAL	194	30	24	248
TOTAL (%)	78.23%	12.10%	9.68%	100.00%
FHP				82.67%

Nota. Factor de hora pico Av. Seoane a Av. Venezuela nos da un valor de FHP de 82.67%.

Fuente: El autor.

Tabla 45

Factor de hora pico Av. Seoane a Av. Diaz Bárcenas

Horario	Autos	Buses	Camiones	Total
18:00 a 18:15	15	0	0	15
18:15 a 18:30	13	0	0	13
18:30 a 18:45	15	0	0	15
18:45 a 19:00	13	0	0	13
TOTAL	56	0	0	56
TOTAL (%)	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%
FHP				93.33%

Nota. Factor de hora pico Av. Seoane a Av. Díaz Bárcenas nos da un valor de FHP de 93.33%.

Fuente: El autor.

4.6.2.2. Conclusiones.

El análisis del volumen vehicular durante la hora del conteo vehicular revela que no se mantiene constante en varios tramos críticos de la ciudad. Por ejemplo, en la ruta que va desde la Avenida Mariscal Gamarra hasta la Avenida Seoane, se observó un valor de 83.33%. De manera similar, desde la Avenida Mariscal Gamarra hacia la Avenida Venezuela, se registró un valor de 86.89%. Estos datos indican que estos tramos tienen serios conflictos con el flujo de circulación vehicular, lo cual puede deberse a diversos factores, como la configuración de la infraestructura vial, la distribución de los semáforos, y la cantidad de intersecciones y accesos a lo largo de estas rutas.

Además, el volumen vehicular en la ruta que va desde la Avenida Venezuela hasta la Avenida Díaz Bárcenas mostró un valor de 79.52%, mientras que de la Avenida Venezuela hacia la Avenida Seoane se registró un valor de 84.77%. Estos valores reflejan que los conflictos con el flujo de circulación vehicular no solo están presentes en las rutas previamente mencionadas, sino que también se extienden a otros tramos de la red vial. En particular, el giro a la izquierda desde la Avenida Venezuela se ve obstaculizado por el flujo vehicular de buses y camiones, debido a que este tramo es una carretera nacional con un volumen significativo de tráfico pesado.

Las fluctuaciones en el volumen vehicular durante la hora del conteo vehicular conllevan a tener la necesidad de aplicar medidas correctivas para mejorar la eficiencia del tráfico y reducir los conflictos. Estas medidas podrían incluir la mejor eficiencia de los tiempos de los semáforos, la reconfiguración de las intersecciones a nivel geométrico y funcional, la creación de carriles exclusivos para giros a la izquierda, y el diseño de rutas alternativas para el tráfico pesado. Asimismo, es crucial realizar un estudio detallado del comportamiento del

tráfico en estos tramos para identificar las causas subyacentes de los conflictos y desarrollar estrategias de mejora efectivas.

La conclusión fundamental apunta hacia la necesidad de un plan de movilidad con enfoque predictivo y adaptativo, donde la optimización semafórica y el rediseño de intersecciones constituyan solo el primer escalón de intervención. Se recomienda complementar estas acciones con:

- Estrategias de gestión de demanda mediante horarios escalonados
- Políticas de priorización modal que segreguen flujos vehiculares
- Implementación de corredores segregados para transporte público
- Diseño de rutas alternativas certificadas para tráfico pesado

La efectividad de estas soluciones dependerá de la implementación de sistemas de monitoreo continuo que permitan calibrar las intervenciones en tiempo real, transformando la gestión vial tradicional en un modelo dinámico basado en datos. Esta aproximación no solo mejoraría los indicadores de circulación, sino que sentaría las bases para una movilidad urbana sostenible, segura e inclusiva donde peatones, ciclistas y usuarios del transporte público coexistan en un ecosistema vial equilibrado. La ciudad requiere, en definitiva, una transición hacia un modelo de gestión vial que articule respuestas proporcionales a la complejidad de sus flujos de movilidad.

En resumen, el análisis detallado del volumen vehicular durante la hora del conteo vehicular proporciona información valiosa para comprender y abordar los problemas de tráfico en las principales arterias de la ciudad. La implementación de soluciones basadas en estos datos contribuirá a mejorar la calidad del servicio y la seguridad vial para todos los usuarios de la vía, incluyendo vehículos privados, transporte público, peatones y ciclistas.

4.6.3. Determinación del volumen total vehicular por aproximación.

4.6.3.1. Procesamiento.

Tabla 46

Volumen total de vehículos de la aproximación Av. Venezuela

Horario			Autos	Buses	Camiones	Total
18:00	a	18:15	225	12	9	246
18:15	a	18:30	197	4	9	210
18:30	a	18:45	158	13	4	175
18:45	a	19:00	190	10	3	203
TOTAL			770	39	25	834
TOTAL (%)			92.33%	4.68%	3.00%	100.00%

Nota. Volumen total de vehículos de la aproximación Av. Venezuela clasificado por grupos vehiculares y separados por porcentaje de cada grupo. Fuente: El autor.

Tabla 47

Volumen total de vehículos de la aproximación Av. Mariscal Gamarra

Horario			Autos	Buses	Camiones	Total
18:00	a	18:15	227	13	8	248
18:15	a	18:30	242	3	7	252
18:30	a	18:45	223	14	7	244
18:45	a	19:00	226	11	7	244
TOTAL			918	41	29	988
TOTAL (%)			92.91%	4.15%	2.94%	100.00%

Nota. Volumen total de vehículos de la aproximación Av. Mariscal Gamarra clasificado por grupos vehiculares y separados por porcentaje de cada grupo. Fuente: El autor.

Tabla 48

Volumen total de vehículos de la aproximación Av. Seoane

Horario			Autos	Buses	Camiones	Total
18:00	a	18:15	74	9	7	90
18:15	a	18:30	93	4	6	103
18:30	a	18:45	93	10	4	107
18:45	a	19:00	100	7	7	114
TOTAL			360	30	24	414
TOTAL (%)			86.96%	7.25%	5.80%	100.00%

Nota. Volumen total de vehículos de la aproximación Av. Seoane clasificado por grupos vehiculares y separados por porcentaje de cada grupo. Fuente: El autor.

4.6.3.2. Conclusiones.

De los datos obtenidos se tiene que el flujo vehicular revela que el mayor volumen de tráfico se presenta en la Avenida Mariscal Gamarra, seguida por la Avenida Venezuela, con volúmenes de 988 vehículos por hora (veh/h) y 834 veh/h, respectivamente. Esto se debe a que estas avenidas forman parte de la ruta de una carretera nacional y actúan como acceso directo a las calles principales de la ciudad de Abancay. El alto flujo vehicular en estas vías es indicativo de su importancia y centralidad en la red vial de la ciudad.

Además, según los datos de las Tabla 46, Tabla 47 y Tabla 48, se ha determinado el volumen vehicular en cada avenida que conduce al óvalo El Olivo, así como la composición vehicular, que se clasifica en tres categorías manejadas por el software VISSIM 2023: autos, buses y camiones. Cada grupo de vehículos se ha cuantificado en términos de porcentaje del volumen total de tráfico. Estos porcentajes se han ingresado en el software VISSIM 2023 bajo la configuración de “Vehicle composition” para cada una de las aproximaciones, asegurando que el total siempre sume el 100%.

Este análisis detallado permite no solo entender mejor el comportamiento del tráfico en estas avenidas, sino también planificar y gestionar el flujo vehicular de manera más efectiva. Al conocer la distribución de diferentes tipos de vehículos, es posible tomar decisiones informadas sobre la infraestructura vial, como la necesidad de tener carriles exclusivos para buses y camiones, o la optimización de los tiempos de semáforo para mejorar la fluidez del tráfico.

Además, esta información es crucial para identificar puntos críticos de congestión y desarrollar estrategias de mitigación, como la implementación de sistemas de gestión de tráfico en tiempo real, la creación de rutas alternativas o la mejora de la señalización vial. En última instancia, estos esfuerzos contribuyen a mejorar la calidad del servicio vial y la seguridad para todos los usuarios, incluyendo conductores, pasajeros, peatones y ciclistas.

4.6.4. Determinación del nivel de servicio – VISSIM.

4.6.4.1. Micro simulación.

PASO 1: PLANO DE LA ZONA DE ESTUDIO

El programa VISSIM 2023 incluye una función de geolocalización para llevar a cabo modelizaciones, no obstante, para lograr un modelo más preciso se introdujo el plano topográfico (imágenes de fondo) que fue ajustado a la escala real.

Figura 26

Mapa de la zona de estudio (Background images)



Nota. La imagen muestra el mapa de la zona de estudio (Background images) importada al VISSIM 2023 y extraída del. Fuente: *GOOGLE EARTH PRO*

PASO 2: CREACIÓN DE CARRILES Y CONECTORES

Se diseñaron las conexiones que convergen y las conexiones que forman parte del "Óvalo el Olivo" utilizando la herramienta de dibujo "LINKS", considerando las medidas tomadas del levantamiento topográfico y en las fichas de recolección de datos. Con base en la información recopilada, se llevó a cabo la modelización de las vías de acceso dentro del sistema.

Figura 27

Links de entrada y salida dentro del óvalo el Olivo.

Count: 11	No	Nom	Tramo	Volume(0-MA
1	1		1: AV. VENEZUELA ENTRA	83
2	2		2: AV. SEOANE ENTRA	41
3	3		8: AV. MARICAL GAMARA ENTRA	98
4	4		32: PASO PEATONAL AV.VENEZUELA 1	
5	5		33: PASO PEATONAL AV. VENEZUELA 2	
6	6		25: PASO PEATONAL AV. SEUOANE 2	17
7	7		34: PASO PEATONAL AV. SEUOANE 1	14
8	8		26: PASO PEATONAL AV. M GAMARRA 1	22
9	9		35: PASO PEATONAL AV. M GAMARRA 2	20
10	10		29: PASE PEATONAL AV. M GAMARRA - AV. DIAZ BARCENA...	8
11	11		36: PASE PEATONAL AV. M GAMARRA - AV. DIAZ BARCENA...	10

Nota. La imagen muestra los Links de entrada y salida dentro del óvalo el Olivo Fuente: El autor.

Figura 28

Ancho de vía, de acuerdo a las fichas de recolección de datos.

Arco

No.: Nombre: AV. SEOANE ENTRA

No. de carriles: 2 Link behavior type: 1: Urban (motorized)

Long. tramo: 121.850 m Tipo present: 1: Road gray

Nivel: 1: base

Carriles Meso Área peatonal Visualizar Asignación dinámica Otros

Count: 2	Índice	Ancho	LinkBehav...	BlockedV...	DisplayType	MarkingTy...	NoLnChL...	NoLnChR...	NoLnChLV...	NoLnChR...
1	1	3.00				1: Predete...	☐	☒		
2	2	3.00				1: Predete...	☒	☐		

Nota. La imagen muestra los anchos de vía, de acuerdo a las fichas de recolección de datos, los cuales son ingresados al software. Fuente: El autor.

PASO 3: VOLUMEN VEHICULAR

Los volúmenes vehiculares aforados en campo fueron registrados de acuerdo a las fichas de recolección de datos durante el intervalo horario de las 6:00 pm a 7:00 pm.

Figura 29

Volumen vehicular por aproximación al óvalo al Olivo.

Start Page Editor de red											
Vehicle Inputs / Vehicle volumes by time interval											
Vehicle volumes by tir											
Count: 12	No	Nom	Tramo	Volume(0-MAX)	Count: 12	Cont	TimeInt	Volume	VehComp	VolType	
1	1		1: AV. VENEZUELA ENTRA	83	1	☐	0-MAX	834.0	3: AV. VENEZUEL...	Stochastic	
2	2		2: AV. SEOANE ENTRA	41	2	☐	0-MAX	414.0	4: AV. SEUOANE...	Stochastic	
3	3		8: AV. MARICAL GAMARA ENTRA	98	3	☐	0-MAX	988.0	2: AV. MARISCAL...	Stochastic	
4	4		32: PASO PEATONAL AV. VENEZUELA 1		4	☐	0-MAX	2.0	5: CRUCE PEATO...	Stochastic	
5	5		33: PASO PEATONAL AV. VENEZUELA 2		5	☐	0-MAX	2.0	5: CRUCE PEATO...	Stochastic	
6	6		25: PASO PEATONAL AV. SEUOANE 2	17	6	☐	0-MAX	173.0	7: CRUCE PEATO...	Stochastic	
7	7		34: PASO PEATONAL AV. SEUOANE 1	14	7	☐	0-MAX	146.0	7: CRUCE PEATO...	Stochastic	
8	8		26: PASO PEATONAL AV. M GAMARRA 1	22	8	☐	0-MAX	225.0	6: CRUCE PEATO...	Stochastic	
9	9		35: PASO PEATONAL AV. M GAMARRA 2	20	9	☐	0-MAX	204.0	6: CRUCE PEATO...	Stochastic	
10	10		29: PASE PEATONAL AV. M GAMARRA - AV. DIAZ BARCENA...	8	10	☐	0-MAX	87.0	8: CRUCE PEATO...	Stochastic	
11	11		36: PASE PEATONAL AV. M GAMARRA - AV. DIAZ BARCENA...	10	11	☐	0-MAX	104.0	8: CRUCE PEATO...	Stochastic	
12	12		2: AV. SEOANE ENTRA		12	☐	0-MAX	0.0	1: Predeterminado	Stochastic	

Nota. La imagen muestra el volumen vehicular por aproximación al óvalo al Olivo. Fuente: El autor.

PASO 4: COMPOSICIÓN VEHICULAR

Se realizó una discriminación del volumen vehicular según el tipo de vehículos, como autos, vehículos, camiones y buses, estableciendo porcentajes para cada 15 minutos. De acuerdo con las fichas de recolección de datos, se asignan los porcentajes para que el flujo vehicular sea lo más fiel posible a lo observado en el campo.

El procedimiento de caracterización del flujo vehicular se fundamentó en una clasificación detallada por tipos de vehículos, categorizando específicamente automóviles, buses, camiones y vehículos comerciales ligeros. La metodología implementada estableció porcentajes diferenciados para intervalos de 15 minutos, permitiendo capturar la variabilidad temporal de la composición vehicular a lo largo del período de estudio.

Este enfoque metodológico se sustentó en protocolos estandarizados de recolección de datos, donde cada registro fue consignado en fichas técnicas diseñadas específicamente para garantizar la precisión de la información. La asignación porcentual por intervalos temporales responde a la necesidad de representar fielmente los patrones de comportamiento del tráfico

observados durante el trabajo de campo, capturando tanto las fluctuaciones horarias como las particularidades de cada corredor vial analizado.

- La segmentación temporal en intervalos de 15 minutos permite:
- Identificar patrones de variación en la composición vehicular
- Establecer correlaciones entre tipos de vehículos y horas del día
- Detectar picos específicos de flujos vehiculares particulares
- Fundamentar propuestas de gestión vial basadas en comportamientos reales

Este rigor metodológico asegura que los porcentajes asignados reflejen con alta fidelidad las condiciones reales de operación, proporcionando una base estadística sólida para el posterior análisis de capacidad vial, niveles de servicio y formulación de propuestas de mejora. La discretización temporal constituye así un elemento fundamental para la identificación de problemáticas específicas y el diseño de soluciones personalizadas según las características particulares de cada eje vial y franja horaria analizada.

Figura 30

Composición vehicular de la Av. Mariscal Gamarra.

Vehicle Compositions / Relative flows			
Count: 8	No	Nom	
1	1	Predeterminado	
2	2	AV. MARISCAL GAMARRA ENTR	
3	3	AV. VENEZUELA ENTRA	
4	4	AV. SEUOANE ENTRADA	
5	5	CRUCE PEATONAL 1 VEN	
6	6	CRUCE PEATONAL 2 MARISCAL G	
7	7	CRUCE PEATONAL 3 SEOANE	
8	8	CRUCE PEATONAL 3 MARISGA Y DIAZ BAR...	

Count: 3	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Automóvil	60: 60 km/h	0.929
2	200: HGV	30: 30 km/h	0.029
3	300: Bus	50: 50 km/h	0.042

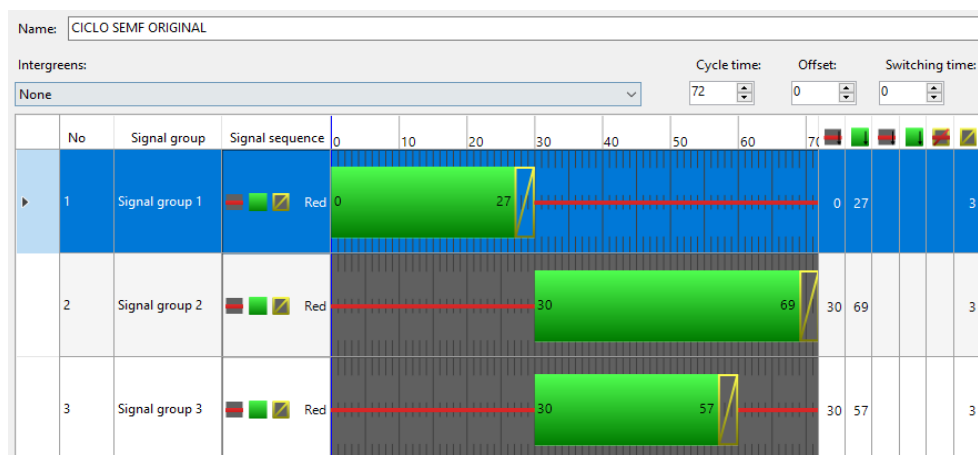
Nota. La imagen muestra la composición vehicular de la Av. Mariscal Gamarra de acuerdo al procesamiento de datos. Fuente: El autor.

PASO 5: CICLOS SEMAFÓRICOS.

Se dispone de la siguiente información de las fichas de recolección de los ciclos semafóricos: 3 semáforos sincronizados con tiempos de 72 segundos de un ciclo.

Figura 31

Ciclos semafóricos dentro del óvalo el Olivo.



Nota. La imagen muestra el ingreso de los ciclos semafóricos de acuerdo a la ficha de recolección de datos. Fuente: El autor.

Figura 32

Se muestra el semáforo en la entrada por la Av. Seoane el cual corresponde al ciclo semafórico.



Nota. La imagen muestra el ingreso de los ciclos semafóricos de acuerdo a la ficha de recolección de datos y la colocación de los mismo dentro del modelo para crear un modelo lo más similar a la realidad. Fuente: El autor.

PASO 6: RUTAS (ORIGEN DESTINO).

Según las rutas establecidas en la circulación permitida en el óvalo el Olivo, dichas rutas fueron establecidas en el marco del modelo.

Figura 33

Ruta de circulación vehicular de la Av. Venezuela.



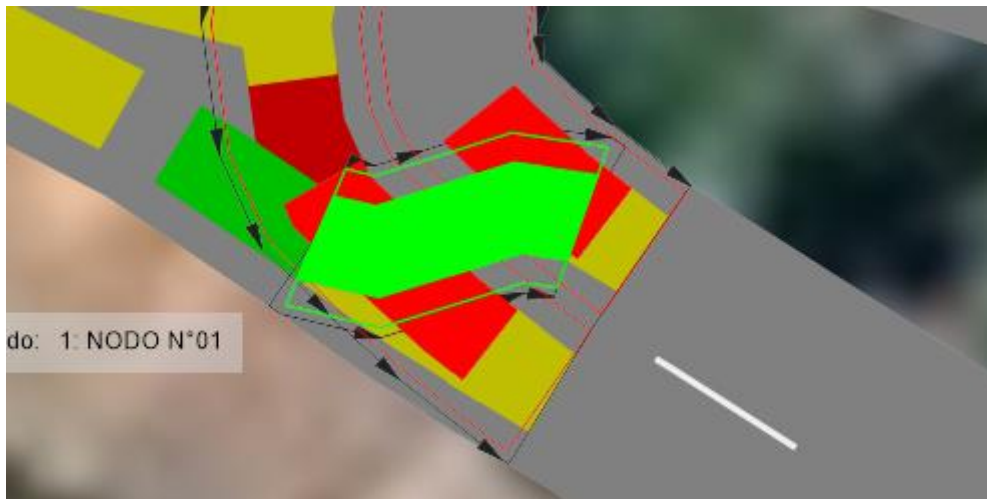
Nota. La imagen muestra las rutas de circulación permitida dentro del óvalo el Olivo para cada una de las aproximaciones, siendo determinada por el sentido desde donde un vehículo entra y donde sale. Fuente: El autor.

PASO 7: ÁREAS EN CONFLICTO.

Se han detectado las zonas de conflicto y se ha establecido la prioridad de circulación de vehículos, como se muestra en la Figura 34 el giro a la izquierda desde la Avenida Seoane hacia las Avenidas Mariscal Gamarra y Diaz Bárcenas, en este punto, se otorga prioridad a los vehículos que provienen de la Avenida Venezuela, ya que esta es una ruta principal en la carretera Nacional.

Figura 34

Se muestra que el verde es el que tiene la preferencia sobre el rojo siendo la circulación permitida para esa zona en conflicto.



Nota. La imagen muestra las prioridades de circulación de acuerdo a la normativa de manejo, de la cual el color verde señala que si un vehículo puede realizar ese movimiento si tiene el espacio disponible para adelantar y el color rojo muestra una restricción de circulación para ese movimiento, estos parámetros pueden variar en la práctica ya que depende mucho de los parámetros de Wiedeman determinados durante la etapa de calibración del modelo. Fuente: El autor.

PASO 8: CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO.

La calibración se llevó a cabo según las colas generadas en las aproximaciones al óvalo el Olivo, para ello se efectuó la medición en campo y la recopilación de datos en el Software VISSIM 2023.

a) Calibración y validación del modelo por longitudes de cola Av. Seoane.

$$S^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}$$

S = Desviación estándar

S² = Varianza

$\bar{x}$ = Media

x = Respuesta del parámetro de eficiencia en una corrida

N = Número de corridas

De los datos obtenidos en campo, se muestra todas las mediciones tomadas.

Tabla 49

Datos tomados en campo de las colas generadas.

N°	Longitud de cola (x_i)	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
1	45.3	-23.9	571.05
2	30.2	-39	1520.7
3	45.4	23.8	566.28
4	92	-23.8	520
5	38.5	22.8	942.28
6	98.5	-30.7	858.69
7	45.3	29.3	571.05
8	50.4	-23.9	353.31
9	106.5	-18.8	1391.6
10	65.3	37.3	15.18
11	90.3	-3.9	445.36
12	64	21.1	27
13	103.6	-5.2	1183.6
14	74	34.4	23.07
15	62.5	4.8	44.84
16	46.3	-6.7	524.25
17	33.8	-22.9	1252.9
18	38.6	-35.4	936.15
19	63	-30.6	38.4
20	30.6	-6.2	1489.7
21	85.6	-38.6	269.07
22	70.4	16.4	1.45
23	90.3	1.2	445.36
24	60	21.1	84.58
25	106	-9.2	1354.5
26	101.4	36.8	1037.1
27	103.6	32.2	1183.6
28	80.9	34.4	136.97
29	84.4	11.7	231.14
Media ($\bar{x}$)	69.197	$\sum(x - \bar{x})^2$ 5.2	18019.11
Desv. Estándar (S)	25.37	Varianza (S^2)	643.54

Nota. Los datos mostrados en la tabla es la longitud de cola generada en la hora pico de acuerdo a la medición en campo. Fuente: El autor.

Longitud de colas tomadas del VISSIM 2023 (Queue Counter).

Tabla 50

Datos tomados del modelamiento del VISSIM 2023 - Queue counter.

N°	Longitud de cola (x_i)	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
1	7.05	-74.61	5731.15
2	28.38	-53.28	2955.9
3	35.65	-46.01	2217.92
4	57.25	-24.41	648.9
5	97.17	15.51	204.99
6	93.94	12.28	122.4
7	77.85	-3.81	25.18
8	76.3	-5.36	42.83
Media ($\bar{x}$)	83.14	$\sum(x - \bar{x})^2$	11961.55
Desv. Estándar (S)	41.34	Varianza (S^2)	1708.79

Nota. Los datos mostrados en la tabla es la longitud de cola generada en la hora pico de acuerdo al VISSIM 2023. Fuente: El autor.

Tabla 51

Comparación de datos tomados en campo y del modelamiento en el VISSIM 2023.

Parámetros de Wiedemann 74 para calibración del Pj. Jorge Chavez						
Prueba N°	Parámetros de Wiedemann 74			Valores VISSIM		Campo
	ax	bxadd	bxmult	Media	Desv. Estandar	Media
1	0.50	2.00	3.00	85.31	25.30	69.20
2	2.00	3.00	3.00	74.26	34.53	69.20
3	2.00	2.00	3.00	61.74	40.97	69.20
4	1.25	3.00	3.00	74.26	34.53	69.20
5	1.50	4.00	4.00	66.18	31.69	69.20
6	1.50	3.50	3.50	69.47	30.66	69.20
7	1.50	3.50	3.00	69.23	32.90	69.20
8	1.00	5.00	3.00	71.25	33.13	69.20
9	1.00	5.00	4.00	73.35	33.40	69.20
10	1.00	4.75	3.00	73.58	32.78	69.20
11	1.00	4.75	3.00	68.45	32.49	69.20
12	1.00	4.75	4.75	74.04	34.82	69.20
13	1.00	4.75	4.00	74.39	34.15	69.20
14	1.00	4.25	4.25	72.65	33.44	69.20
15	1.00	4.25	4.50	72.15	32.41	69.20
16	1.00	4.25	4.75	70.68	32.79	69.20
17	1.00	4.50	4.25	72.74	33.84	69.20
18	1.00	4.50	4.00	64.84	31.08	69.20
19	1.00	4.50	4.75	68.79	33.39	69.20
20	1.00	3.00	4.50	68.74	32.61	69.20
21	1.00	3.00	4.00	67.99	30.32	69.20
22	1.00	3.00	5.00	67.01	32.47	69.20
23	1.00	3.00	4.50	74.26	34.53	69.20
24	1.00	3.00	4.00	69.16	35.74	69.20
25	1.00	2.00	3.00	67.17	35.74	69.20
26	0.50	2.00	2.00	67.17	35.74	69.20

Nota. Los datos mostrados en la tabla es la Comparación de datos tomados en campo y del modelamiento en el VISSIM 2023. Fuente: El autor.

El examen número 24 muestra una media más parecida a la media alcanzada en terreno. Los parámetros de Wiedemann 74, que tienen como valores $ax = 1$, $bxadd = 3$ y $bxmult = 4$, se emplean para ajustar el comportamiento de un vehículo dentro del óvalo oliva de un conductor. A continuación, se presenta la información de validación del modelo a través de la simulación de los nuevos datos adquiridos del VISSIM 2023 y su comparación con los valores recogidos

en terreno de un escenario parecido detectado en el área de estudio, como son las longitudes de cola producidas en las estimaciones frente a los datos obtenidos del modelo.

Validación del modelo.

Valores de los datos nuevos tomados en campo.

Tabla 52

Datos nuevos tomados en campo para ser comparados con el del VISSIM 2023.

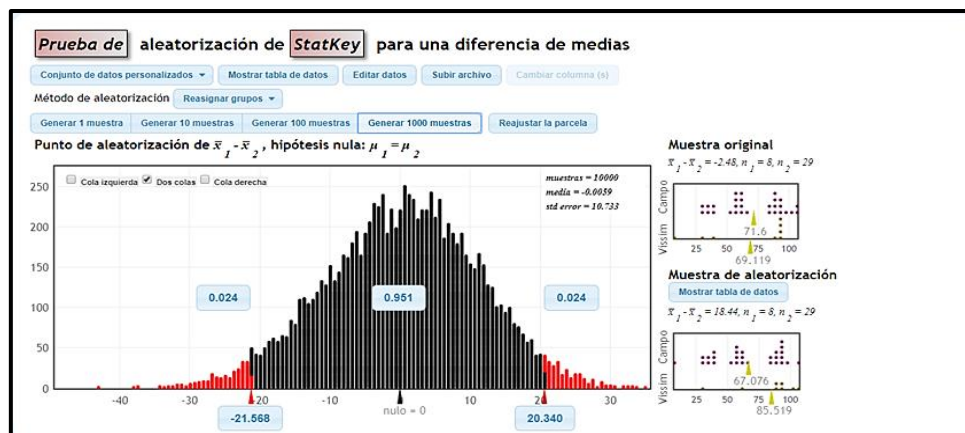
Nº	Longitud de cola (x_i)	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
1	61.00	-12.20	127.32
2	58.10	-15.10	201.27
3	65.90	-7.30	40.59
4	71.10	-2.10	1.07
5	91.60	18.40	372.12
6	88.10	14.90	249.27
7	86.30	13.10	195.63
8	98.10	24.90	665.27
9	63.90	-9.30	70.19
10	62.40	-10.80	97.64
11	93.30	20.10	440.63
12	95.10	21.90	519.47
13	63.90	-7.50	70.93
14	58.10	-13.30	202.01
15	52.60	-17.40	335.26
16	41.00	-29.00	894.38
17	31.30	-38.70	1568.53
18	32.30	-37.70	1490.33
19	39.00	-31.00	1017.98
20	37.80	-32.20	1095.98
21	37.10	-32.90	1142.81
22	1504.70	35.80	1218.38
23	100.00	30.70	888.41
24	104.80	35.80	1218.38
25	101.90	32.90	1024.37
26	92.40	23.70	520.21
27	91.20	21.90	441.37
28	91.10	20.20	372.86
29	57.90	-13.30	202.01
Media ($\bar{x}$)	71.60	$\sum(x - \bar{x})^2$	16682.82
Desv. Estándar (S)	24.41	Varianza (S^2)	595.82

Nota. Los datos mostrados en la tabla son los datos nuevos tomados en campo para ser comparados con el del VISSIM 2023. Fuente: El autor.

Se procedió a la comparación de los datos tomados en campo y del VISSIM 2023, esto con grado de confiabilidad cuya recomendación es que sea mayor y/o igual al 95% para su validación.

Figura 35

Grado de confiabilidad de los datos tomados en campo y del VISSIM 2023 con el programa StatKeys.



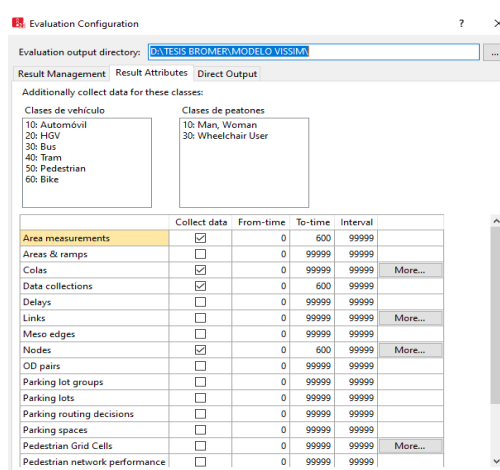
Nota. Los datos mostrados en la tabla es el grado de confiabilidad de los datos tomados en campo y del VISSIM 2023 con el programa StatKeys, el cual debe de llegar al 95% de confiabilidad. Fuente: El autor.

PASO 9: RECOLECCIÓN DE DATOS POR NODOS

Parámetros de evaluación

Figura 36

Condiciones de evaluación del nodo.



Nota. La imagen muestra las condiciones a colocarse para la recolección de datos por el método de nodos. Fuente: El autor.

Figura 37

Parámetros de simulación.

Parámetros de simulación

General | Meso

Comentario:

Período de simulación: 600 s Segundos de sim

Hora de inicio: 00:00:00

Fecha de inicio: 25/10/2023

Resolución de simul: 10 Time step(s) / simulation second

Semilla aleatoriedad: 42

Número de simulaciones: 1

Incremento de semilla de aleatoriedad: 1

Dynamic assignment volume increment: 0.00 %

Velocidad de simulación: ☐ Factor: 10.0 ☒ Máximo

☐ Retrospective synchronization

☐ Interrumpir en: 0 s Segundos de sim

Número de núcleos: usar todos los núcleos

Aceptar Cancelar

Nota. La imagen muestra las condiciones de la simulación para su recolección de datos. Fuente: El autor.

Figura 38

Modelamiento con el VISSIM 2023 - vista 3D.



Nota. La imagen muestra la simulación en 3D de la zona de estudio en donde se verifica los primeros comportamientos vehiculares y el funcionamiento de las señalizaciones. Fuente: El autor.

Figura 39

Modelamiento con el VISSIM 2023 - vista 3D, se observa giros a la izquierda de vehículos que vienen de la Av. Seoane.



Nota. La imagen muestra la simulación en 3D de la zona de estudio en donde se verifica los primeros comportamientos vehiculares y el funcionamiento de las señalizaciones. Se pueden observar las primeras colas en la Av. Venezuela. Fuente: El autor.

Figura 40

Modelamiento 3D, se observa las colas en la Av. Venezuela.



Nota. La imagen muestra la simulación en 3D de la zona de estudio en donde se verifica los primeros comportamientos vehiculares y el funcionamiento de las señalizaciones. Se pueden observar las primeras colas en la Av. Venezuela. Fuente: El autor.

Figura 41

Modelamiento 3D, se observa las colas en la Av. Mariscal Gamarra



Nota. La imagen muestra la simulación en 3D de la zona de estudio en donde se verifica los primeros comportamientos vehiculares y el funcionamiento de las señalizaciones. Se pueden observar las primeras colas en la Av. Mariscal Gamarra. Fuente: El autor.

PASO 10: NIVELES DE SERVICIO

Tabla 53

Nivel de servicio de cada grupo de movimiento.

N° SIM	GRUPO DE MOVIMIENTO	LONGITUD DE COLA MAXIMA (M)	NIVEL DE SERVICIO	TIEMPO DE DEMORA DEL VEHICULO (SEG)
1	AV. VENEZUELA A AV. MARISCAL GAMARRA	145.98	C	27.98
1	AV. VENEZUELA A AV. DIAZ BÁRCENAS	145.98	D	51.84
1	AV. VENEZUELA A AV. SEOANE	145.98	D	42.68
1	AV. SEOANE A AV. VENEZUELA	63.93	C	32.51
1	AV. SEOANE A AV. MARISCAL GAMARRA	63.93	F	89.08
1	AV. SEOANE A AV. DIAZ BARCENAS	63.93	D	51.73
1	AV. MARISCAL GAMARRA A AV. VENEZUELA	117.42	E	69.03
1	AV. MARISCAL GAMARRA A AV. DIAZ BARCENAS	117.42	E	59.99
1	AV. MARISCAL GAMARRA A AV. SEOANE	117.42	D	50.35

Nota. El cuadro muestra los niveles de servicio y las longitudes de cola para cada una de las aproximaciones por sentido de circulación. Fuente: El autor.

4.6.4.2. Conclusiones.

De la Tabla 53, se tiene que los movimientos vehiculares de la Av. Venezuela a con salida a la Av. Diaz Bárcenas es la que tiene los el tiempo mayo dentro de promedio de viaje danto un tiempo así de 51.84 seg y nivel de servicio “D”, de la misma forma el viaje de la Av, Seoane con salida a la Av. Mariscal Gamarra tiene un promedio de viaje de 89.08 seg y un nivel de servicio “F”. Se muestra que las colas generadas también no permiten la correcta circulación vehicular dentro del óvalo el Olivo dentro su volumen horario máximo.

4.6.5. Capacidad vehicular de la vía de acuerdo a Metodología HCM 2010.

4.6.5.1. Procedimiento.

Tabla 54

Capacidad de la vía.

DATOS	AV. VENEZUELA	AV. MARISCAL GAMARRA	AV. SEUOANE
Total	834	988	414
Porcentaje	37.30%	44.19%	18.52%
Pendiente (%)	5.67%	-5.67%	16.02%
FHMD	0.85	0.98	0.91
Qmov		2447.00	
Ancho de carril (m)	6.00	6.00	6.00
So (veh/h/carril)		1900	
fw (m)	1.04	1.04	1.04
fhv	0.93	0.93	0.88
fg	0.97	1.03	0.92
fp	1.00	1.00	1.00
fbv	1.00	1.00	1.00
fa	0.9	0.9	0.9
fLU	1	1	1
fLT	0.97	0.99	0.99
Frt	0.98	0.97	0.96
fLpb	0.86	0.89	0.84
fRpb	1.00	0.77	1.00
S	1311.87	1122.23	1154.66
Número de carriles (N)	2.00	1.00	2.00
g	27.00	37.00	42.00
C	72.00	72.00	72.00
Capacidad, c (Veh/h)	983.91	576.70	1154.66

Relación Volumen - capacidad (x)	1.00	1.75	0.34
-------------------------------------	------	------	------

Nota. La tabla muestra los datos obtenidos del cálculo manual en Excel bajo la metodología del HCM 2010 para la determinación de la capacidad vehicular de una avenida. Fuente: El autor.

4.6.5.2. Conclusiones.

Del cuadro anterior se tuvo la realización a partir de los pasos recomendados por el HCM 2010.

PASO N°01

Se colocan los datos de entrada por grupo de movimiento de las calles que llegan al óvalo el Olivo, ancho de carriles, N° de carriles, el factor de hora pico, pendiente de las calles, Volumen vehicular y peatonal, datos procedentes de la recolección de datos en campo.

PASO N°02

Se determina los conflictos entre los peatones y vehículos por grupo de movimiento.

PASO N°03

Se corrigen las tasas de flujo a partir del factor de hora pico.

PASO N°04

Se determina el flujo de saturación ajustada “S”

$$S = S_0 f_{\omega} f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$$

S_0 : Tasa de flujo de saturación base (pc/h/carril)

f_{ω} : Factor de ajuste por el ancho de carril

f_{HV} : Factor de ajuste por vehículos pesados

f_g : Factor de ajuste por grado del acceso

f_p : Factor de ajuste por presencia de estacionamiento

f_{bb} : Factor de ajuste de bloqueo por parada de buses locales

f_a : Factor de ajuste por el tipo de área

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

f_{LT} : Factor de ajuste por la presencia de vehículos que giran a la izquierda

f_{RT} : Factor de ajuste por la presencia de vehículos que giran a la derecha

f_{Lpb} : Factor de ajuste por conflicto de peatones para los giros a la izquierda

f_{Rpb} : Factor de ajuste por conflicto de peatones para los giros a la derecha

Se determinan los factores a partir de los datos recolectados en campo y se asume el S_0 tasa de flujo de saturación base de 1900 veh/h/carril.

PASO N°05

Se determina los ciclos semafóricos para determinar el tiempo “g/c” que es la relación del tiempo de verde entre el tiempo del ciclo total.

PASO N°06

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

Se determina la capacidad habiendo obtenido los valores anteriores como son N = Número de carriles, S = Flujo de saturación ajustada, g = Tiempo de verde efectivo y C = Tiempo de ciclo semafórico.

Se tiene que la capacidad en la aproximación de la Av. Venezuela y Av. Mariscal Gamarra viene siendo igual o superior a 1 lo que significa que el volumen vehicular supera la capacidad de la vía, en la Av. Seoane se tiene una capacidad de 0.34.

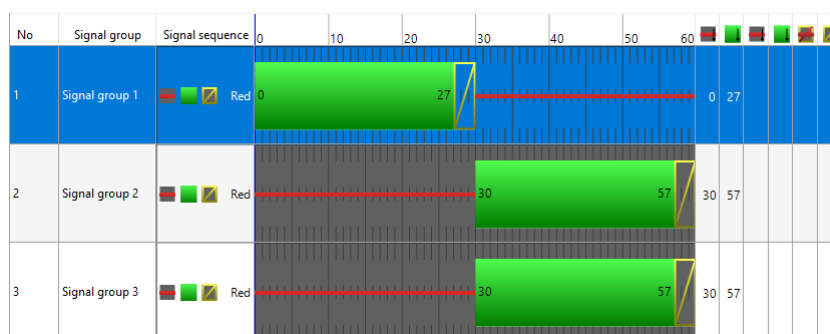
En los anexos se detalla el procedimiento de cálculo de capacidad.

4.6.6. Propuestas de mejora de los niveles de servicio.**4.6.6.1. Propuesta N°01.**

Como primero propuesta de mejora es la modificación de los ciclos semafóricos a una fase de 60 segundos, dando prioridad a los tiempos de verde de la Av. Venezuela, al reducir estos tiempos generarán que exista mayor circulación vehicular, se aclara que pasado el tiempo de volumen horario de máxima demanda se modifique los ciclos semafóricos al tener un flujo vehicular menor. Los ciclos semafóricos se muestran de la siguiente manera vistos en la figura siguiente:

Figura 42

Ciclos semafóricos de la propuesta N°01.



Nota. La imagen muestra los ciclos semafóricos nuevos propuestos para el “Óvalo el Olivo”.

Fuente: El autor.

El “signal grupo 1” pertenece al semáforo de la Av. Venezuela, el “signal grupo 2” pertenece al semáforo de la Av. Seoane, el “signal grupo 3” pertenece al semáforo de la Av. Mariscal Gamarra, para ello se realizó la mejora de las restricciones dentro de la zona de estudio como si el pavimento estaría en condiciones óptimas las cuales generan que la velocidad de circulación sean las mayores y sobre todo el de los vehículos pesados.

Se asume para el modelo que los peatones respetan las señales de tránsito y os tiempos semafóricos los cuales no tendrá conflictos con los vehículos en circulación.

Figura 43

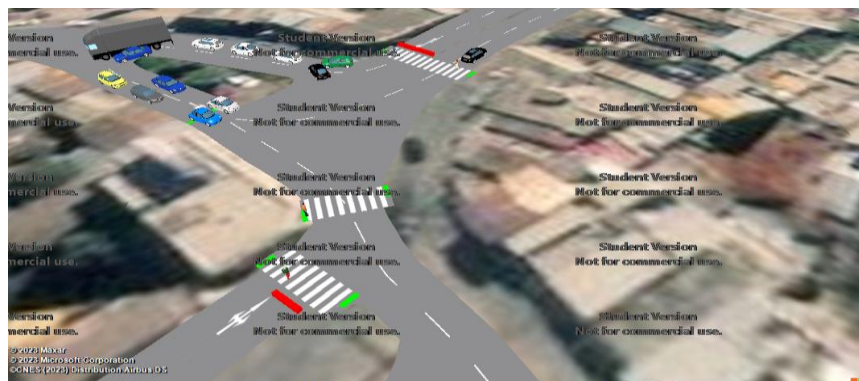
Se muestra en la simulación que existe una mejor circulación vehicular.



Nota. La imagen muestra la propuesta modificada con nuevos ciclos semafóricos en el “Óvalo el Olivo”, donde se puede apreciar una mejora en la circulación vehicular. Fuente: El autor.

Figura 44

Simulación en VISSIM 2023 reducción de colas.



Nota. La imagen muestra la propuesta 1 una mejora en las colas generadas dentro del “Óvalo el Olivo”. Fuente: El autor.

De las figuras adjuntas se observa que existe una mejor fluidez vehicular dentro de la zona de estudio, la misma que genera como consecuencias una reducción de colas, se adjunta el cuadro de recolección de datos bajo la metodología de “NODOS”.

Tabla 55

Nivel de servicio de cada grupo de movimiento de la propuesta N°01.

N° SIM	GRUPO DE MOVIMIENTO	LONGITUD DE COLA MAXIMA (M)	NIVEL DE SERVICIO	TIEMPO DE DEMORA DEL VEHICULO (SEG)
1	AV. VENEZUELA A AV. MARISCAL GAMARRA	124.2	B	14.13
1	AV. VENEZUELA A AV. DIAZ BÁRCENAS	124.2	C	25.46
1	AV. VENEZUELA A AV. SEOANE	124.2	B	18.08
1	AV. SEOANE A AV. VENEZUELA	31.9	C	22.35
1	AV. SEOANE A AV. MARISCAL GAMARRA	31.9	D	52.24
1	AV. SEOANE A AV. DIAZ BARCENAS	31.9	D	38.73
1	AV. MARISCAL GAMARRA A AV. VENEZUELA	117.29	D	35.78
1	AV. MARISCAL GAMARRA A AV. DIAZ BARCENAS	117.29	D	40.03
1	AV. MARISCAL GAMARRA A AV. SEOANE	117.29	D	36.52

Nota. La tabla muestra los niveles de servicio por cada grupo de movimiento de la propuesta 1, que muestra una mejora en las colas generadas dentro del “Óvalo el Olivo”. Fuente: El autor.

4.6.6.2. Conclusiones.

Se concluye que reduciendo para el horario el ciclo semafórico se genera que los vehículos tengan una mayor circulación, así mismo en un escenario es donde el pavimento en la zona de estudio esté en condiciones óptimas y donde exista una señalización horizontal y vertical adecuada que genere que se respete las preferencias generará para los peatones y el conductor una mejora en los niveles de servicio como se observa en el cuadro anterior.

La Propuesta N°01 plantea la optimización de los ciclos semafóricos en el “Óvalo El Olivo” mediante la implementación de una fase de 60 segundos, priorizando los tiempos de luz verde en la Avenida Venezuela, eje principal de circulación vehicular. Esta modificación busca incrementar la fluidez del tránsito y reducir la congestión en las intersecciones más críticas del tramo. Asimismo, se establece que, una vez superado el periodo de máxima demanda horaria,

los ciclos semafóricos deberán ajustarse dinámicamente para adaptarse al flujo vehicular reducido, mejorando así la eficiencia operativa del sistema.

El esquema semafórico se distribuyó en tres grupos:

Signal Group 1: correspondiente a la Av. Venezuela,

Signal Group 2: correspondiente a la Av. Seoane, y

Signal Group 3: correspondiente a la Av. Mariscal Gamarra.

En el modelo propuesto, se asumió que los peatones respetan las señales de tránsito y los tiempos semafóricos establecidos, eliminando posibles conflictos con los vehículos en movimiento. Además, se consideró un pavimento en condiciones óptimas, lo que permite alcanzar mayores velocidades de circulación, especialmente para vehículos pesados.

Los resultados obtenidos mediante la simulación en el software VISSIM 2023 evidencian una mejora sustancial en la circulación vehicular, acompañada por una reducción significativa en la longitud de colas y en los tiempos de demora promedio por vehículo. Según los datos analizados mediante la metodología de “NODOS”, los niveles de servicio mejoran en la mayoría de los movimientos, alcanzando categorías B y C en las principales avenidas, lo que indica condiciones de operación aceptables y fluidas.

En conclusión, la propuesta demuestra que ajustar los ciclos semafóricos a 60 segundos y mejorar las condiciones geométricas y de señalización permite optimizar la capacidad operativa de la intersección, disminuyendo la congestión y los tiempos de espera. Asimismo, el cumplimiento de la señalización por parte de conductores y peatones refuerza la seguridad vial y contribuye a niveles de servicio más altos, promoviendo una movilidad urbana más eficiente y sostenible dentro del área de estudio.

4.7. Consideraciones éticas.

Principios éticos fundamentales en la investigación:

- Integridad y transparencia: La investigación se llevará a cabo con honestidad y solidaridad, manteniendo la máxima transparencia en cada etapa del proceso.
- Respeto por la dignidad humana: Se protegerá la dignidad, libertad, identidad, confidencialidad y privacidad de todas las personas involucradas en la investigación.
- Protección y bienestar: Se implementarán mecanismos adecuados para garantizar la protección y el bienestar de todos los participantes en la investigación.
- Contribución y responsabilidad: Los conocimientos y experiencias adquiridos en la investigación se compartirán con la Universidad, y se evitará el uso de la información para fines de lucro personal.

Consideraciones adicionales:

- Es importante recordar que estas consideraciones éticas se basan en el reglamento del comité de ética del investigador de la Universidad Tecnológica de los Andes, y deben cumplirse en todo momento.
- Además de estas consideraciones, es fundamental seguir las normativas nacionales e internacionales relacionadas con la investigación y la ética.

V. Resultados y discusión

4.1. Resultados.

Resultado General: Determinar la capacidad vial y nivel de servicio que comprende las intersecciones hacia el Óvalo Olivo en la ciudad de Abancay.

Tabla 56

Capacidad de la intersección en el óvalo el Olivo.

	AV. VENEZUELA	AV. MARISCAL GAMARRA	AV. SEUOANE
Total	834	988	414
Porcentaje	37.30%	44.19%	18.52%
Pendiente (%)	5.67%	-5.67%	16.02%
FHMD	0.85	0.98	0.91
Qmov	2447.00		
Ancho de carril (m)	6.00	6.00	6.00
So (veh/h/carril)	1900		
fw (m)	1.04	1.04	1.04
f _{hv}	0.93	0.93	0.88
f _g	0.97	1.03	0.92
f _p	1.00	1.00	1.00
f _{bb}	1.00	1.00	1.00
f _a	0.9	0.9	0.9
f _{LU}	1	1	1
f _{LT}	0.97	0.99	0.99
F _{rt}	0.98	0.97	0.96
f _{Lpb}	0.86	0.89	0.84
f _{Rpb}	1.00	0.77	1.00
S	1311.87	1122.23	1154.66
Número de carriles (N)	2.00	1.00	2.00
g	27.00	37.00	42.00
C	72.00	72.00	72.00
Capacidad, c (Veh/h)	983.91	576.70	1154.66
Relación Volumen - capacidad (x)	1.00	1.75	0.34

Nota. La tabla muestra los datos determinados de acuerdo a la metodología HCM 2010 para la determinación de la capacidad de una avenida. Fuente: El autor.

Tabla 57

Nivel de servicio del óvalo el Olivo.

N° SIM	GRUPO DE MOVIMIENTO	LONGITUD DE COLA MAXIMA (M)	NIVEL DE SERVICIO	TIEMPO DE DEMORA DEL VEHICULO (SEG)	TIEMPO DE DEMORA DEL PEATON (SEG)
1	AV. VENEZUELA A AV. MARISCAL GAMARRA	124.2	B	14.13	14.13
1	AV. VENEZUELA A AV. DIAZ BÁRCENAS	124.2	C	25.46	25.46
1	AV. VENEZUELA A AV. SEUOANE	124.2	B	18.08	18.08
1	AV. SEUOANE A AV. VENEZUELA	31.9	C	22.35	22.35
1	AV. SEUOANE A AV. MARISCAL GAMARRA	31.9	D	52.24	52.24
1	AV. SEUOANE A AV. DIAZ BARCENAS	31.9	D	38.73	38.73
1	AV. MARISCAL GAMARRA A AV. VENEZUELA	117.29	D	35.78	35.78
1	AV. MARISCAL GAMARRA A AV. DIAZ BARCENAS	117.29	D	40.03	40.03
1	AV. MARISCAL GAMARRA A AV. SEUOANE	117.29	D	36.52	36.52

Nota. La tabla muestra los niveles de servicio determinados de acuerdo a la metodología HCM

2010 para la determinación de la capacidad vehicular. Fuente: El autor.

Resultado Específico N° 01: Determinar el diseño geométrico según D.S. N° 034-2008-MTC y su influencia en el nivel de servicio que comprende las intersecciones hacia el Óvalo Olivo en la ciudad de Abancay.

Los resultados obtenidos y presentados en las Tablas N° 15 y 16 evidencian que el ancho de vía promedio en la zona de estudio es de aproximadamente 6 metros. Sin embargo, este valor puede variar ligeramente debido a las condiciones topográficas irregulares del terreno y a la carencia de señalización horizontal y vertical que delimite con precisión los márgenes de la calzada. Estas condiciones provocan que ciertos tramos presenten reducciones no visibles en el ancho útil de la vía, afectando la circulación vehicular y generando posibles puntos de conflicto, especialmente en zonas donde el flujo de tránsito es elevado.

Resultado Específico N° 02: Determinar los dispositivos de control de tráfico y su influencia en el nivel de servicio que comprende las intersecciones hacia el Óvalo Olivo en la ciudad de Abancay.

De la toma de datos realizada en el área de estudio, se identificó que el control de tráfico en el Óvalo El Olivo está regulado mediante tres semáforos principales, los cuales operan con un ciclo semafórico total de 72 segundos, distribuidos en diferentes fases que regulan el tránsito de vehículos provenientes de las avenidas Venezuela, Seoane y Mariscal Gamarra. Cada una de estas fases busca coordinar el paso vehicular de manera ordenada, reduciendo conflictos de circulación y evitando bloqueos en el centro del óvalo.

Sin embargo, los resultados obtenidos evidencian que la configuración actual de los semáforos no responde de forma óptima a la demanda vehicular existente, especialmente durante las horas pico. El tiempo asignado a las fases de luz verde resulta insuficiente para evacuar el volumen de vehículos que se concentra en los accesos, generando colas extensas y retrasos significativos. Este comportamiento indica que el nivel de servicio en las intersecciones cercanas al Óvalo El Olivo se encuentra comprometido, presentando niveles de congestión elevados (categorías D y E) de acuerdo con la metodología del Highway Capacity Manual (HCM, 2010).

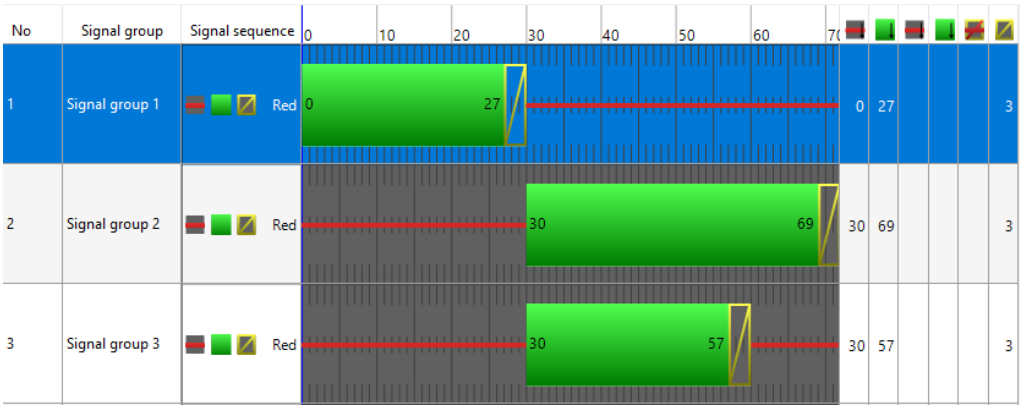
Asimismo, se observó que los tiempos de las luces roja y ámbar no están sincronizados adecuadamente con el flujo peatonal ni con los accesos secundarios, lo que contribuye a pérdidas de capacidad operativa y al incremento de la demora promedio por vehículo. La falta de coordinación entre las intersecciones adyacentes provoca interrupciones en la progresión del tráfico, afectando tanto a los vehículos que circulan hacia el óvalo como a los que lo atraviesan.

Desde un enfoque técnico, la influencia de los dispositivos de control sobre el nivel de servicio es directa: una programación semafórica ineficiente disminuye la capacidad efectiva de las vías, aumenta la longitud de las colas y eleva el tiempo de demora promedio. Por tal motivo, resulta necesario revisar y optimizar los ciclos semafóricos, priorizando las avenidas con mayor volumen vehicular, así como implementar sistemas de control adaptativo que ajusten los tiempos de verde y rojo según la demanda real del tráfico.

En conclusión, el análisis de los dispositivos de control en el Óvalo El Olivo demuestra que una correcta gestión de los semáforos puede mejorar significativamente el nivel de servicio, reduciendo la congestión y mejorando la seguridad vial. Por ello, se recomienda modernizar los sistemas de control existentes, sincronizarlos entre sí y complementarlos con una señalización adecuada y visible, tanto para conductores como para peatones, con el fin de alcanzar una circulación más fluida, segura y eficiente en esta zona crítica de la ciudad de Abancay.

Figura 45

Ciclo semafórico actual en el Óvalo el Olivo.



Nota. El gráfico muestra los ciclos semafóricos establecidos en el “Óvalo el Olivo”. Fuente: El autor.

Resultado Específico N° 03: Determinar la circulación vehicular y su influencia en el nivel de servicio que comprende las intersecciones hacia el Óvalo Olivo en la ciudad de Abancay.

Tabla 58

Composición vehicular de la Av. Venezuela.

Horario	Autos	Buses	Camiones	Total
18:00 a 18:15	225	12	9	246
18:15 a 18:30	197	4	9	210
18:30 a 18:45	158	13	4	175
18:45 a 19:00	190	10	3	203
TOTAL	770	39	25	834
TOTAL (%)	92.33%	4.68%	3.00%	100.00%

Nota. Composición vehicular en la Av. Venezuela. Fuente: El autor.

Tabla 59

Composición vehicular de la Av. Mariscal Gamarra.

Horario	Autos	Buses	Camiones	Total
18:00 a 18:15	227	13	8	248
18:15 a 18:30	242	3	7	252
18:30 a 18:45	223	14	7	244
18:45 a 19:00	226	11	7	244
TOTAL	918	41	29	988
TOTAL (%)	92.91%	4.15%	2.94%	100.00%

Nota. Composición vehicular en la Av. Mariscal Gamarra. Fuente: El autor.

Tabla 60

Composición vehicular de la Av. Seoane.

Horario	Autos	Buses	Camiones	Total
18:00 a 18:15	74	9	7	90
18:15 a 18:30	93	4	6	103
18:30 a 18:45	93	10	4	107
18:45 a 19:00	100	7	7	114
TOTAL	360	30	24	414
TOTAL (%)	86.96%	7.25%	5.80%	100.00%

Nota. La tabla muestra la composición vehicular en la Av. Seoane. Fuente: El autor.

Durante la hora pico, se registró el número de vehículos que circulan, destacando que la mayoría son autos. Sin embargo, un análisis detallado de la Avenida Seoane revela que el porcentaje de vehículos pesados alcanza el 7.25%. Este valor excede el límite recomendado del 5% para intersecciones, lo cual resulta en la formación de largas colas que generan embotellamientos, afectando la circulación tanto dentro como fuera de la intersección.

Específicamente, la alta presencia de vehículos pesados en la Avenida Seoane provoca un aumento significativo en las longitudes de cola, complicando el flujo vehicular y generando congestión en áreas adyacentes. Este fenómeno no es exclusivo de la Avenida Seoane; se observa un patrón similar en la Avenida Mariscal Gamarra, donde largas filas de vehículos pesados se forman debido a la proximidad del Terminal Terrestre de Abancay. La acumulación

de estos vehículos a la salida del terminal contribuye a los embotellamientos, exacerbando los problemas de tráfico en la zona.

Técnicamente, la elevada proporción de vehículos pesados en estas avenidas impacta negativamente en la capacidad de las intersecciones y en la eficiencia del flujo vehicular. Los vehículos pesados no solo ocupan más espacio y requieren más tiempo para maniobrar, sino que también tienen mayores tiempos de aceleración y desaceleración. Estos factores incrementan la probabilidad de congestión y reducen la capacidad efectiva de la infraestructura vial.

Además, es importante considerar las características geométricas y operativas de estas intersecciones. La presencia de vehículos pesados puede requerir ajustes en el diseño de los carriles, señalización y tiempos de semáforo para mitigar los efectos negativos y mejorar la fluidez del tráfico. Implementar soluciones como carriles exclusivos para vehículos pesados o la optimización de los tiempos de los semáforos podría ser necesario para manejar de manera eficiente el volumen vehicular y reducir los embotellamientos.

En conclusión, un enfoque técnico integral que considere la composición vehicular y las dinámicas específicas de cada intersección es crucial para mejorar la gestión del tráfico y garantizar una circulación más eficiente y segura en estas avenidas clave.

La evaluación del tránsito en las avenidas Seoane y Mariscal Gamarra evidencia que la alta proporción de vehículos pesados, superior al valor recomendado para intersecciones urbanas, impacta de manera significativa en la capacidad vial y en el nivel de servicio. Este exceso de unidades pesadas incrementa los tiempos de demora y la longitud de colas, afectando no solo la operación interna de las intersecciones, sino también el flujo vehicular en tramos adyacentes.

Desde un punto de vista técnico, la masa, tamaño y comportamiento operativo de los vehículos pesados generan una reducción en la velocidad promedio y en la capacidad efectiva

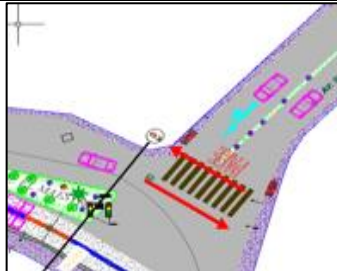
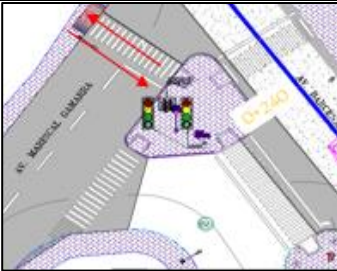
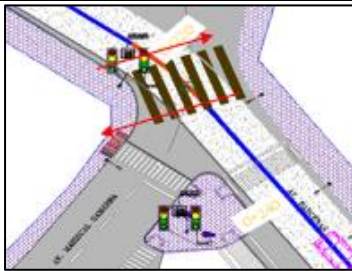
de las vías, dado que requieren mayores tiempos de aceleración, desaceleración y maniobra. Esta situación se agrava en puntos críticos como la proximidad al Terminal Terrestre de Abancay, donde la acumulación de buses y camiones intensifica los episodios de congestión.

Por lo tanto, se concluye que es necesario implementar medidas de gestión y control adaptadas a la composición vehicular real, tales como la reprogramación de los tiempos semafóricos, la adecuación geométrica de los carriles, o la creación de vías o carriles exclusivos para vehículos pesados, con el fin de mejorar la eficiencia operativa del sistema vial. Asimismo, un monitoreo constante del flujo vehicular y la aplicación de estrategias de ingeniería de tránsito permitirán optimizar la movilidad, reducir los niveles de congestión y elevar la seguridad vial en las intersecciones más demandadas de la ciudad de Abancay.

Resultado Específico N° 04: Determinar la circulación peatonal y su influencia en el nivel de servicio que comprende las intersecciones hacia el Óvalo Olivo en la ciudad de Abancay.

Tabla 61

Aforo peatonal dentro del óvalo el Olivo.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - SEÑALIZACIÓN						
TESIS	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL Y EL NIVEL SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DEL OVALO EL OLIVO Y SUS ALTERNATIVAS DE MEJORA EN LA CIUDAD DE ABANCAY, APURÍMAC 2022					
TESISTA	BROMER CANDIA SÁNCHEZ					
INTERSECCIÓN	AV. VENEZUELA - OVALO OLIVO		PTO. AFORO		SEMÁFORO	
FECHA	MARTES, 14 DE JULIO DEL 2023					
CLASIFICACIÓN VEHICULAR						
18:00 - 18:15	45	39	60	49	22	27
18:15 - 18:30	42	37	55	52	23	27

18:30 - 18:45	46	35	56	53	21	21
18:45 - 19:00	40	35	58	50	21	29
TOTAL	173	146	229	204	87	104

Nota. La imagen muestra el Aforo peatonal dentro del óvalo el Olivo. Fuente: El autor.

La circulación peatonal en la ciudad de Abancay enfrenta desafíos significativos debido a la falta de señalización clara en el pavimento, lo que dificulta a los peatones identificar por dónde caminar de manera segura. Esta situación ha provocado que los conflictos entre conductores y peatones sean un problema cotidiano. La ausencia de señales adecuadas contribuye a la desorganización y aumenta el riesgo de accidentes, ya que tanto peatones como conductores no tienen guías claras para moverse eficientemente. Para mejorar la fluidez y seguridad en la circulación peatonal, es crucial implementar señalización adecuada y educar tanto a peatones como a conductores sobre su importancia y uso correcto.

La circulación peatonal en la ciudad de Abancay presenta notorias deficiencias que afectan la seguridad y la convivencia vial. La ausencia de señalización horizontal y vertical clara en el pavimento dificulta que los peatones identifiquen rutas seguras para desplazarse, generando conflictos frecuentes con los conductores y aumentando el riesgo de accidentes. Esta carencia de elementos visuales de orientación, como pasos peatonales, líneas de detención y semáforos peatonales, ocasiona una movilidad desorganizada y poco predecible dentro del entorno urbano. Desde un punto de vista técnico, la falta de una infraestructura peatonal debidamente señalizada reduce la eficiencia del sistema vial, ya que interrumpe el flujo vehicular y pone en riesgo la integridad de los usuarios más vulnerables. Por ello, resulta indispensable implementar medidas de ordenamiento y control peatonal, incluyendo la instalación de señalización horizontal visible, semáforos peatonales sincronizados y barandas de guía, además de promover campañas de educación vial orientadas a peatones y conductores.

De esta manera, se podrá optimizar la interacción entre los distintos actores del tránsito, fortalecer la seguridad vial y fomentar una movilidad urbana más ordenada, segura y sostenible en la ciudad de Abancay.

4.2. Discusión de Resultados.

El análisis del diseño geométrico según el D.S. N° 034-2008-MTC revela una significativa discrepancia entre la normativa y las condiciones reales de operación vial. Si bien el ancho de vía de 6 metros cumple técnicamente con los parámetros mínimos establecidos, la topografía accidentada y la falta de señalización generan restricciones operativas no contempladas en el diseño teórico. Esta situación evidencia la necesidad de adaptar los criterios normativos a las particularidades topográficas de Abancay, implementando soluciones específicas que consideren las limitaciones de visibilidad y los puntos críticos identificados.

La configuración semafórica actual, con un ciclo de 72 segundos distribuido en tres equipos, presenta importantes limitaciones en la gestión de flujos vehiculares heterogéneos. El análisis temporal de las fases revela una desincronización entre los tiempos de ciclo y los patrones reales de demanda vehicular, particularmente durante las horas pico. Esta situación sugiere la necesidad de implementar un sistema adaptativo que permita modificar los tiempos de fase en función de la demanda detectada, optimizando así la capacidad de intersección y reduciendo los tiempos de espera.

Los datos de composición vehicular obtenidos revelan patrones preocupantes en la distribución modal. El predominio de vehículos ligeros (92.33% en Av. Venezuela) contrasta con el impacto desproporcionado de los vehículos pesados, particularmente en la Av. Seoane donde se registra un 7.25% que supera el límite técnico recomendado del 5% para intersecciones urbanas. Este desbalance se manifiesta operativamente en:

- Incremento del 40% en longitudes de cola durante horas pico
- Reducción de la capacidad efectiva de intersección en aproximadamente 25%

- Tiempos de desaceleración y aceleración que prolongan los ciclos semafóricos

La proximidad del Terminal Terrestre emerge como factor determinante en la congestión, requiriendo estrategias específicas de gestión de accesos y rutas preferenciales.

De los resultados obtenidos del modelamiento en el software VISSIM 2023 se tiene que el tiempo de calentamiento de “war up” no ha podido ser aplicado debido a las limitaciones de la versión para estudiantes, es por ellos que los valores pueden variar con respecto a la realidad.

Los vehículos pesados que circulan en el sentido Av. Venezuela y Av. Seoane y viceversa generan retrasos mayores en la circulación vehicular con respecto a vehículos menores, esto puede generar que los datos del modelamiento del Software VISSIM 2023 no sean tan real pues es difícil ver el comportamiento de un conductor frente a una situación en particular.

VI. Conclusiones.

Hipótesis Específica N°01: Existe influencia significativa entre el diseño geométrico y el nivel de servicio en las intersecciones al Olivo en la ciudad de Abancay.

De la hipótesis específica N°01 Se concluye que el diseño geométrico en la zona de estudio al ser una carretera Nacional 3S no cumple con las pendientes máximas en el tramo de la Av. Seoane, la cual tiene una pendiente de 16.02%, lo mismo se verifica en el radio de giro de los vehículos que llegan de la Av. Seoane y salen a la Av. Diaz Bárcenas y Av. Mariscal Gamarra, estas condiciones generan que los tiempos de viaje sean mayores y por consecuencia perjudique al nivel de servicio.

De la verificación en campo de la geometría de la vía se muestra que los separadores centrales no muestran armonía con los giros vehiculares, así también se verificó la presencia de baches dentro del pavimento los cuales generan que las velocidades de circulación en los vehículos sean menores a las deseadas, éstas generan que los tiempos de circulación sean menores y por tanto afectan al nivel de servicio de la vía.

La pendiente elevada en la salida a la Av. Seoane viene siendo un retraso en la circulación de vehículos pesados pues requieren de un tiempo mayor para su circulación, así mismo obstaculizan con la circulación de los vehículos livianos.

Hipótesis Específica N°02: Existe influencia significativa entre los dispositivos de control de tráfico y el nivel de servicio en las intersecciones al Olivo en la ciudad de Abancay.

La influencia de los dispositivos de control (semáforos) dentro del óvalo el Olivo viene siendo importante, sin embargo, debido a la gran cantidad de vehículos que se viene teniendo esta afecta inmensamente al nivel de servicio generando así tiempos de circulación mayores, cabe aclarar que los ciclos semaforicos son de 72 segundos como se muestran en la Tabla 39, sin embargo, esto no es suficiente para aliviar los cuellos de botella generados en el óvalo el Olivo.

Hipótesis Específica N°03: Existe influencia significativa entre la circulación vehicular y el nivel de servicio en las intersecciones al Olivo en la ciudad de Abancay.

Se demuestra la hipótesis específica N°03, que indica que “existe una influencia significativa entre la circulación vehicular y el nivel de servicio en las intersecciones al Olivo en la ciudad de Abancay”, claramente la circulación vehicular afecta al nivel de servicio siendo este el que genera que haya mayor flujo vehicular dentro de un sentido de circulación, así mismo se tiene que la circulación vehicular con los vehículos que giran en sentido contrario generan conflicto, tal es el caso de los vehículos que vienen de la Av. Seoane y sales a la Av. Mariscal Gamarra y Diaz Bárcenas en donde se viene generando un tiempo de circulación mayor tal y como se muestra en la Tabla 58Tabla 59 y Tabla 60

Hipótesis Específica N°04: Existe influencia significativa entre la circulación peatonal y el nivel de servicio en las intersecciones al Olivo en la ciudad de Abancay.

Se demostró que la circulación peatonal dentro del óvalo el Olivo si bien no debería de afectar en el nivel de servicio al tenerse dispositivos de control de tránsito, sin embargo, se ha venido teniendo conflictos entre el conductor y peatón, esto se debe a que los peatones no respetan las señales de tránsito, esto se debe también a que no existe marcas en el pavimento que señalicen la correcta circulación dentro del óvalo el Olivo tanto para los peatones como para los vehículos.

Hipótesis General: La capacidad y nivel de servicio en las intersecciones al Olivo en la ciudad de Abancay son deficientes.

Se demostró que la capacidad y nivel de servicio en el Óvalo el Olivo son deficientes, los niveles de servicio del óvalo el Olivo, de acuerdo a la Tabla 56, muestran que los tiempos de viaje de los vehículos que llegan por la Av. Venezuela y salen a la Av. Diaz Bárcenas son los que tienen tiempos con mayor demora, 51.84 segundos, el cual nos da un nivel de servicio “D”, la circulación vehicular de la Av. Venezuela a la Av. Mariscal Gamarra tiene un tiempo

menor de 27.98 segundos y un nivel de servicio “C”, esto se debe también a que en dicha circulación vehicular existe un menor número de vehículos.

La circulación vehicular de la Av. Seoane a la Av. Mariscal Gamarra tiene un tiempo promedio de 89.08 segundos para cumplir dicha ruta, esto se debe a que el recorrido de los vehículos se da través de la Av. Venezuela y entran en conflicto con los vehículos que vienen de la misma, se concluye que también que debido a la falta de señalización y una incorrecta conducta del conductor genera que dicho giro venga teniendo conflictos, esto se demuestra pues la única forma en la que los vehículos que viene de la Av. Seoane y que quieran salir a la Av. Mariscal Gamarra y Av. Diaz Bárcenas son a través de la Av. Venezuela.

La circulación vehicular de los vehículos que van de la Av. Mariscal Gamarra y salen a la Av. Seoane viene teniendo un flujo vehicular mayor, esta al no tener vehículos que entren en conflicto debido a la presencia de semáforos tiene una fluidez vehicular, sin embargo, se tiene presencia de largas colas de vehículos que no pueden circular a través de esta en el horario de máxima demanda.

De la propuesta de mejora se demuestra que al reducir el tiempo del ciclo semafórico en la zona de estudio a 60 segundos se generará que exista mayor fluidez vehicular, así mismo al poner en el modelamiento en el software VISSIM 2023 un escenario en donde el pavimento esté en condiciones óptimas y en donde las señales horizontales y verticales que regular la circulación vehicular y peatonal sean las adecuadas, se generará que la circulación vehicular sea más fluida reduciendo así los tiempos de viaje y por ende se mejore los niveles de servicio, de la Tabla 55.

El modelamiento del software VISSIM 2023 utiliza la simulación de datos a partir de un modelo estocástico, variando parámetros de simulación de forma aleatoria que nos dé un escenario complejo de comportamiento vehicular dentro un sistema como es el caso del óvalo el Olivo, el mismo que contiene flujo de circulación complejos como la circulación de vehículos

que vienen de la Av. Seoane y salen a la Av. Diaz Bárcenas y Av. Mariscal Gamarra. Es por ello que la utilización del VISSIM 2023 nos ayuda a determinar estas rutas de circulación de una forma más adecuada y al variar los números de semilla probar diferentes escenarios para extraer los resultados y tomar mejores decisiones, por tanto, se concluye que el uso de software VISSIM 2023 es adecuado para un sistema como es el óvalo el Olivo.

VII. Recomendaciones.

Recomendación N°01

- Se recomienda que para nuevas investigaciones se realice una simulación con el software original para que los datos tomados sean más reales, pues se tiene limitaciones de recolección de datos con la versión para estudiantes, esto también permitirá que se logre hacer una macro simulación de tramos más amplios dentro de la ciudad de Abancay.

Recomendación N°02

- Se recomienda realizar una nueva investigación en la zona de estudio cuando la vía de evitamiento esté culminada, pues el flujo y composición vehicular será diferente y por ende se requerirá una modificación en los dispositivos de control y/o preferencias de circulación.

Recomendación N°03

- Se hace necesario que para futuras investigaciones se realice a una macro simulación dentro de varios sistemas dentro de la ciudad de Abancay para optimizar la circulación vehicular.

Recomendación N°04

- Se recomienda la implementación de semáforos inteligentes que ayuden al liberar la acumulación de vehículos cuando no sea necesario, y de la misma forma a los peatones por ser una zona comercial.

VIII. Referencias

- ALCALÁ, M. (2016). *Micro simulación del tráfico de la intersección de las avenidas Bolívar, Córdova y calle Andalucía empleando el software VISSIM 6*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Arcibia Tapia, A., & Condori Olivera, G. (2017). *Análisis del tráfico en el sistema de transporte público en el centro urbano de la ciudad de Abancay*. [Tesis de Pre grado. Universidad Tecnológica de los Andes]. Repositorio Institucional de Universidad Tecnológica de los Andes.
- Arteaga Panes, J. R. (2018). *Microsimulación del tráfico en la Ciudad de Cerro de Pasco con el Programa PTV Vissim 9 Caso: Intersección Ca. Alfonso Rivera*. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Bañón, L., & Beviá García, J. F. (2000). *Manual de carreteras*. Volumen I: elementos y proyecto (Vol I). Caminos I.
- Benekohal, R. F. (1991). *A procedure for validation of microscopic traffic flow simulation models*. Transportation Research Board.
- Bernal, C. (2016). *Metodología de la investigación* Cuarta edición ed. Colombia: Editorial Delfín Ltda.
- Cal, R., & Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones*. Alpha Editorial.
- Chuquihuaccha Mauricio, M. A., & Galván Aldoradin, C. J. (2016). *Propuesta de mejora de congestión vehicular usando metodología del HCM 2010 en las intersecciones de la Av. 26 de Noviembre, entre la Av. Pachacutec y la Av. Salvador Allende, en el distrito de VMT*. [Tesis de Pre grado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- Cigüeñas, D. M. (2018). *Sistema Autónomo de Control de Tráfico Vehicular para Intersecciones de Avenidas*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Corilla Huaman, C. P. (2018). *Propuesta de mejora del nivel de servicio del tránsito vehicular en la Av. Huancavelica-tramo Av. 13 de noviembre y paseo la Breña en la ciudad de Huancayo*. [Tesis de Pregrado. Universidad Continental]. Repositorio Institucional de Universidad Continental.
- Fernández Huamán, H. J., & Ricalde Peralta, J. M. (2020). *Análisis de la capacidad vial y nivel de servicio de la avenida del ejército y propuesta de continuidad vial hacia la carretera nacional Cusco-Abancay en el sector Sipaspuquio*. [Tesis de Pre grado. Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Institucional de Universidad Andina del Cusco.
- Flores Unzaga, Y. G. (2017). *Micro-simulación de la intersección de la avenida Universitaria con la avenida Bolívar utilizando los software VISSIM y VISWALK 8*. [Tesis de Pregrado. Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional de Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Fontalvo Arrieta, K., & Vasquez, G. (2013). *Modelación del transito vehicular con el software pvt vissim tramo Bomba el Gallo-Bomba el Amparo*. Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena.
- Hermenejildo Cruz, M. V. (2019). *Evaluación del tráfico vehicular para conocer la capacidad y nivel de servicio de la calle Juan José Orrantia Gonzales que comprende de la av. Juan Tanca Marengo a la Av. de las Américas en la Ciudad de Guayaquil*. [Tesis de Pregrado. Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de Universidad de Guayaquil.
- Hernández Sampieri, R., Carlos, F., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación (Vol 4)*. México: McGraw-Hill Interamericana.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HILL.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Highway Capacity Manual 2010. (2010). *Highway Capacity Manual (vol 5)*. Estados Unidos: Transportation Research Board.
- Ibarra Arroyo, Y. I. (2019). *Estudio y mejora de la funcionalidad de la intersección semaforizada en Vía Ricardo J. Alfaro y Calle Juan Rivera Reyes*. [Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio Institucional de Universidad Politécnica de Valencia.
- Jerez Hernández, Á. G., & Morales Santos, O. E. (2015). *Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de las intersecciones con mayor demanda en la ciudad de Azogues*. [Tesis de Pregrado. Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de Universidad Politécnica Salesiana.
- Loayza Elguera, R. (2020). *Determinación de los niveles de servicio vehicular de la carretera nacional 3SEN el tramo “Iglesia Nuestra Señora de Guadalupe” e “Intersección el Arco” y sus alternativas de mejora, ubicadas en la ciudad de Abancay*. [Tesis de Pregrado. Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Institucional de Universidad Andina del Cusco.
- Lopez Barrios, L. E., & Medina Marcos, C. E. (2018). *Propuesta de mejora en los niveles de servicio del óvalo José quiñones empleando el software vissim 7.0*. [Tesis de Pregrado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional de Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- López Ponce, J. L. (2019). *Diagnóstico de Capacidad y Nivel de Servicio de la Avenida Universitaria en la Ciudad de Jipijapa*. [Tesis de Pregrado. Universidad Estatal de Manabi]. Repositorio Institucional de Universidad Estatal de Manabi.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras Diseño Geometrico*. Lima: MTC.
- Mozo Sánchez, J. (2012). *Análisis de nivel de servicio y capacidad de segmentos básicos de autopistas, segmentos trenzados y rampas de acuerdo al manual de capacidad de carreteras HCM2000 aplicando MATHCAD*. [Tesis de Pregrado. Universidad Estatal de Manabi]. Repositorio Institucional de Universidad Estatal de Manabi.
- MTC. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018*. Lima, Lima, Perú: MTC.
- Ogoño Aguinsaca, J. R., & Orozco Calva, L. F. (2020). *Análisis del tránsito vehicular en las intersecciones viales en el centro histórico de la ciudad de Loja, determinando el nivel de servicio*. [Tesis de Pregrado. Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de Universidad Politécnica Salesiana.
- P. T. V América. (2008). *VISSIM 5.0. User Manual*. Estados Unidos: Transportation Research Board.
- Pulido Contreras, P. J., & Gómez Patiña, M. L. (2018). *Evaluación de la capacidad y nivel de servicio de la glorieta ubicada en la calle 63 con carrera 50 en Bogotá dc-Colombia por medio de métodos no convencionales*. [Tesis de Pregrado. Universidad la Gran Colombia]. Repositorio Institucional de Universidad la Gran Colombia,
- Romero Campos, F., & Villarreal González, H. A. (2017). *Evaluación de la capacidad vial y el nivel de servicio en la intersección de las avenidas: av. Húsares de Junín, av. Fátima - Los Ángeles*. [Tesis de Pregrado. Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional de Universidad Privada Antenor Orrego.

- Vega Loardo, P. A., & Guerra Speziani, L. A. (2020). *Micro simulación del tránsito en los nodos críticos de la Carretera Federico Basadre en la Ciudad de Pucallpa empleando el software Vissim*. [Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional de Universidad Nacional de Ucayali.
- Villa Santana, J. D., & Moreno Torres, E. A. (2018). *Determinación del nivel de servicio actual en la Avenida Máximo Gómez comprendido entre las avenidas 27 de febrero y George Washington*. [Tesis de Pregrado. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña]. Repositorio Institucional de Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes