



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL EN VÍAS URBANAS, AV.
BOLÍVAR MADERO VARGAS ENTRE GRAL. PAEZ Y 3RA NORTE DE LA
CIUDAD DE MACHALA**

**CRUZ GUAYCHA RONNY WAGNER
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL EN VÍAS URBANAS, AV.
BOLÍVAR MADERO VARGAS ENTRE GRAL. PAEZ Y 3RA
NORTE DE LA CIUDAD DE MACHALA**

**CRUZ GUAYCHA RONNY WAGNER
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL EN VÍAS URBANAS, AV.
BOLÍVAR MADERO VARGAS ENTRE GRAL. PAEZ Y 3RA
NORTE DE LA CIUDAD DE MACHALA**

**CRUZ GUAYCHA RONNY WAGNER
INGENIERO CIVIL**

MEDINA SANCHEZ YUDY PATRICIA

**MACHALA
2024**

TESIS RONNY CRUZ

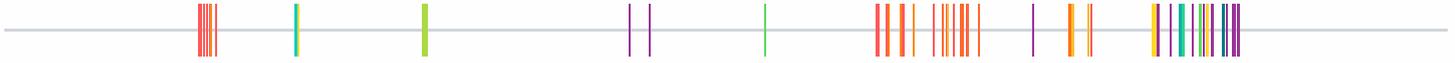
6%
Textos sospechosos

6% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
1% entre las fuentes mencionadas

0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS RONNY CRUZ.pdf ID del documento: 074c3897db61c52bb935e277dd3be66ab81e8a3a Tamaño del documento original: 2,82 MB Autores: []	Depositante: YUDY PATRICIA MEDINA SANCHEZ Fecha de depósito: 7/2/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 7/2/2025	Número de palabras: 20.097 Número de caracteres: 115.696
---	--	---

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repository.unilivre.edu.co 13 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (231 palabras)
2	www.invias.gov.co 13 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (209 palabras)
3	www.invias.gov.co 13 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (208 palabras)
4	bdigital.unal.edu.co Análisis de la capacidad y nivel de servicio de las vías principal... 12 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (195 palabras)
5	kupdf.net INVIAS Manual-De-Capacidad-Y-Niveles-De-Servicio-Para-Carreteras-De-... 13 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (198 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	doi.org https://doi.org/10.15517/rmta.v28i1.41890	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
2	www.mendeley.com Determinación de capacidad de car... preview & related info ... https://www.mendeley.com/catalogue/1165294e-03a4-3476-ba83-fdb817620a95/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
3	Trabajo de Titulación Final-Chuquirima D.docx Trabajo de Titulación Fin... #730711 El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
4	doi.org The Capacity of the Road Network: Data Collection and Statistical Analysis o... https://doi.org/10.3390/en13071765	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
5	doi.org Key Challenges in the Status Analysis for the Sustainable Urban Mobility Pla... https://doi.org/10.3390/su13031037	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://doi.org/10.33936/riemat.v7i1.4836
2	https://doi.org/10.1016/j.treng.2021.100052
3	https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103726
4	https://doi.org/10.1155/2019/6203137
5	https://doi.org/10.1016/j.trb.2022.11.010

Puntos de interés

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL EN VÍAS URBANAS, AV. BOLÍVAR

MADERO VARGAS ENTRE GRAL. PAEZ Y STA NORTE DE LA CIUDAD DE

MACHALA

ESTUDIANTE RESPONSABLE:

RONNY WAGNER CRUZ GUAYCHA

TUTORA:

ING. YUDY PATRICIA MEDINA SÁNCHEZ

MACHALA

2025

2

DEDICATORIA

A mi madre, Verónica Guaycha, por su amor incondicional, su apoyo incansable y su ejemplo de esfuerzo y dedicación. Por ser mi inspiración y mi fortaleza en cada paso de este camino.

A mis abuelos, cuyos valores, enseñanzas y cariño han dejado una huella imborrable en mi vida. Su sabiduría y sacrificio me han guiado hasta este logro, y esta meta alcanzada es también un homenaje a ustedes.

Con gratitud y amor, dedico este trabajo de titulación a quienes han sido el pilar de mi crecimiento y formación.

AGRADECIMIENTO

Al culminar este trabajo de tesis, quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que, de diversas formas, hicieron posible este logro.

A mi madre, Verónica Guaycha, por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y por ser mi mayor inspiración. Gracias por cada sacrificio, cada palabra de aliento y cada gesto de cariño que me han impulsado a seguir adelante.

A mis abuelos, por ser fuente de sabiduría, amor y valores que han guiado mi vida. Su esfuerzo y dedicación han sido un ejemplo constante de perseverancia, y este logro también les pertenece.

A mis profesores y tutores, quienes con su paciencia, conocimientos y guía han sido esenciales en mi desarrollo académico. Gracias por su guía y por motivarme a dar siempre lo mejor de mí.

A mis amigos y compañeros, por su apoyo, su compañía y por hacer de este camino una experiencia más enriquecedora y llevadera.

Finalmente, a todas las personas que, de alguna manera, han contribuido a este proceso, brindándome su ayuda, palabras de ánimo y confianza en mis capacidades.

Este trabajo es el reflejo del esfuerzo conjunto y del amor con el que me han acompañado en este viaje.

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo analizar la capacidad vial de la Av. Bolívar Madero Vargas, en el tramo comprendido entre la calle Gral. Páez y la 5ta Norte, en la ciudad de Machala. Para ello, se empleó una metodología basada en el Manual de Inviás, sustentado en el Highway Capacity Manual 2000 (HCM2000), diferenciándose de enfoques previamente utilizados en estudios similares.

La investigación se desarrolló en tres fases: inicialmente, se realizó una revisión bibliográfica para contextualizar la problemática del tráfico en la zona de estudio. Posteriormente, se aplicaron encuestas a los usuarios de la vía con el fin de evaluar su percepción respecto a las condiciones de circulación y posibles mejoras. Finalmente, se efectuaron aforos vehiculares durante una semana completa para obtener datos de campo que posibilitaran la estimación de la capacidad y la evaluación del nivel de servicio de la vía.

Los resultados de las encuestas reflejan que el 73,9% de los encuestados percibe la vía como congestionada, mientras que el 15,9% la califica como intermitente y el 10,1% como libre. En cuanto a propuestas de mejora, el 58% sugiere la implementación de un carril exclusivo para transporte público, el 17,4% aboga por restricciones a vehículos pesados, el 13% recomienda optimizar la señalización y el 11,6% propone la reducción de los tiempos de luz roja en los semáforos.

A partir del análisis de capacidad, se obtuvo un flujo $C60$ de 1642 (veh/h) y un $C15$ de 1485 (veh/h). El nivel de servicio determinado fue C, con una velocidad media de 65,304 (km/h), teniendo en cuenta que el mayor porcentaje de vehículos corresponden a los autos, indicando así, una condición de flujo con restricciones moderadas.

Los hallazgos del estudio permiten caracterizar el desempeño de la vía y sugieren la necesidad de estrategias de gestión del tránsito que mejoren la movilidad urbana en la zona analizada.

Palabras clave: Capacidad vial, nivel de servicio, Inviás, HCM 2000, aforo vehicular.

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the road capacity of Av. Bolívar Madero Vargas, in the section between Gral. Páez Street and 5ta Norte, in the city of Machala. To do so, a methodology based on the Invías Manual was used, supported by the Highway Capacity Manual 2000 (HCM2000), differentiating itself from approaches previously used in similar studies.

The research was developed in three phases: initially, a bibliographic review was carried out to contextualize the traffic problems in the study area. Subsequently, surveys were applied to road users in order to evaluate their perception regarding traffic conditions and possible improvements. Finally, vehicle counts were carried out for a full week to obtain field data that would allow calculating the capacity and service level of the road.

The survey results show that 73.9% of respondents perceive the road as congested, while 15.9% describe it as intermittent and 10.1% as free. As for improvement proposals, 58% suggest the implementation of an exclusive lane for public transport, 17.4% advocate restrictions on heavy vehicles, 13% recommend optimizing signage and 11.6% propose reducing red light times at traffic lights.

Based on the capacity analysis, a C₆₀ flow of 1,642 (veh/h) and a C₁₅ of 1,485 (veh/h) were obtained. The service level determined was C, with an average speed of 65.304 (km/h), taking into account that the highest percentage of vehicles correspond to cars, thus indicating a flow condition with moderate restrictions.

The findings of the study allow us to characterize the performance of the road and suggest the need for traffic management strategies that improve urban mobility in the analyzed area.

Keywords: Road capacity, level of service, Invías, HCM 2000, vehicle capacity.

6

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Línea base del proyecto	13
1.1.1 Caracterización territorial de Machala	13
1.1.2 Ubicación	13
1.1.3 Datos de población	14
1.1.4 Educación y Salud	14
1.1.4.1 Educación	14
1.1.4.2 Salud	15
1.1.5 Productividad	15

1.1.5.1 Sector servicios	15
1.1.5.2 Turismo	16
1.1.5.3 Actividades de transporte	16
1.1.6 Geomorfología y relieve	17
1.1.6.1 Caracterización de la estructura del suelo y subsuelo	17
1.1.6.2 Caracterización general del relieve	18
1.1.7 Componente de asentamientos humanos	19
1.1.7.1 Situación vial	19
1.1.7.2 Impactos	22
2.1 Descripción de la situación de la problemática (causas y efectos)	23
3.1 Formulación del problema: preguntas científicas	25
4.1 Delimitación del objeto de estudio	25
5.1 Justificación	26
6.1 Objetivos	27
1.6.1 Objetivo General	27

7

1.6.2 Objetivos específicos	27
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	28
2.1 Antecedentes Contextuales	28
2.1.1 Macro	28
2.1.2 Meso	28
2.1.3 Micro	29
2.2 Antecedentes conceptuales	30
2.2.1 Volumen de tráfico	30
2.2.2 Nivel de servicio	31
2.2.3 Densidad vehicular	31
2.2.4 Flujo vehicular	32
2.2.5 Movilidad Urbana	32
2.2.6 Capacidad Vial	33
2.2.7 Seguridad Vial	33
2.2.8 Semaforización	34
2.2.9 Señalización	34
2.3 Antecedentes Referenciales	34
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	36
3.1 Modalidad básica de la investigación	36
3.2 Descripción de la Población y Muestra	37
3.2.1 Población Referencial	37
3.2.2 Tamaño de muestra	37
3.3 Métodos con los Materiales Utilizados	37
3.3.1 Método teórico	37
3.3.2 Materiales e Instrumentos	38

3.4 Técnicas para el Procedimiento de los Datos Obtenidos	38
---	----

8

3.4.1 Inspección Visual	38
-------------------------------	----

3.4.2 Procedimiento para el Cálculo de la Capacidad	39
---	----

3.4.3 Procedimiento para el Cálculo del Nivel de Servicio	43
---	----

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	47
--	----

4.1 Encuestas	47
---------------------	----

4.2 Aforos Vehiculares	51
------------------------------	----

4.2.1 Volumen diario	52
----------------------------	----

4.2.2 Volumen máximo en hora pico	53
---	----

4.3 Análisis de Resultados	54
----------------------------------	----

4.3.1 Descripción y argumentación teórica de resultados	54
---	----

CONCLUSIONES	56
--------------------	----

RECOMENDACIONES	57
-----------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
----------------------------------	----

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N°1 Mapa vía satélite de la ciudad de Machala	13
--	----

Imagen N°2 Relieve del Cantón Machala.....	18
--	----

Imagen N°3 Mapa de Límites de Vialidad del Cantón Machala	20
---	----

Imagen N°4 Árbol de problemas	24
-------------------------------------	----

Imagen N°5 Tramo de la Av. Bolívar Madero Vargas	24
--	----

Imagen N°6 Zona de estudio	26
----------------------------------	----

9

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Total de población a 2020	14
---	----

Tabla N°2 Tasa de asistencia	14
------------------------------------	----

Tabla N°3 Economía	16
--------------------------	----

Tabla N°4 Establecimiento por servicio de transporte	16
--	----

Tabla N°5 Geomorfología del cantón Machala	17
--	----

Tabla N°6 Movimientos en masa-susceptibilidad cantón Machala	18
--	----

Tabla N°7 Distancia entre Machala con los cantones limitantes	19
---	----

Tabla N°8 Tipos de Vías Externas	20
--	----

Tabla N°9 Ejes viales estratégicos	21
--	----

Tabla N°10 Problemas y potencialidades 22

Tabla N°11 Procedimiento..... 36

Tabla N°12 Modelo para realizar el conteo vehicular 39

Tabla N°13



repository.unilibre.edu.co

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN VISUAL DEL TRAMO.pdf?sequence=1>

Factores de corrección a la capacidad por pendiente (*F_{pe}*) 40

Tabla N°14 Factores de corrección a la capacidad por pendiente (*F_d*) 40

Tabla N°15 Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de

carril y berma

(*F_{cb}*) 40

Tabla N°16



repository.unilibre.edu.co

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN VISUAL DEL TRAMO.pdf?sequence=1>

Factores de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados

en pendientes ascendentes (*E_c*) 41

Tabla N°17 Factores de hora pico suponiendo llegadas de vehículos aleatorias (*F_{PH}*) 42

Tabla N°18



repository.unilibre.edu.co

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN VISUAL DEL TRAMO.pdf?sequence=1>

Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes

ascendentes

(*V₁*) 43

Tabla N°19



repository.unilibre.edu.co

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN VISUAL DEL TRAMO.pdf?sequence=1>

Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la



bdigital.unal.edu.co | Análisis de la capacidad y nivel de servicio de las vías principales y secundarias de acceso a la ciudad de Manizales

<http://bdigital.unal.edu.co/3555/>

utilización de

la capacidad (*F_u*). 44

10

Tabla N°20 Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto combinado del

ancho de carril y berma (*F_{cb}*)..... 44

Tabla N°21 Equivalentes camión para



repository.unilibre.edu.co

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN VISUAL DEL TRAMO.pdf?sequence=1>

corrección al Nivel de Servicio por la presencia

de vehículos pesados en pendientes ascendentes

(*F_p*) 45

Tabla N°22 Factor de corrección al Nivel de Servicio por efecto de la tortuosidad (*f_t*)46

Tabla N°23 Nivel de Servicio con relación entre $V_m/V_i \cdot 100$ 46

Tabla N°24 Tipos de vehículos 52

Tabla N°25 Tráfico diario 52

Tabla N°26 Volumen máximo horario 53

Tabla N°27 Valores de capacidad 54

Tabla N°28 Valores de Nivel de servicio 55

INTRODUCCIÓN

Importancia del Tema

El análisis de la movilidad urbana y la capacidad vial es un tema clave para entender el funcionamiento de las ciudades modernas. Con el crecimiento de las urbes y el aumento del parque automotor, la gestión del tráfico se ha vuelto uno de los grandes desafíos para las autoridades.

En esta tesis es importante estudiar en profundidad estos aspectos. Un buen diagnóstico de la situación actual de la movilidad permitirá identificar problemas como congestión vehicular, volumen del tráfico, altos niveles de contaminación, entre otros.(Park et al., 2021)

Así mismo, el análisis de capacidad vial en este caso en la Av. Bolívar Madero Vargas entre Gral. Paez y 5ta norte posibilitará proyectar escenarios futuros y simular el impacto de posibles intervenciones. Por ejemplo, permite predecir cómo influiría la construcción de nuevas vías o carriles exclusivos de transporte público. De esta forma, las autoridades pueden tomar mejores decisiones informadas en beneficio de la movilidad urbana.

Además, hay que tener en cuenta la calidad de vida ciudadana y el desarrollo económico local, ya que el estudio de la movilidad y capacidad vial constituye un aspecto ineludible para una adecuada planificación y gestión de las ciudades contemporáneas. Los aportes de una tesis en esta materia pueden ser muy valiosos para las políticas públicas del área.(Shepelev et al., 2020)

Actualidad de la Problemática

En la actualidad, Machala se posiciona como la cuarta ciudad más destacada de Ecuador. Según los datos del censo de 2010 del INEC, alberga aproximadamente el 1,72% de la población del país, lo que equivale a unas 245.972 personas. Reconocida además como un importante centro de producción y exportación de banano, la ciudad experimenta un

continuo crecimiento económico, productivo y social. Por consiguiente, no es sorprendente que se enfrente a problemas de congestión vehicular, evidenciados diariamente por la gran cantidad de automóviles que circulan con fines laborales, de producción, educativos u otros. Esta densidad de tráfico ocasiona incomodidades para los

12

conductores, tales como ruido, contaminación, retrasos, alto consumo de combustible y otros efectos adversos que afectan su calidad de vida, salud y bienestar.(Ji & Ma, 2021)

Estructura del trabajo

En el primer capítulo se muestran detalles importantes acerca de la ciudad de Machala y de la zona de estudio en cuestión Av. Bolívar Madero Vargas entre Gral. Paez y 5ta Norte y se ofrece una explicación detallada de la situación actual que está provocando malestar entre los usuarios que transitan día a día por ese sector, la cual es producida por la congestión vehicular, destacando tanto sus causas como sus efectos. Este análisis hace énfasis en la situación vial que viven a diario los usuarios.

En el capítulo II se muestra un exhaustivo análisis investigativo acerca de los antecedentes históricos de la ciudad de Machala con la finalidad de tener una idea del tema que se está planteando. Estos datos ayudan a entender el antes y el después de la ciudad dando origen al presente trabajo. Además, para complementar el análisis se ha recolectado información acerca de antecedentes conceptuales y referenciales que dan el enfoque a la situación actual de vialidad. Dentro de estos antecedentes se presentan algunos conceptos claves para contextualizar el tema de estudio a nivel macro, meso y micro.

El capítulo III presenta de manera detallada la metodología empleada en la investigación, incluyendo el enfoque y la modalidad utilizada. Asimismo, se describe la población y la muestra seleccionada, junto con los materiales y métodos aplicados en el estudio.

Además, se especifican las técnicas utilizadas para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos, garantizando la rigurosidad del estudio.

El capítulo 4 expone el análisis e interpretación de los resultados obtenidos a lo largo del estudio, con base en la información recopilada mediante encuestas, aforos vehiculares y la aplicación de fórmulas del manual de INVÍAS, fundamentado en los lineamientos del Highway Capacity Manual (HCM). A través de este proceso, se evalúan los datos con un enfoque metodológico riguroso, permitiendo identificar patrones, tendencias y variables clave que influyen en el objeto de estudio. Finalmente, este análisis sirve de base para la formulación de conclusiones y recomendaciones, con el propósito de aportar soluciones y mejoras fundamentadas en la evidencia recopilada.

13

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Línea base del proyecto

1.1.1 Caracterización territorial de Machala

Machala es una ciudad del Ecuador que se encuentra en una etapa integral de desarrollo, considerada la cuarta ciudad más importante del país y también conocida como la capital bananera del mundo. Fue fundada el 25 de junio de 1824 y es la capital de la provincia de El Oro. Se encuentra en una zona baja cerca del golfo de Guayaquil, tal como se ve en la

Imagen N°1 Mapa vía satélite de la ciudad de Machala

Fuente: Creación propia

1.1.2 Ubicación

Está ubicada en el suroeste del país, en la costa ecuatoriana y es la capital del estado de El Oro, siendo así la ciudad más poblada del país y llegando a ser el núcleo administrativo,



Documento de otro usuario

El documento proviene de otro grupo

económico, financiero y comercial. Su extensión es de aproximadamente 37.292,38

hectáreas y está dividida en siete parroquias urbanas: Puerto Bolívar, Jambelí, Machala,

Jubones, La Providencia, El Cambio y 9 de mayo, además de la parroquia rural El

Retiro.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

14

1.1.3 Datos de población



Tesis Felipe Vacacela fin.docx | Tesis Felipe Vacacela fin

El documento proviene de mi biblioteca de referencias

Según el Censo de Población y Vivienda de 2010, el Cantón Machala tenía 256.022

habitantes. No obstante, una proyección realizada por el INEC estima que, en la actualidad, la población de la ciudad alcanza aproximadamente los 289.141 habitantes.

De este total, el 49,08 % corresponde a hombres y el 50,92 % a mujeres, reflejando una leve superioridad numérica de mujeres sobre hombres, como se observa en la Tabla N°1.

En cuanto a la distribución, el área urbana de Machala alberga alrededor de 277.575 personas, lo que equivale al 96 % de la población del cantón. Mientras tanto, el área rural, conformada por la parroquia Machala y la parroquia El Retiro, representa el 4 % restante.(INEC, 2010)

Tabla N°1 Total de población a 2020

SEXO AREA URBANA AREA RURAL TOTAL

HOMBRE 136.234 5.676 141.910

MUJER 141.341 5.889 150.196

TOTAL 277.575 11.566 289.141

Fuente: Creación propia – INEC,2010

1.1.4 Educación y Salud

1.1.4.1 Educación

La educación no debe ser vista sólo como un servicio, sino como algo fundamental de los ciudadanos. Según el INEC (2010), la población en edad escolar del cantón ascendía a

217.696 estudiantes, de los cuales la mayoría, tanto a nivel urbano como rural, se registran en educación básica y primaria, como se muestra en la Tabla N°2.

Tabla N°2 Tasa de asistencia

NIVEL DE EDUCACION	TASA DE ASISTENCIA %	TOTAL URBANA	RURAL
BASICA	93.79	93.4	92.12
PRIMARIA	94.31	94.4	92.9
SECUNDARIA	71.31	72.12	61.36

15

BACHILLERATO 58.83 59.77 42.63

SUPERIOR 23.62 24.44 11.69

Fuente: Creación propia - INEC 2010

La brecha en el acceso a la educación entre las zonas urbanas y rurales es más evidente en el nivel superior, donde la tasa de acceso en el área rural es del 11,6%, mientras que en la zona urbana alcanza el 24,4%. Asimismo, se observa que el índice de analfabetismo en el cantón es del 3,2% en promedio, afectando en mayor medida a la población rural.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

1.1.4.2 Salud

En la actualidad, Machala dispone de 72 establecimientos de salud, tanto públicos como privados. De estos, 70 están ubicados dentro del sistema urbano de la ciudad, mientras que 2 se localizan en la parroquia El Retiro. Así, el 99% de los centros de salud se concentra en el área urbana.

El 30 % de los centros de atención médica en Machala son de carácter privado y se encuentran dentro del área urbana de la ciudad. Por otro lado, el 70 % restante forma parte de la Red de Salud Pública y está distribuido tanto en la zona urbana como en la rural, con el objetivo de garantizar una cobertura adecuada en todo el cantón.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

1.1.5 Productividad

1.1.5.1 Sector servicios

En 2010, los establecimientos censados del sector de servicios representaban el 35,38% del total registrado. Dentro de este sector, las actividades más relevantes incluyen alojamiento y servicio de comidas, con el 10,69% de los establecimientos censados, seguidas por información y comunicación con 4,60%, atención de salud humana y asistencia social un 3,63%, actividades profesionales, científicas y técnicas un 2,71%, enseñanza un 1,94%, servicios administrativos y de apoyo un 1,28%, transporte y almacenamiento el 1,03%, y finalmente artes, entretenimiento y recreación con 0,94%.

(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

16

1.1.5.2 Turismo

En la Tabla N°3 se refleja la actividad turística en Machala, evidenciando un comportamiento irregular en cuanto al tipo de visitante que llega a la provincia y el cantón. De acuerdo con el Censo Económico 2010, se evidenció más de 1.200 establecimientos con orientación hacia el turismo dentro del cantón.(INEC, 2010)

Tabla N°3 Economía

ACTIVIDAD TOTAL

Actividad de alojamiento y de servicio de comidas

1,166

Artes, entretenimiento y recreación 103,0

Ciudad de Machala 10,903

Fuente: Creación propia – INEC 2010

De acuerdo con el Ministerio de Turismo, se presenta un cuadro que muestra el ingreso mensual de turistas a la provincia de El Oro. Esta información sirve como referencia para el cantón Machala, ya que se estima que el 40 % de los visitantes que llegan a la provincia tienen como destino principal su capital, Machala.

1.1.5.3 Actividades de transporte

El transporte es un sector fundamental para la economía, no solo por su contribución al PIB y la generación de empleo, sino también por su papel en el comercio, la movilidad de las personas y la circulación de ideas. Además, desempeña un rol clave en la integración del territorio. Según el Censo Económico 2010, en el cantón se registraron 112 establecimientos dedicados a actividades de transporte.

A continuación, la Tabla N°4 presenta la distribución de estos establecimientos según el tipo de servicio de transporte que ofrecen.

Tabla N°4 Establecimiento por servicio de transporte

DESCRIPCIÓN TOTAL

Cantón Machala (censados) 10.903

Transporte y almacenamiento (locales) 112

Fuente: Creación propia – INEC 2010

17

Según datos del INEC 2010, en el cantón se registraban 69 locales únicos, mientras que 13 contaban con más de un establecimiento y su matriz se encontraba en la misma jurisdicción. Además, 30 de estos correspondían a sucursales. Actualmente, con la implementación de un terminal terrestre, muchos de los locales que anteriormente estaban distribuidos en diferentes puntos de la ciudad han ido desapareciendo, centralizando sus operaciones en esta nueva infraestructura.

1.1.6 Geomorfología y relieve

Hace referencia a las características superficiales de la corteza terrestre del cantón Machala, cuyo origen está influenciado por factores como el clima, el relieve, el tiempo de formación del suelo, el material parental, entre otros. El análisis de este componente es clave para comprender aspectos como el drenaje, la erosión y los deslizamientos, los

cuales determinan la topografía del territorio. Para el estudio de este componente, se analizarán variables relacionadas con las pendientes, los movimientos en masa y la intensidad sísmica.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

1.1.6.1 Caracterización de la estructura del suelo y subsuelo

A continuación, la siguiente Tabla N°5 muestra las geoformas presentes en Machala, indicando el área que ocupan y su porcentaje con respecto a la superficie total del cantón.

Tabla N°5 Geomorfología del cantón Machala

GEOMORFOLOGIA AREA (Ha) %

Llanuras aluviales de deposito 30875.31 82.83

Nivel aluvial alto 442.09 1.19

Terraza baja 60.14 0.16

Terrazas indiferenciadas 424.36 1.14

Zonas urbanas 3694.59 9.91

Cuerpos de agua 1778.74 4.77

TOTAL 37275.23 100

Fuente: Creación propia – PDOT 2022

La disponibilidad de la información hace referencia a áreas con potencial sísmico y áreas propensas a movimientos de gran magnitud. La totalidad de Machala está situada en una región de alta intensidad sísmica, lo que significa que la posibilidad de sucesos sísmicos

18

en el cantón es elevada. A continuación, se detalla en la Tabla N°6 la susceptibilidad del cantón Machala a movimientos masivos, su longitud y el porcentaje en relación al área total del cantón.

Tabla N°6 Movimientos en masa-susceptibilidad cantón Machala

DESCRIPCION AREA (ha) %

Susceptibilidad Baja a Nula 18452.06 49.50

Susceptibilidad Media 1555.06 4.17

Susceptibilidad Muy Baja 15488.98 41.55

Cuerpos de Agua 1778.74 4.77

Fuente: Creación propia – PDOT 2022

1.1.6.2 Caracterización general del relieve

El cantón Machala se distingue por su topografía plana, de modo que cerca del 94,17 % de su territorio se sitúa entre 0 y 20 metros sobre el nivel del mar. El Mapa de la ilustración N°2 muestra la ubicación del territorio cantonal según su altitud.

Imagen N°2 Relieve del Cantón Machala

Fuente: Creación propia

19

1.1.7 Componente de asentamientos humanos

1.1.7.1 Situación vial

La principal red de carreteras cantonal (1er orden: más de 2 carriles), conecta los cantones Pasaje, Santa Rosa y El Guabo, con caminos asfaltados y distancias relativamente reducidas para la conexión entre cantones, considerando que esta red es mayoritariamente de carácter estatal. La Tabla N°7 presenta los datos.

Tabla N°7 Distancia entre Machala con los cantones limitantes

Principales cantones Distancia(km)

El Guabo 18

Pasaje 20

Santa Rosa 31

Fuente: Creación propia - PDOT 2022

Los 23 kilómetros separan Machala de los cantones colindantes. La distancia más corta es de 18 km hasta El Guabo, la más larga es de 20 km hasta Pasaje y la más larga es de 31 km hasta Santa Rosa. En la imagen 3 se observa la vialidad, además, considerando la Tabla N°8, se debe considerar la conectividad, dado que la población de Machala muestra un crecimiento progresivo en dirección vial hacia Pasaje y con un alto potencial hacia El Guabo. Debido a los asentamientos existentes, equipamiento de nivel provincial y el crecimiento progresivo de la ciudad, el potencial se dirige hacia Santa Rosa. No obstante, esta observación se debe a la conectividad vial que no siempre puede ser la opción más adecuada para el crecimiento.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

20

Imagen N°3 Mapa de Límites de Vialidad del Cantón Machala

Fuente: PDOT 2022

Tabla N°8 Tipos de Vías Externas

Tipo de Vías Longitud %

Camino de Herradura 63.63 5.48

Camino de Verano 91.3 7.86

Carretera Pavimentada Angosta 7.38 0.64

Carretera Pavimentada dos o más vías 71 6.11

Sendero o Vereda 195 16.79

Vía en Área Urbana 687.74 59.22

Sin información 45.21 3.89

Total 1161.25 100

Fuente: Creación propia - PDOT 2022

21

Los estudios viales y de transporte de la ciudad de Machala 2011, en el Plan de Movilidad de Machala, determina un valor de 565,53 km de vías urbanas, sin embargo, esta información no es oficial.

Las vías urbanas ocupan el 57,19 % del territorio del cantón como se muestra en la Tabla

N°9. Esto se



bit.ly
<https://bit.ly/3u3EtyA>

relacionada con la presencia de la trama urbana de la ciudad. Mientras el 42,81 % corresponde a las vías rurales y de acceso al área urbana. De estas últimas existe un alto porcentaje clasificadas como caminos de verano y senderos o veredas, hecho que afecta la comunicación interna entre los sitios y la dificultad de acceder de manera rápida y efectiva a los principales centros de abastecimiento del cantón.(Plan de Desarrollo y

Ordenamiento Territorial, 2022)

Tabla N°9 Ejes viales estratégicos

Eje Estratégico Longitud

(km)

Eje estratégico principal cantonal 26.94

Eje estratégico secundario cantonal 17.69

Eje estratégico secundario provincial 14.43

Eje estatal principal 31.92

Autopista proyectada 29.72

Fuente: Creación propia – PDOT 2022

Cabe señalar que, según el Estudio Vial de Machala de 2011, de los 999.02 kilómetros de vías de los cuales el Plan de Movilidad de Machala no proporcionó mayor información, el total de kilómetros de la red vial de Machala dentro del perímetro de la ciudad fue de 565.53 kilómetros. De los cuales: 68 km están hormigonados (12,02%); con superficie dura – 304,12 km (53,77%); 0,73 km están pavimentados (0,13%); y 192,69 km son suelo o balasto (34,07%). Según el Plan de Movilidad Machala, 433.49 km (37.33%) de las vías del estado no cuentan con información de estado correspondiente a caminos locales, senderos o aceras con pavimentos en mal estado. Cuando se envía a nivel de cantonal y tiene una reacción separada al transporte de pasajeros de Machala, obtuvo la siguiente información: - El flujo de pasajeros es de 59,706 por día, lo que significa 21,792,690 cada uno. Salir y alcanzar 1,654) - 23 cooperativas de transporte se sirven en un total de 1,204 autobuses. Estos datos determinaron que había una fuerte presión sobre el territorio de

22

Cantonal y especialmente para el área de la ciudad, y la nueva estación, la organización del tráfico relacionado, sin embargo, aún debería ser riguroso manteniendo un control estricto para que con esto el nivel de servicio siga siendo estable y no cree procedimientos internos para ingresar a la ciudad.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

1.1.7.2 Impactos

La red vial y la movilidad de la ciudad de Machala presentan los siguientes aspectos en la Tabla N°10.

Tabla N°10 Problemas y potencialidades

Asentamientos Humanos

Impacto

Red Vial El 59% de la red vial requiere un mantenimiento o restauración completa, ha sufrido una etapa de desamparo, lo que no solo deteriora la armonía visual de la ciudad, sino que provoca un deterioro social y ambiental.

Oportunidad de

renovar la estructura de la ciudad, poner en marcha proyectos integrales que optimicen y generen descargas de vehículos.

Ciudadanía

local y cercana.

Movilidad La mayor cobertura del servicio

de transporte público se encuentra en un eje longitudinal, dejando en debilidad a áreas urbanas; el flujo de transporte bajo una misma línea es considerablemente elevado, ocasionando problemas de tráfico en carreteras arteriales durante las horas de mayor demanda. Machala es la capital de la provincia de El Oro, transformándola en un área de gran flujo de población para el comercio y el trabajo. Además, por ser la ciudad con mayor consolidación fronteriza, ha recibido a un elevado número de migrantes venezolanos, lo que provoca tensiones sociales de movilidad.

La ciudad dispone de

áreas previamente establecidas sin

transporte público en
masa, lo que facilitaría
la creación de sistemas
de movilidad o
corredores para el
transporte peatonal,
promoviendo una
interacción más
efectiva en la
resistencia de la
ciudad. Mediante la
visión de movilidad
segura, se podrá
fomentar la ciudad
sustentable del futuro.

Ciudadanía
local y
cercana.

Fuente: Creación propia – PDOT 2022

23

2.1 Descripción de la situación de la problemática (causas y efectos)

La problemática central se basa en que los usuarios que transitan en las vías de la parroquia de Puerto Bolívar perciben una deficiente movilidad urbana y capacidad vial. Dentro del análisis de la problemática se identificaron las causas y efectos directos del problema, como se muestra en la imagen N°4 con el árbol de problemas y en la imagen N°5 en la vía.

Las vías urbanas, inicialmente diseñadas para gestionar un flujo de tráfico menor, se ven sometidas ahora a niveles de demanda que exceden su capacidad. Este aumento en la carga de tráfico ha llevado a la formación de congestionamientos recurrentes, tiempos de viaje prolongados y, lo que es más preocupante, a un deterioro acelerado de la calidad del pavimento y la señalización vial. (Ahmed et al., 2021)

En relación a seguridad vial, el impacto social y económico de esta problemática es considerable, afectando la calidad de vida de los residentes y desafiando la capacidad de la ciudad para fomentar un ambiente seguro y acogedor. Por lo tanto, la urgencia de abordar la seguridad vial se presenta como una necesidad esencial para mitigar el incremento de la inseguridad ciudadana y promover un entorno en el que se pueda analizar el estado del Plan de Movilidad Urbana Sostenible. (Vujadinović et al., 2021)

Por último, el desequilibrio entre capacidad y velocidad de flujo constituye un obstáculo para el desarrollo urbano sostenible, ya que limita la capacidad de la ciudad para afrontar eficazmente el aumento de la demanda de movilidad. Abordar esta problemática se presenta como esencial para restablecer la armonía entre la capacidad vial y la velocidad de flujo, mejorando así la eficiencia del sistema de transporte y contribuyendo a un

24

Imagen N°4 Árbol de problemas

Fuente: Creación propia

Imagen N°5 Tramo de la Av. Bolívar Madero Vargas

Fuente: Creación propia

25

3.1 Formulación del problema: preguntas científicas

La ciudad de Machala, como muchos centros urbanos, enfrenta desafíos significativos en términos de movilidad urbana y capacidad vial. El crecimiento poblacional acelerado, los cambios en los patrones de movilidad y la falta de adecuación de la infraestructura vial actual generan problemas que afectan la calidad de vida de los residentes y obstaculizan el desarrollo sostenible de la ciudad.

1. ¿Cuál es la naturaleza y la extensión de la congestión vehicular en las vías urbanas de Machala?
2. ¿Cómo se distribuyen los patrones de movilidad en Machala y cuáles son los puntos críticos de congestión?
3. ¿Cuál es la capacidad actual de las vías urbanas y cómo se comparan con las demandas de tráfico?
4. ¿Cómo influyen factores urbanos, como el diseño de las calles y la señalización, en la movilidad?
5. ¿Cuáles son las posibles soluciones para mejorar la movilidad urbana y la capacidad vial en Machala?

Estas preguntas científicas proporcionarán la base para llevar a cabo un análisis comprensivo de la movilidad urbana y la capacidad vial en Machala, orientando la investigación hacia la identificación de problemas específicos y el desarrollo de soluciones prácticas y sostenibles.

4.1 Delimitación del objeto de estudio

En el presente trabajo se analiza el flujo de red vial en vías urbanas de la ciudad de Machala, para lo cual se ha seleccionado una zona de estudio con una distancia de 0,92

km, la zona en cuestión se encuentra en la parroquia de Puerto Bolívar tal como se muestra en la imagen N°6.

26

Imagen N°6 Zona de estudio

Fuente: Creación propia

5.1 Justificación

La realización de un análisis exhaustivo de la movilidad urbana y la capacidad vial en las vías urbanas de la ciudad de Machala se justifica por la necesidad imperante de abordar los desafíos significativos que enfrenta la infraestructura de transporte en la actualidad.(Tätar, 2023) Machala, como muchos centros urbanos, se ha enfrentado a un crecimiento poblacional acelerado y cambios en los patrones de movilidad, lo que ha generado problemas relacionados con la congestión vehicular, la ineficiencia en el transporte público y la degradación del entorno urbano.(Fiedler et al., 2017)

La importancia de este análisis radica en varios aspectos cruciales. En primer lugar, la congestión vehicular afecta negativamente la calidad de vida de los residentes, generando tiempos de viaje más prolongados, aumentando el estrés y contribuyendo a la contaminación atmosférica. Además, de determinar las características del tráfico más importantes que afectan la capacidad de tráfico en una intersección, en otras palabras, el número real de automóviles que pasan.(Shepelev et al., 2022)

En segundo lugar, la eficiencia del sistema de transporte urbano es fundamental para el desarrollo económico de la ciudad. La congestión vehicular y la falta de una capacidad vial adecuada pueden obstaculizar la movilidad de personas y mercancías, afectando directamente a la productividad y competitividad de la región.

27

Asimismo, en un contexto global donde la sostenibilidad ambiental se ha vuelto una prioridad, abordar los problemas de movilidad urbana también se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible. La implementación de soluciones que fomenten el uso del transporte público, la movilidad no motorizada y tecnologías amigables con el medio ambiente contribuirá a la reducción de emisiones contaminantes y a la creación de entornos urbanos más saludables.(Ji & Ma, 2021)

En este marco, se plantea esta tesis con el objetivo de conseguir el título de Ingeniero civil, además de requerir un conocimiento particular de un campo de estudio, que resulta beneficioso como profesional en urbanismo.

6.1 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Evaluar la capacidad vial mediante la metodología Invias basada en HCM que permitan una adecuada movilidad urbana a los habitantes de la ciudad de Machala en un tramo de la Avenida Bolívar Madero Vargas.

1.6.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio exhaustivo de la movilidad urbana a través de la revisión de fuentes bibliográficas o manuales que permitan evaluar la vía.
- Identificar las necesidades de los usuarios mediante encuestas que permitan posibles mejoras.
- Determinar la capacidad y el nivel de servicio aplicando la metodología Invias (HCM)

28

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Contextuales

2.1.1 Macro

Para respaldar las estrategias de movilidad urbana sostenible, la asignación del espacio vial de vehículos privados a otros fines podría ser una medida relevante. Nuevos datos empíricos podrían ayudar a superar los obstáculos para llevar a cabo tales medidas. (Afrin & Yodo, 2020). La reducción prevista de 14 meses en la capacidad del túnel principal en Oslo, Noruega, que anteriormente manejaba 70.000 vehículos por día, ha brindado una excelente oportunidad para investigar cómo se han adaptado los usuarios y cómo se sienten los impactos y consecuencias. Se analizaron datos de tráfico rodado, encuestas y entrevistas a usuarios de la vía. (Tennøy & Hagen, 2021)

La congestión de la red vial se produce por condiciones de tráfico que son caracterizadas mediante velocidades más bajas, largos tiempos de viaje y largas colas de vehículos; Este es un problema grave en la mayoría de las zonas urbanas del mundo. La construcción de más carreteras es una medida política ampliamente utilizada para reducir la congestión del tráfico. Sin embargo, esta estrategia es controvertida porque, bajo ciertas condiciones, el aumento de la capacidad de las carreteras puede provocar una mayor congestión del tráfico. Un paso importante para comprender si el aumento de la capacidad vial resolverá el problema de la congestión del tráfico es cuantificar las tecnologías que causan la congestión en las redes viales urbanas. (Anupriya et al., 2023)

Mediante un análisis más científico del impacto de los vehículos autónomos en la capacidad de las carreteras y las intersecciones. Basado en las tres teorías de la relación de velocidad del flujo, el análisis del equilibrio del flujo de tráfico y el siguiente modelo, este trabajo es el primero en derivar la relación de densidad de flujo de varios tipos de vehículos diferentes en el mismo entorno. En segundo lugar, se obtuvo la relación de densidad de flujo magnético para diferentes proporciones del vehículo autónomo. Al derivar estos dos modelos, se puede obtener el principal caudal saturado de la carretera

en diferentes condiciones de conducción del vehículo autónomo.(Yu et al., 2023)

2.1.2 Meso

Anteriormente en la ciudad de Machala no se tomaba en cuenta la capacidad vial debido a la cantidad de vehículos utilizados para el diseño de las calles de la ciudad, por lo que

29

ahora, cuando observamos aumentos en el flujo vehicular, es importante medir el nivel de servicio de las vías debido al intenso tráfico. El tema movilidad urbana ha ido ganando protagonismo en los últimos tiempos debido al impacto que causa en la calidad de vida de las personas que viven en grandes centros, en la ciudad de São Paulo se propuso estudiar y evaluar la Capacidad y Nivel de Servicio en una ruta específica con base en los conceptos y métodos establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras 2000 (HCM 2000), además de utilizar la regresión lineal para estimar el pronóstico de la demanda de tráfico a corto plazo en un escenario bienal, para proponer alternativas para brindar un nivel de servicio satisfactorio y compatible.(Gomes et al., 2019)

En el Sur de América, la "Movilidad urbana: estudio de nivel de servicio y previsión de la demanda en una vía de la ciudad de São Paulo" evalúa los niveles de capacidad y servicio en una ruta específica en la ciudad de São Paulo con base en los conceptos y métodos establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras 2000 (HCM 2000) y utilizando la regresión lineal para estimar pronósticos de volúmenes de tráfico de emergencia en puentes a corto plazo en un escenario de dos años para proponer alternativas que proporcionen niveles de servicio satisfactorios y comparables. Teniendo en cuenta la demanda esperada, analizar la efectividad del método como herramienta de toma de decisiones para acciones encaminadas a mejorar el flujo vehicular y reducir la velocidad del tránsito en los sistemas viarios urbanos. Este estudio exploratorio, cuantitativo y descriptivo realizó cálculos utilizando los conceptos y métodos contenidos en HCM 2000, evaluando la efectividad de este método como medio para generar información de apoyo a la toma de decisiones para mejorar la movilidad urbana. Los resultados muestran una tendencia decreciente en el tráfico de vehículos en la carretera analizada. Los resultados sugieren que las herramientas utilizadas en este estudio pueden ser de gran valor a la hora de tomar decisiones o recomendar intervenciones para mejorar la satisfacción de las necesidades en términos de la capacidad de proporcionar niveles de servicios que ayuden a mejorar la satisfacción del usuario. Sistema vial del municipio de Sao Paulo.(Gomes et al., 2019)

2.1.3 Micro

"Análisis de la gestión vehicular en diferentes intersecciones de la ciudad de Portoviejo, Ecuador" señala que los problemas relacionados con la congestión del tráfico son cada vez más frecuentes a nivel mundial, especialmente en naciones latinoamericanas. La finalidad de este estudio es examinar la congestión vehicular en

30

varias intersecciones dentro de la ciudad de Portoviejo, ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador, con el propósito de identificar estrategias para mitigar los impactos

negativos del tráfico actual y promover una movilidad urbana sostenible. Para ello, se identificaron tres intersecciones estratégicas en la ciudad, seleccionadas en función de su relevancia y ubicación geográfica, a fin de registrar manualmente el flujo de tráfico durante cinco días a la semana, excluyendo cualquier eventualidad de emergencia que pudiera afectar la calidad de los datos recopilados. A partir de la información recopilada, se analizó la distribución de los diferentes modos de transporte y la proporción de vehículos ligeros en la categoría correspondiente. Los resultados del análisis indican que los vehículos ligeros representan el principal factor contribuyente a la congestión del tráfico, con una tasa media del 64,83%, seguidos por una utilización relativamente baja de medios de transporte más sostenibles, como el autobús y la bicicleta, con un 6,40% y un 0,47% respectivamente.(Abata et al., 2022)

"Determinación

 **10** [www.mendeley.com](https://www.mendeley.com/catalogue/1165294e-03a4-3476-ba83-fdb817620a95/) | Determinación de capacidad de car... preview & related info | Mendeley
<https://www.mendeley.com/catalogue/1165294e-03a4-3476-ba83-fdb817620a95/>

de capacidad de carreteras en cuenca (Ecuador) y comparación con el

manual de capacidad HCM" se llevó a cabo un estudio transversal en las secciones de seis vías de doble carril ubicadas en la Ciudad de Cuenca (Ecuador), durante el período comprendido entre agosto de 2015 y febrero de 2016. La evaluación de la capacidad de la carretera se realizó mediante dos enfoques: por un lado, se utilizaron las observaciones de campo, y, por otro lado, se aplicó el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM). Se encontró que el método HCM tendió a sobreestimar la capacidad de la carretera, con un promedio del 58% en comparación con los datos de capacidad obtenidos mediante observaciones de campo, las cuales se obtuvieron mediante el método conocido como "observador moviéndose". Esta discrepancia en la estimación de la capacidad se atribuye a que los parámetros utilizados en el método HCM no reflejan adecuadamente las condiciones locales de las avenidas en Cuenca. El contraste entre ambos enfoques revela que el método HCM, desarrollado a partir de las condiciones de tráfico de autopistas en los Estados Unidos, no es aplicable a las condiciones específicas de tráfico en las carreteras de Cuenca.(Carpio et al., 2018)

2.2 Antecedentes conceptuales

2.2.1 Volumen de tráfico

Como lo hace notar Zhezherun, D., el volumen de tráfico es una medida básica de la planificación y gestión del tráfico, que refleja la densidad de vehículos que circulan por

31

una infraestructura vial determinada. Este parámetro se cuantifica mediante el método de conteo de vehículos, que registra

 **11** [academia-lab.com](https://academia-lab.com/enciclopedia/flujo-de-trafico/) | Flujo de tráfico _ AcademiaLab
<https://academia-lab.com/enciclopedia/flujo-de-trafico/>

el número de vehículos que pasan por un punto de

control durante un período de tiempo determinado.(Zhezherun, 2021) Evaluar el flujo de tráfico es importante para comprender la demanda de viajes en un área determinada, así como para determinar los patrones de tráfico, la congestión y las necesidades de

infraestructura. Además, Ahmed, A., dice que muchos factores diferentes pueden influir en el flujo del tráfico rodado, incluido el crecimiento de la ciudad y la disponibilidad del transporte público. Por lo tanto, un análisis y una gestión adecuados del flujo de tráfico rodado son cruciales para diseñar eficazmente los sistemas de tráfico y mejorar la movilidad urbana.(Ahmed et al., 2021)

2.2.2 Nivel de servicio

Guntur S., sostiene que el nivel de servicio vial se ve relacionado con el impacto del tráfico rodado en la ciudad, por lo que a menudo se producen atascos en algunas carreteras. Esto se debe a que el número de vehículos que circulan por la ruta es desproporcionado con la capacidad de la carretera y a la alta actividad de las barreras, aquí el nivel de servicio vial se determina mediante el seguimiento de una serie de indicadores como el volumen de tráfico, el flujo de vehículos, la velocidad media, la facilidad de maniobra y la accesibilidad.(Guntur S et al., 2021) Además, Stojković & Vidas., mantienen que los niveles de mantenimiento de las carreteras se pueden analizar desde diversas perspectivas, por ejemplo, mediante modelos matemáticos de los flujos de tráfico, análisis estadístico de datos de campo o evaluación del impacto de las políticas de gestión del tráfico. Además, puede utilizarse para proporcionar orientación sobre el diseño, la planificación y la gestión del transporte urbano y rural.(Stojković & Vidas, 2022)

2.2.3 Densidad vehicular

Según Park, J., es el número de vehículos por unidad de longitud de carretera en un momento dado, generalmente expresada como vehículos por kilómetro o vehículos por milla. Este es un índice básico que caracteriza la densidad y capacidad de las carreteras, calculado dividiendo el número total de vehículos en un determinado segmento de la carretera por la longitud efectiva de ese segmento de la carretera. A pesar de los resultados positivos sobre el impacto de los vehículos autónomos en los flujos de tráfico y el potencial para aumentar la capacidad de las carreteras, hasta la fecha se ha realizado poca

32

investigación sobre el impacto de la conducción autónoma en las vías urbanas.(Park et al., 2021)

Según el autor Alvarenga Rodríguez, dice que hay una serie de modelos denominados continuos para el tráfico de automóviles, donde se supone que existe una relación entre la velocidad y la densidad de vehículos, esta relación da lugar a dos amplias ramas en las que se distinguen entre modelos micro y macro de tráfico de automóviles, siendo la densidad vehicular medida como el número de vehículos por unidad de longitud.(Alvarenga-Rodríguez, 2020)

2.2.4 Flujo vehicular

Teniendo en cuenta a Medvediev & Soroka., el tráfico de vehículos se refiere al número de vehículos que transitan por un punto específico de carretera en una dirección determinada durante un período de tiempo determinado, generalmente expresado como número de vehículos por hora. Este parámetro es importante para comprender la capacidad y eficiencia de una vía y se calcula dividiendo el número de vehículos que pasan por un punto de control en la vía durante un período de tiempo determinado. El

flujo de tráfico es un indicador clave para el análisis del tráfico y la evaluación del desempeño de la infraestructura vial, ya que proporciona información valiosa sobre la demanda de viajes y el uso de la red vial.

Además, el tráfico de vehículos puede verse afectado por una variedad de factores, incluidas las condiciones climáticas, las condiciones de las carreteras y la demanda de viajes. Por lo tanto, una comprensión y una medición adecuadas son esenciales para una planificación y gestión eficaces del tráfico urbano y rural. (Medvediev & Soroka, 2020)

2.2.5 Movilidad Urbana

Desde el punto de vista de Qian, X., la movilidad urbana se conceptualiza como un fenómeno multidimensional compuesto de patrones, comportamientos y sistemas relacionados con el flujo de personas y el paso de generación de rutas hacia y desde el centro de actividad con conectividad a los sistemas de tránsito existentes. Este concepto supone un análisis integral de la interacción de factores sociales, económicos, ambientales y tecnológicos que influyen en la accesibilidad, eficiencia y desarrollo sostenible de los sistemas de transporte urbano. (Qian et al., 2020)

33

La movilidad urbana no se limita al movimiento físico, sino que también incluye aspectos como la planificación espacial, la asignación de modos, la seguridad vial, el acceso equitativo al transporte y la integración modal de los distintos transportes. Por tanto, su investigación requiere un enfoque interdisciplinario, combinando elementos de ingeniería, urbanismo, economía, sociología y ecología. Comprender y mejorar el movimiento urbano es necesario para resolver problemas relacionados con el desarrollo de ciudades, congestión del tráfico, contaminación del aire y calidad de vida en las ciudades modernas.

2.2.6 Capacidad Vial

Como afirma Srivastava y Kumar, es la medida máxima de tráfico de vehículos que una determinada infraestructura vial puede manejar en un período de tiempo determinado sin congestión o deterioro de las condiciones de funcionamiento a un nivel inaceptable. Este aspecto es muy importante en la planificación y diseño de vías y calles y se determina en base a análisis experimentales y modelos teóricos que tienen en cuenta factores como la forma de la vía, las señales, la densidad de vehículos, la velocidad, etc., los niveles de tráfico y la demanda de tráfico. (Srivastava & Kumar, 2023). También, Shirmohammadi dice que la capacidad de la carretera no es fija, pero puede variar según condiciones como el clima, el tipo de vehículo y la presencia de elementos de control de tráfico. A pesar de numerosos estudios en la literatura, se ha prestado poca atención a los efectos de la reducción de velocidad. Se necesita una evaluación exhaustiva para garantizar que la red de carreteras funcione sin problemas y de forma segura, y para identificar áreas que necesitan mejoras o ampliación para satisfacer las necesidades de movilidad de las personas. (Shirmohammadi et al., 2018)

2.2.7 Seguridad Vial

De acuerdo con Grzebieta, R, la seguridad vial se considera un campo interdisciplinario,

centrándose en prevenir y minimizar el impacto de los accidentes viales mediante la implementación de estrategias, políticas y tecnologías que minimicen los riesgos asociados a la movilidad de vehículos. Este campo de estudio abarca muchos factores, incluido el diseño y mantenimiento de carreteras, el control del tráfico, la educación y concienciación de los usuarios, la aplicación del control del tráfico y la seguridad de los vehículos. La seguridad vial se basa en la recopilación y análisis de datos sobre accidentes, lesiones y factores relacionados, así como en el uso de métodos científicos y

34

evaluaciones de riesgos para identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias de prevención efectivas.(Grzebieta et al., 2020)

2.2.8 Semaforización

Según Boon M., la semaforización regula el tráfico en intersecciones y cruces, este proceso implica analizar factores como el volumen de tráfico, la velocidad del vehículo, la geometría de la carretera y las condiciones de visibilidad para determinar el ciclo operativo óptimo y la secuencia de señales. La instalación de señales de semáforo representa un tema clásico dentro del campo de la ingeniería de tráfico, siendo crucial en situaciones de alta densidad vehicular, donde los períodos de luz verde se vuelven escasos, dando lugar a la formación inevitable de colas más extensas. Los semáforos se basan en los principios de gestión del tráfico y control de sistemas, y su diseño se basa en modelos matemáticos y simulaciones por computadora para evaluar el desempeño y la seguridad del sistema.(Boon et al., 2023)

2.2.9 Señalización

Para Baskan O., la señalización se refiere a las señales viales que incluyen un conjunto de marcas viales, iluminación y otros elementos que brindan a los usuarios de la vía información, advertencias y regulaciones para promover un viaje seguro y eficiente. Además, es una solución simultánea a los problemas de maximizar el ancho de banda disponible y minimizar la latencia optimizando la sincronización de los semáforos. Este sistema de comunicación visual se basa en principios de diseño ergonómico y psicología cognitiva, y se adapta a las necesidades específicas de cada entorno viario.(Baskan et al., 2019)

2.3 Antecedentes Referenciales

La infraestructura vial tiene como objetivo asegurar el correcto desempeño de sus funciones construidas, brindando movilidad con altos estándares de velocidad de comunicación, seguridad, economía y confort. Por ello en el trabajo a cerca de un "Estudio de



repositorio.utmachala.edu.ec | Repositorio Digital de la UTMACH: Metodología para la evaluación de vías urbanas que garantizan la fluidez y seguridad de circulación ...
<https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/20663>

las vías urbanas mediante una metodología de evaluación que garantice un

análisis de la fluidez y seguridad de la circulación en ciudades de hasta 300.000

habitantes" se llevó a cabo el siguiente procedimiento: Se basó bibliográficamente en artículos científicos para fundamentar los métodos de evaluación de vías urbanas. Se exploró la necesidad de criterios de evaluación que valoren aspectos que afectan la fluidez

y seguridad de una vía. Luego, se elaboró una metodología de evaluación.(Ordóñez

Criollo Kiara Lisseth & Campuzano Vera Fresia Luisana, 2022)

A medida que el tiempo avanza el tema de movilidad urbana se vuelve un desafío cada vez mayor, dando paso a la necesidad de analizar la relación entre volumen-capacidad y el nivel de servicio, utilizando métodos de tránsito experimentales y de ingeniería en las rutas de acceso de la ciudad de Machala. La capacidad de masa se obtuvo utilizando la cuenta de entrada de HCM2010. Los cálculos se realizan detalladamente para sintetizarlos y presentarlos en tablas y gráficos para su adecuado análisis, comparándolos con los resultados obtenidos durante el proceso de simulación y extrayendo las conclusiones adecuadas.(Pavón Peñafiel Miguel José et al., 2023)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación

Este proyecto adopta un enfoque mixto, ya que combina una modalidad investigativa basada en la recopilación de información y el análisis bibliográfico con una modalidad de carácter cuantitativa y de campo, con el fin de obtener datos a través de mediciones in situ y una visión más amplia respecto al congestionamiento de la vía mediante encuestas.

Tipo de investigación

Documental

Este tipo de investigación se fundamenta en la recolección de información mediante artículos y otras fuentes relevantes, con el objetivo de desarrollar un enfoque general y descriptivo del tema de estudio. Se analizan teorías y estudios existentes que faciliten la generación de hipótesis, orientadas a obtener resultados confiables y válidos. Las técnicas de campo incluyen la observación directa del lugar de estudio y la realización de aforos vehiculares, permitiendo determinar el nivel de servicio en la vía.

De campo

Se enfoca en la descripción de los elementos fundamentales necesarios para analizar la vía. Esto incluye características como la clasificación de los vehículos, sus velocidades y otras propiedades relevantes. Este estudio busca comprender la importancia y el nivel de servicio de la vía mediante el análisis de los resultados obtenidos en campo, los cuales serán clave para verificar las hipótesis planteadas. A continuación, en la Tabla N°11 se muestra a detalle el procedimiento.

Tabla N°11 Procedimiento

Procedimiento Descripción

Investigación

Recopilación de información sobre tipos de vías y sus respectivas características.

Investigar sobre las normativas existentes para clasificar la vía.

Recolección de datos numéricos con el propósito de cuantificar el problema.

37

Investigación Cuantitativa Encuesta con el fin de recopilar datos sobre el congestionamiento en la zona de estudio.

Investigación de Campo

Observación directa en la vía en diferentes horarios durante el día.

Constatar los inconvenientes que se presentan en el flujo vehicular.

Manual Invias (Basado en

Highway Capacity Manual)

Determinar la capacidad de la vía para comprender la demanda

Obtener con exactitud el nivel de servicio en el tramo de la vía

Fuente: Creación propia

3.2 Descripción de la Población y Muestra

Para este trabajo se estableció que una de las vías de importancia y sobre todo de congestionamiento vehicular en la ciudad de Machala es la Bolívar Madero Vargas, por tal motivo se decidió realizar el análisis de un tramo de la vía, la cual se vio sujeta a una

regeneración, por lo que se deberá efectuar los cálculos correspondientes con el fin de obtener la capacidad y el nivel de servicio.

3.2.1 Población Referencial

La población se caracterizará por la red de carreteras del sector urbano de Machala, la cual cuenta con alrededor de 725.23 kilómetros, que se encuentran clasificados de acuerdo a su tipo de vía, siendo estas sus características de calzada, longitud y estado de la vía, siendo esta información proporcionada por el PDOT de Machala.

3.2.2 Tamaño de muestra

La muestra que se tomó para este estudio se encuentra definida por un tramo de la Avenida Bolívar Madero Vargas comprendida entre Gral. Páez y Av. 5ta Norte, la cual consta con una distancia aproximada de 920 metros.

3.3 Métodos con los Materiales Utilizados

3.3.1 Método teórico

Según el Manual HCM (National Research Council, 2000), para determinar con precisión el nivel de servicio es fundamental realizar aforos vehiculares en intervalos de 15

38

minutos. A partir de los datos recolectados en campo, se emplean las fórmulas descritas en el manual para calcular el volumen horario de máxima demanda, que representa el máximo número de vehículos que transitan por un carril durante cuatro periodos consecutivos de 15 minutos. Este dato, obtenido a partir de los aforos realizados, proporciona información concreta que facilita su análisis e interpretación.

3.3.2 Materiales e Instrumentos

Para el análisis del estado actual de la vía se ocupa lo siguiente:

- Hoja de cálculo de Excel para el registro de la información de datos del aforo vehicular del tramo de estudio.
- Chaleco
- Flexómetro
- Cinta de 30 metros
- Teléfono para registrar la evidencia fotográfica

3.4 Técnicas para el Procedimiento de los Datos Obtenidos

3.4.1 Inspección Visual

Consiste en la observación directa del flujo de tránsito con el objetivo de recopilar información sobre el volumen, la composición y el comportamiento de los vehículos en el tramo de análisis de la vía. Durante esta inspección, se registran aspectos como la cantidad de vehículos que circulan en un periodo determinado, tipos de vehículos, patrones de circulación o condiciones de la vía. Esta observación se realiza de manera sistemática mediante un conteo manual utilizando una tabla de Excel como se muestra a continuación en la Tabla N°12:

39

Fuente: Creación propia

3.4.2 Procedimiento para el Cálculo de la Capacidad

El valor C_i de la capacidad en condiciones ideales, equivalente a 3200 automóviles por hora en ambos sentidos, se ajusta mediante la aplicación de diversos factores de corrección. Este proceso permite convertir dicha capacidad en una medida adecuada para las condiciones específicas analizadas, expresada en vehículos de todos los tipos por hora.

Los pasos a seguir son los siguientes:

$$C_i = 3200 \text{ autos/hora/ambos sentidos}$$

Seleccionar el factor de corrección por pendiente F_{pe} de la Tabla N°13, tomando en cuenta la pendiente correspondiente en la dirección ascendente. (Instituto Nacional de Vías, 2020)

7 a 8 8 a 9 9 a 10 10 a 11 11 a 12 12 a 13 13 a 14 14 a 15 15 a 16 16 a 17 17 a 18

Tipo Descripción

Autos

Camionetas

Taxis

Autobus

Busetas

C-2p (Camiones

pequeños de

dos ejes

C-2G (Camiones

grandes de dos

ejes)

C-3-4 (Camiones

de 3 ejes)

C5 (Camiones de

5 ejes)

C6 (Camiones de

mas de 5 ejes)

Motocicletas

Otros

Hora de aforo

Total por segmentos de 15 min

Total por hora

40

Tabla N°13 Factores de corrección a la capacidad por pendiente (F_{pe})

Longitud de la pendiente (Km)

Pendiente 0,5 1 1,5 2 2,5 3 3,5 4 4,5 5 5,5 6

0 1,0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 0,99 0,99 0,99 0,99 0,98 0,98 0,98 0,98 0,98 0,98 0,98 0,98 0,98

2 0,99 0,98 0,98 0,98 0,97 0,97 0,97 0,97 0,97 0,97 0,97 0,97 0,97

3 0,98 0,97 0,96 0,96 0,95 0,95 0,95 0,95 0,95 0,95 0,95 0,95 0,95

4 0,98 0,96 0,95 0,94 0,94 0,94 0,93 0,93 0,93 0,93 0,93 0,93 0,93

5 0,98 0,95 0,94 0,92 0,92 0,92 0,92 0,92 0,91 0,91 0,91 0,91 0,91

6 0,97 0,95 0,92 0,91 0,91 0,9 0,9 0,9 0,89 0,89 0,89 0,89 0,89

7 0,96 0,93 0,91 0,89 0,89 0,87 0,87 0,87 0,86 0,86 0,86 0,86 0,86

8 0,96 0,92 0,89 0,87 0,86 0,85 0,84 0,84 0,84 0,84 0,84 0,84 0,84

9 0,94 0,89 0,85 0,83 0,82 0,81 0,8 0,8 0,8 0,8 0,8 0,8 0,8

10 0,92 0,85 0,81 0,79 0,78 0,77 0,76 0,75 0,75 0,74 0,74 0,74 0,74

11 0,9 0,81 0,76 0,73 0,72 0,71 0,7 0,69 0,69 0,68 0,68 0,68 0,68

12 0,87 0,76 0,71 0,68 0,67 0,64 0,64 0,63 0,63 0,61 0,61 0,61 0,61

Fuente: Creación propia - Instituto Nacional de Vías 2020

Elegir el factor de corrección por la distribución de sentidos (*F_d*) de la Tabla N°14, teniendo en cuenta el porcentaje de áreas de no rebase y la distribución del tráfico en cada trayectoria. En caso de no contar con información sobre el porcentaje de zonas de no rebase, se pueden utilizar las siguientes indicaciones.(Instituto Nacional de Vías, 2020)

Tabla N°14 Factores de corrección a la capacidad por pendiente (*F_d*)

Tipo de terreno zonas de no rebase %

Plano 0 - 20

Ondulado 20 - 40

Montañoso y Escarpado 40 - 100

Fuente: Creación propia - Instituto Nacional de Vías 2020

Elegir

 **repository.unilibre.edu.co**
https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN_VISUAL_DEL_TRAMO.pdf?sequence=1

el factor de corrección por ancho de carril y berma (*F_{cb}*) de la Tabla N°15, teniendo

en cuenta el ancho de uso de ambos carriles, el de la berma y el del carril.

Tabla N°15

 **repository.unilibre.edu.co**
https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN_VISUAL_DEL_TRAMO.pdf?sequence=1

Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (*F_{cb}*)

Ancho de carril

Berma 3,65 3,5 3,3 3

1,8 1 0,99 0,98 0,96

1,5 0,99 0,99 0,98 0,95

1,2 0,99 0,98 0,97 0,95

41

1 0,99 0,98 0,97 0,94

0,5 0,98 0,97 0,96 0,93

0 0,97 0,96 0,95 0,92

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Elegir el factor de corrección debido a la existencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (*Fp*) de la Tabla N°16, considerando la pendiente ascendente, su longitud y el porcentaje de vehículos de gran peso. (camiones y buses).

Tabla N°16

 **repository.unilibre.edu.co**
https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN_VISUAL_DEL_TRAMO.pdf?sequence=1

Factores de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados

en pendientes ascendentes (*Ec*)

Equivalentes camión factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes

 **www.invias.gov.co**
<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/12869-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-tercera-version-2022/file>

ascendentes (*Ec*)

Pendiente

ascendente %

Longitud de la

pendiente (km)

Porcentaje de vehículos pesados (camiones + buses)

10 20 30 40 50 60

0 0,5 1,53 1,56 1,5 1,48 1,47 1,74

0 1 1,53 1,56 1,5 1,48 1,47 1,74

0 1,5 1,53 1,56 1,5 1,48 1,47 1,74

0 2 1,53 1,56 1,5 1,48 1,47 1,74

0 3 1,53 1,56 1,5 1,48 1,47 1,74

0 4 1,53 1,56 1,5 1,48 1,47 1,74

0 5 1,53 1,56 1,5 1,48 1,47 1,74

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Multiplificar el valor de *Ci* (3200 autos/hora/ambos sentidos) por los factores de corrección previamente determinados para obtener la capacidad (*C60*). Este resultado representa el volumen máximo de tráfico mixto (vehículos livianos y pesados) que puede circular durante la hora pico sin generar congestión, asumiendo que no existen variaciones aleatorias en dicho volumen.

$$C60 = 3200 * Fpe * Fd * Fcb * Fp$$

Ecuación 1

Donde:

C60

 **bdigital.unal.edu.co** | Análisis de la capacidad y nivel de servicio de las vías principales y secundarias de acceso a la ciudad de Manizales
<http://bdigital.unal.edu.co/3555/>

= Capacidad en vehículos mixtos por hora sin considerar variaciones aleatorias

Fpe = Factor de corrección a la capacidad por pendiente

Fd = Factor de corrección a la capacidad de distribución por sentidos

Fcb

18

repository.unilibre.edu.co

[https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN VISUAL DEL TRAMO.pdf?sequence=1](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN_VISUAL_DEL_TRAMO.pdf?sequence=1)

= Factor de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y

berma

 F_p = Factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados

19

www.invias.gov.co

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/11026-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-2020/file>

en

pendientes ascendentes

El valor faltante F_p deberá ser calculado de la siguiente manera: $F_p =$

1

 $1 - P_c(F_{cb} - 1)$

Ecuación 2

De esta ecuación tendremos que calcular el valor de P_c respectivamente: $P_c = \%B + \%C$

Ecuación 3

Donde:

 P_c = Sumatoria de porcentaje de buses más camionesMultiplicar C_{60} por el factor de pico horario (FPH) obtenido de la Tabla N°17 paracalcular la capacidad (C_{15}). Este valor representa el volumen máximo de tráfico mixto

que debería circular durante la hora pico, garantizando que, en condiciones normales, no

se genere congestión en el período de quince minutos con mayor tránsito dentro de esa

hora. (Instituto Nacional de Vías, 2020)

Tabla N°17 Factores de hora pico

20

bdigital.unal.edu.co | Análisis de la capacidad y nivel de servicio de las vías principales y secundarias de acceso a la ciudad de Manizales

<http://bdigital.unal.edu.co/3555/>suponiendo llegadas de vehículos aleatorias (FPH)

Volumen horario total

Veh/h (C_{60})

Factor de pico

horario

Volumen horario

total Veh/h (C_{60}) 2

Factor de pico

horario 2

100 0,68 1400 0,89

200 0,7 1600 0,9

300 0,72 1800 0,92

400 0,74 2000 0,93

600 0,78 2200 0,95

800 0,81 2400 0,95

1000 0,84 2600 0,96

1200 0,86 2800 0,97

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

El valor de la capacidad C5 se obtiene de la siguiente manera:

43

$$C15 = C60 * FPH$$

Ecuación 4

Donde:

C15 = Capacidad en vehículos mixtos por cuarto de hora

FPH = Factor de hora pico

Una vez obtenidos los dos valores C60 y C15 correspondientes a la capacidad de la vía, procedemos a calcular el nivel de servicio.

3.4.3 Procedimiento para el Cálculo del Nivel de Servicio

Dado que el principal indicador de efectividad para poder obtener el nivel de servicio es la velocidad media de recorrido del flujo vehicular mixto, también conocida como velocidad media espacial (que incluye tanto vehículos livianos como pesados), el procedimiento inicia con la determinación de dicha velocidad. Para ello, primero se calcula la velocidad de los automóviles en condiciones de flujo libre y cercanas a las ideales, y posteriormente se ajusta este valor para obtener el parámetro requerido, siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

Determinar la velocidad ideal de los automóviles en flujo libre (V1) utilizando la Tabla N°18, considerando la pendiente ascendente en análisis y su longitud. Este valor se refiere a la velocidad promedio de los coches en circunstancias ideales.(Instituto Nacional de Vías, 2020)

Tabla N°18

 **repository.unilibre.edu.co**
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN VISUAL DEL TRAMO.pdf?sequence=1>

Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes

ascendentes

(V1)

Longitud de la pendiente (Km)

Pen. Asc. % 0,5 1 1,5 2 2,5 3 3,5 4 4,5 5 5,5 6

0 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90 90

1 86 86 86 86 85 85 85 85 85 85 85

2 86 82 81 81 80 80 80 80 80 80 80

3 83 79 77 76 75 75 75 75 75 75 75

4 82 77 74 72 70 70 69 69 69 69 68

5 81 74 70 68 66 66 65 65 64 64 64

6 80 73 67 65 63 62 61 61 60 60 60

7 78 69 63 60 59 56 55 55 54 54 54

8 76 66 60 55 54 52 51 51 50 50 49

9 70 59 52 49 48 46 44 44 43 43 43

10 66 52 46 42 41 40 39 38 38 37 37 37

11 61 46 39 38 35 34 33 31 31 30 30 30

12 55 39 34 30 29 27 27 26 26 25 25 25

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Calcular

**www.invias.gov.co**<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/11026-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-2020/file>

el factor de corrección por el efecto del factor de utilización
(Fu) utilizando la

Tabla N°19, considerando la relación entre Volumen y Capacidad. Ambas variables

corresponden a un período de sesenta minutos, y el volumen se denota con el símbolo Q.

Tabla N°19

**repository.unilivre.edu.co**https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN_VISUAL_DEL_TRAMO.pdf?sequence=1

Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la

**www.invias.gov.co**<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/11026-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-2020/file>

utilización

**noesis.uis.edu.co**<https://noesis.uis.edu.co/bitstreams/8e7b7b7e-4993-4f3b-a494-15d291e4443c/download>

de la capacidad
(Fu).

Relación Volumen-Capacidad

Q/C60

Factor de corrección fu

0,1 0,99

0,2 0,98

0,3 0,96

0,4 0,92

0,5 0,87

0,6 0,82

0,7 0,75

0,8 0,68

0,9 0,59

1 0,5

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Siendo el Factor de utilización
Volumen

capacidad

=

Q

C60

Luego se calcula el factor de corrección por el efecto combinado del ancho de carril y

berma (Fcb) de la Tabla N°20 con el dato previamente utilizado de la berma y del carril.

Tabla N°20

Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto combinado del

ancho de carril y berma (F_{cb})

Ancho de carril (m)

Ancho de la berma

(m)

3,65 3,5 3,3 3 2,7

1,8 1 0,97 0,93 0,85 0,73

1,5 0,98 0,95 0,91 0,83 0,71

1,2 0,96 0,93 0,89 0,81 0,7

1 0,95 0,92 0,88 0,8 0,69

0,5 0,91 0,88 0,84 0,76 0,66

0 0,88 0,85 0,81 0,73 0,63

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

45

Procedemos a calcular la velocidad V_2

$$V_2 = V_1 * F_u * F_{cb}$$

Ecuación 5

Donde:

V_1 = Velocidad media ideal de autos en flujo libre

F_u =

Factor

de corrección al nivel de servicio por el efecto de la

utilización de la capacidad

F_{cb} = Factor de corrección al nivel de servicio por efecto combinado del ancho de carril

y berma

Obtener el valor inicial del factor de corrección por la presencia de vehículos pesados (F_p)

utilizando la Tabla N°21, para calcular la equivalencia vehicular de los camiones,

considerando la pendiente y su longitud. En este cálculo, solo se tiene en cuenta el

porcentaje de camiones. (Instituto Nacional de Vías, 2020)

Tabla N°21

Equivalentes camión para

corrección al Nivel de Servicio por la presencia

de vehículos pesados en pendientes ascendentes

(Fp)

Porcentaje de vehículos pesados (Camiones)

Tipo de

terreno

Longitud

de la

pendiente

(km)

Velocidad

de autos

(V2)

(km/h)

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Plano

(pendiente

longitudinal

<3%)

0,5 40 1 1 1,04 1,1 1,12 1,13 1,14 1,13 1,14 1,14

0,5 50 1 1 1,04 1,1 1,12 1,13 1,14 1,13 1,14 1,14

0,5 60 1,01 1,16 1,18 1,2 1,21 1,21 1,2 1,19 1,19 1,18

0,5 70 1,43 1,42 1,36 1,34 1,32 1,3 1,28 1,27 1,26 1,24

0,5 80 1,86 1,65 1,52 1,46 1,42 1,38 1,36 1,33 1,31 1,3

0,5 90 2,16 1,8 1,62 1,54 1,49 1,44 1,4 1,37 1,35 1,33

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Se aplica la siguiente ecuación:

$F_p =$

1

$1 + \%C(Ec + 1)$

Ecuación 6

46

Determinar el factor de correlación por tortuosidad del tramo de estudio, seleccionando

en la Tabla N°22.

Tabla N°22



www.invias.gov.co

https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/11026-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-2020/file

Factor de corrección al Nivel de Servicio por efecto de la tortuosidad

(ft)

Pendiente (%) Tortuosidad (°/km) ft

0 <=40 1

<2,5 <110 0,99

<4 <200 0,99

<6 <400 0,98

<8 <800 0,97

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Una vez que se ha obtenido tal valor, se calcula la velocidad final en el tramo de estudio con la siguiente ecuación:

$$V_m = V_2 * F_p * f_t$$

Ecuación 7

Donde:

F_p = Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados

f_t = Factor de corrección por tortuosidad del tramo de estudio

Finalmente, se determina el Nivel de Servicio calculando el porcentaje que se perdió con referencia a la velocidad ideal que es 90 km/h, y dependiendo el tipo de terreno se aplica la Tabla N°23 .

Tabla N°23 Nivel de Servicio con relación entre $V_m/V_i * 100$

Tipo de

terreno

Nivel de Servicio

A B C D E F

Plano >92% 92%-80% 80%-69% 69%-58% 58%-47% <47%

Ondulado >76% 76%-66% 66%-57% 57%-48% 48%-38% <38%

Montañoso >58% 58%-50% 50%-43% 43%-37% 37%-29% <29%

Escarpado >40% 40%-34% 34%-30% 30%-26% 26%-20% <20%

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

47

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Encuestas

La encuesta se realizó a través de Google Forms, para la cual se tomaron en consideración personas que habiten o transiten en la vía, la misma que tiene como objetivo recopilar información sobre las opiniones que tienen las personas acerca del congestionamiento y las posibles mejoras que puedan sugerir. A continuación, se muestran los resultados de la encuesta:

Pregunta 1: ¿Qué medio de transporte usa frecuentemente para movilizarse?

Fuente: Creación propia

En la primera pregunta, se obtuvo como resultado que las personas usan con mayor frecuencia el servicio de transporte público con un 46,4%, seguido de automóvil con 36,2% y en tercer lugar las motocicletas con 14,5%

Pregunta 2: ¿Considera que el número de carriles en la Av. Bolívar Madero Vargas entre Gral. Paez y 5ta Norte es el adecuado?

Fuente: Creación propia

48

En los resultados de la segunda pregunta, con un 60,9%, las personas no están de acuerdo con que el número de carriles sea el adecuad, 21,7% respondieron con tal vez y 17,4% consideran estar de acuerdo.

Pregunta 3: ¿Considera que el ancho de carril es el más óptimo?

Fuente: Creación propia

En la tercera pregunta se obtuvo un 71% en base a no estar de acuerdo con que el ancho del carril sea el más óptimo para la circulación de los vehículos, 17,4% están de acuerdo y 11,6% tal vez.

Pregunta 4: ¿Considera que las paradas de buses se encuentran posicionadas adecuadamente?

Fuente: Creación propia

Siguiendo con la cuarta pregunta, con un 63,8%, las personas no están de acuerdo con que las paradas del transporte público estén posicionadas adecuadamente, 18,8% están de acuerdo y 17,4% tal vez.

Pregunta 5: ¿Considera que la señalización de la vía es correcta?

49

Fuente: Creación propia

Para la pregunta 5, las personas respondieron con si un 42% respecto a que la señalización de la vía no es correcta, mientras que, 34,8% consideran que si y un 23,2% que tal vez.

Pregunta 6: ¿Cree que el mal estacionamiento de los vehículos a lo largo de la vía provoca el congestionamiento?

Fuente: Creación propia

Con un 82,6% en la pregunta 6, las personas consideran que el mal estacionamiento si provoca un grado de congestionamiento.

Pregunta 7: ¿Cómo calificaría el nivel de congestión vehicular en la Av. Bolívar Madero Vargas entre Gral. Paez y 5ta Norte?

50

Fuente: Creación propia

En la pregunta 7 con un 59,4% se evidencia que las personas consideran que el nivel de congestión es alto, mientras que, para el 26,1% el nivel es moderado y para el 14,5% el nivel es bajo.

Pregunta 8: ¿Cómo describiría las condiciones de congestionamiento vehicular en la

Av. Bolívar Madero Vargas?

Fuente: Creación propia

En la pregunta 8, las personas describen las condiciones de la vía como congestionada con un 73,9%, siguiendo con un 15,9% como intermitente y 10,1% como libre.

Pregunta 9: ¿Cómo calificaría los tiempos de espera en los semáforos?

51

Fuente: Creación propia

En relación a la semaforización se obtuvo un 52,2% considerando como neutral los tiempos de espera en los semáforos, un 29% como insatisfactorio y al 18,8% restante le parece satisfactorio.

Pregunta 10:

 **Trabajo de Titulación Final-Chuquirima D.docx** | Trabajo de Titulación Final-Chuquirima D
El documento proviene de mi grupo

¿Qué medida considera más efectiva para mejorar el flujo vehicular en la

Av. Bolívar Madero Vargas?

Fuente: Creación propia

Finalmente, en la última pregunta de la encuesta se buscó obtener por parte de la gente una posible sugerencia para mejorar el flujo vehicular, obteniendo como resultado que el 58% considera que se implemente un carril exclusivo para el transporte público, el 17,4% que se restrinja los vehículos pesados, el 13% que mejore la señalización y por último el 11,6% que minimice los tiempos de luz roja en los semáforos.

4.2 Aforos Vehiculares

Se realizó un aforo vehicular teniendo en cuenta los tipos de vehículos que se especifican en la siguiente Tabla N°24:

52

Tabla N°24 Tipos de vehículos

Tipo Descripción

Autos

Camionetas

Taxis

Autobús

Busetas

C-2p (Camiones
pequeños de

dos ejes

C-2G (Camiones
grandes de dos

ejes)

C-3-4 (Camiones
de 3 ejes)

C5 (Camiones de
5 ejes)

C6 (Camiones de
más de 5 ejes)

Motocicletas

Otros
Motos eléctricas o

tricimoto

Fuente: Creación propia

4.2.1 Volumen diario

Según los datos obtenidos en campo, se muestran los resultados del volumen diario en la
siguiente Tabla N°25.

Tabla N°25 Tráfico diario

SEMANA DE
AFORO Trafico total por día

Total % Tipo Lunes Martes Miércoles Jueves Viernes Sábado Domingo

Autos
687 656 555 597 607 433 258 3793 35%

Camionetas
119 158 101 133 76 75 84 746 7%

53

Taxis
96 81 80 81 61 54 47 500 5%

Autobús
237 291 275 234 302 213 150 1702 16%

Busetas
191 210 192 185 179 36 55 1048 10%

C-2p (Camiones
pequeños de dos

ejes) 65 89 92 95 97 42 62 542 5%

C-2G (Camiones
grandes de dos

ejes) 50 55 70 89 84 48 43 439 4%

C-3-4 (Camiones

de 3 ejes)

42 59 59 71 48 40 48 367 3%

C5 (Camiones de
5 ejes) 27 31 58 49 36 44 39 284 3%

C6 (Camiones de
más de 5 ejes)

3 4 30 19 23 41 27 147 1%

Motocicletas
144 83 128 99 64 81 58 657 6%

Otros
102 75 120 66 68 74 48 553 5%

Total 1763 1792 1760 1718 1645 1181 919 10778 100%

% 16% 17% 16% 16% 15% 11% 9% 100%

Fuente: Creación propia

4.2.2 Volumen máximo en hora pico

Resumiendo, en la Tabla N°26, los valores, así queda la tabla el flujo diario de vehículos

en su respectiva hora pico del día

Tabla N°26 Volumen máximo horario

Volumen Máximo Horario

Día Lunes
253

Hora 13:00 a 14:00

Día Martes
261

Hora 13:00 a 14:00

Día Miércoles
252

Hora 13:00 a 14:00

Día Jueves
283

Hora 13:00 a 14:00

Día Viernes 235

54

Hora 13:00 a 14:00

Día Sábado
169

Hora 13:00 a 14:00

Día Domingo
97

Hora 13:00 a 14:00

Fuente: Creación propia

4.3 Análisis de Resultados

4.3.1 Descripción y argumentación teórica de resultados

En la siguiente Tabla N°27 se muestran los valores obtenidos del cálculo de la capacidad

y nivel de servicio que se determinó en la vía de acuerdo al manual(Instituto Nacional de

Vías, 2020)

Tabla N°27 Valores de capacidad

35

www.invias.gov.co

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/11026-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-2020/file>

Factores de corrección a la capacidad por

pendiente (F_{pe})

1

Factores de corrección a la capacidad por

36

kupdf.net | INVIAS Manual-De-Capacidad-Y-Niveles-De-Servicio-Para-Carreteras-De-Dos-Carriles - Free Download PDF

https://kupdf.net/download/invias-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles_663301b6e2b6f5876eff7320_pdf

pendiente (F_d)

0,640

37

www.invias.gov.co

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/12869-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-tercera-version-2022/file>

Factores de corrección a la capacidad por

efecto combinado del ancho de carril y

berma (F_{cb})

0,963

Factores de corrección a la capacidad por

38

bdigital.unal.edu.co | Análisis de la capacidad y nivel de servicio de las vías principales y secundarias de acceso a la ciudad de Manizales

<http://bdigital.unal.edu.co/3555/>

la presencia de vehículos pesados en

39

noesis.uis.edu.co

<https://noesis.uis.edu.co/bitstreams/8e7b7b7e-4993-4f3b-a494-15d291e4443c/download>

pendientes ascendentes (E_c)

1,478

Factor de corrección a la capacidad por la

presencia de vehículos pesados en

pendientes ascendentes

(F_p)

0,833

El valor C_i de la capacidad en condiciones

ideales

3200 (veh/h)

Capacidad en vehículos mixtos por hora

sin considerar variaciones aleatorias (C_{60})

1642 (veh/h)

Factores de hora pico suponiendo

llegadas de vehículos aleatorias (F_{PH})

0,904

Capacidad en vehículos mixtos por cuarto

de hora C_{15}

1485 (veh/h)

Fuente: Creación propia

Para la obtención de los resultados, seguimos el procedimiento establecido en el manual (Instituto Nacional de Vías, 2020). Además, contamos con el apoyo de una hoja electrónica que facilita el procesamiento de los datos, garantizando precisión y fiabilidad en los cálculos. Cada resultado proviene directamente de la recopilación de información en campo, asegurando un análisis basado en datos reales.

Posteriormente en la Tabla N°28 se obtienen los datos para el nivel de servicio:

Tabla N°28 Valores de Nivel de servicio

Datos obtenidos

Velocidad media ideal de automóviles a

flujo libre en pendientes ascendentes (V_1)

90

Factores de corrección al Nivel de



noesis.uis.edu.co

<https://noesis.uis.edu.co/bitstreams/8e7b7b7e-4993-4f3b-a494-15d291e4443c/download>

Servicio por el efecto de la utilización de

la capacidad

(F_u).

0,983

Factores de corrección al Nivel de

Servicio por el efecto combinado del

ancho de carril y berma (F_{cb})

0,854

V_1 = Velocidad media ideal de autos en

flujo libre

75,536 (km/h)

Equivalentes camión para corrección al



repository.unilibre.edu.co

https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17136/INSPECCIÓN_VISUAL_DEL_TRAMO.pdf?sequence=1

Nivel de Servicio por la presencia de

vehículos pesados en pendientes

ascendentes (F_p)

0,865

Factor de corrección al Nivel de Servicio

por efecto de la tortuosidad (FT)

1

Velocidad media (V_m) 65,304 (km/h)

Fuente: Creación propia

El análisis realizado en esta investigación determinó que la vía en estudio presenta un Nivel de Servicio C, lo que indica un flujo de tránsito estable, aunque con interacciones más frecuentes entre los vehículos. En este nivel, los conductores aún tienen un grado aceptable de comodidad y maniobrabilidad, pero comienzan a notar restricciones en su libertad de movimiento debido al aumento del volumen vehicular. Si bien la capacidad

de la vía no se encuentra en una condición crítica, es importante monitorear su evolución, ya que un incremento en la demanda o la presencia de factores externos podrían deteriorar su desempeño, acercándola a niveles de servicio menos eficientes.

CONCLUSIONES

- A lo largo de esta investigación, se llevó a cabo un estudio exhaustivo de la movilidad urbana, fundamentado en la revisión de fuentes bibliográficas y manuales técnicos especializados, lo que permitió una evaluación integral de la vía en estudio. Mediante el análisis de estos documentos, se establecieron los parámetros clave para diagnosticar el desempeño vial, identificando su Nivel de Servicio, las condiciones de flujo vehicular y los factores que influyen en su operación.

Los resultados obtenidos reflejan la importancia de aplicar metodologías estandarizadas para la evaluación de la infraestructura vial, ya que proporcionan datos objetivos para la toma de decisiones en planificación, optimización y mejora del sistema de transporte urbano. Este estudio no solo contribuye a la comprensión del comportamiento del tránsito en la vía analizada, sino que también sienta las bases para futuras intervenciones orientadas a mejorar la movilidad y la eficiencia del sistema vial.

- Los resultados de las encuestas reflejan que el 73,9% de los encuestados percibe la vía como congestionada, mientras que el 15,9% la califica como intermitente y el 10,1% como libre. En cuanto a propuestas de mejora, el 58% sugiere la implementación de un carril exclusivo para transporte público, el 17,4% aboga por restricciones a vehículos pesados, el 13% recomienda optimizar la señalización y el 11,6% propone la reducción de los tiempos de luz roja en los semáforos. Este estudio proporciona una base sólida para la implementación de medidas correctivas y proyectos de optimización, con el objetivo de mejorar la movilidad y la calidad del servicio vial, garantizando una infraestructura más eficiente y segura para todos los usuarios.

- A partir del análisis realizado mediante la metodología INVIAS (HCM), se determinó que la vía en estudio presenta un Nivel de Servicio C, lo que indica un flujo vehicular estable con interacciones moderadas entre los usuarios, con una velocidad media de 65 km/h. La aplicación de esta metodología permitió cuantificar de manera objetiva la capacidad de la vía, evaluando su desempeño en

función de factores como el volumen de tránsito, la composición vehicular y las condiciones geométricas. Si bien la vía ya tiene un estudio previo, este nuevo hallazgo demostró que, en el tramo de vía analizado, tiene de 58% de autos, un 16% de bus y un 26% de camiones.

RECOMENDACIONES

• Se recomienda un monitoreo continuo del desempeño vial aplicando otros métodos que evalúen no solo la capacidad o nivel de servicio, si no también sus propiedades geométricas puesto que la vía consta de un solo carril y es muy propensa a congestionarse, además es fundamental realizar un seguimiento periódico de los volúmenes de tráfico y la capacidad de la vía mediante estudios de aforo y análisis de demanda, con el fin de identificar tendencias de crecimiento y prever posibles deterioros en el Nivel de Servicio.

• De acuerdo con la encuesta realizada, los usuarios sugieren la priorización del transporte público y modos sostenibles considerando la sensibilidad del Nivel de Servicio C a incrementos en la demanda vehicular, se sugiere la implementación de medidas que fomenten el uso de transporte público, ciclovías o sistemas de movilidad compartida, con el fin de disminuir la carga vehicular y mejorar la eficiencia del corredor vial.

• Se recomienda evaluar la posibilidad de ampliaciones de carril, mejoramiento de bermas y adecuaciones geométricas, con base en los parámetros obtenidos de capacidad y flujo vehicular, para garantizar un desempeño óptimo a mediano y largo plazo.

58

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abata, K., Artega, F., & Delgado, ; Daniel. (2022). ANALYSIS OF VEHICLE CONGESTION AT DIFFERENT INTERSECTIONS IN THE CITY OF PORTOVIEJO, ECUADOR. RIEMAT. <https://doi.org/10.33936/riemat.v7i1.4836>



Tesis Felipe Vacacela fin.docx | Tesis Felipe Vacacela fin

El documento proviene de mi biblioteca de referencias

Afrin, T., & Yodo, N. (2020). A survey of road traffic congestion measures towards a sustainable and resilient transportation system. *Sustainability (Switzerland)*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/su12114660>

Ahmed, A., Sadullah, A. F. M., & Yahya, A. S. (2021). Analysis of the effect of directional traffic volume and mix on road traffic crashes at three-legged unsignalized intersections. *Transportation Engineering*, 3.

<https://doi.org/10.1016/j.treng.2021.100052>

Alvarenga-Rodríguez, J. M. (2020). Estudio comparativo entre la velocidad y la densidad en modelos macroscópicos del tráfico vehicular incorporando la variable espacial en la velocidad. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, 28(1), 125–142.

<https://doi.org/10.15517/rmta.v28i1.41890>

Anupriya, Bansal, P., & Graham, D. J. (2023). Congestion in cities: Can road capacity expansions provide a solution? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103726>

Baskan, O., Ceylan, H., & Ozan, C. (2019). A Simultaneous Solution for Reserve Capacity Maximization and Delay Minimization Problems in Signalized Road Networks. *Journal of Advanced Transportation*, 2019.

<https://doi.org/10.1155/2019/6203137>

Boon, M., Janssen, G., van Leeuwen, J., & Timmerman, R. (2023). Optimal capacity allocation for heavy-traffic fixed-cycle traffic-light queues and intersections.

Transportation Research Part B: Methodological, 167, 79–98.

<https://doi.org/10.1016/j.trb.2022.11.010>

Carpio, F., Avilés, J., & Morillo, D. (2018). Determinación de capacidad de carreteras en Cuenca (Ecuador) y comparación con el manual de capacidad HCM. *MASKANA*,

9(1), 115–124. <https://doi.org/10.18537/mkn.09.01.11>

Feng, X., Zhang, Y., Qian, S., & Sun, L. (2021). The traffic capacity variation of urban road network due to the policy of unblocking community. *Complexity*, 2021.

<https://doi.org/10.1155/2021/9292389>

Fiedler, D., Cap, M., & Certicky, M. (2017). Impact of mobility-on-demand on traffic congestion: Simulation-based study. 2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 1–6.

<https://doi.org/10.1109/ITSC.2017.8317830>

Gomes, A. D.

N., Araújo, E., Souza, O. M., & Garo Júnior, W. R. (2019). Urban mobility: service level and demand forecast study on a road in the city of São Paulo.

Independent Journal of Management & Production, 10(4), 1341.

<https://doi.org/10.14807/ijmp.v10i4.1000>

Grzebieta, R., Czapski, R., Burlacu, F. A., Sakashita, C., Soames Job, R. F., & Burlacu,

A. (2020). Adopting Recommendations of a Road Safety Management Capacity

Review: addressing a tragic decade of road safety in Romania. *Journal of Road*

Safety, 31. <https://doi.org/10.33492/JRS-D-20-00259>

Guntur S, Nor H, & Yayan A. (2021). Performance Analysis Of Roads Using The Indonesian Road Capacity Manual Method (MKJI) 1997 On The Jepara-Kudus Road Km 11 To Km 15. *Jurnal Civil Engineering Study*, 1(01), 19–25.

<https://doi.org/10.34001/CES.01012021.4>

INEC. (2010). INEC. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010/>.

Instituto Nacional de Vías. (2020).

281120_manual_capacidad_niveles_servicio_carreteras_dos_carriles.

47

doi.org | A Modified Network-Wide Road Capacity Reliability Analysis Model for Improving Transportation Sustainability
<https://doi.org/10.3390/a14010007>

Ji, K., & Ma, J. (2021). A modified network-wide road capacity reliability analysis model

for improving transportation sustainability. *Algorithms*, 14(1), 1–14.

<https://doi.org/10.3390/a14010007>

Medvediev, I., & Soroka, S. (2020). The road network traffic capacity taking into account public transport stops layout method. *Transport Technologies*, 2020(2), 13–22.

<https://doi.org/10.23939/tt2020.02.013>

National Research Council. (2000). Highway capacity manual. Transportation Research Board, National Research Council.

Ordóñez Criollo Kiara Lisseth, & Campuzano Vera Fresia Luisana. (2022). Metodología

48

repositorio.utmachala.edu.ec | Repositorio Digital de la UTMACH: Metodología para la evaluación de vías urbanas que garanticen la fluidez y seguridad de circulación ...
<https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/20663>

para la evaluación de vías urbanas que garanticen la fluidez y seguridad de

circulación en ciudades de hasta 300000 habitantes. [Tesis de Maestría,

Universidad Técnica de Machala].

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/20663>

Park, J. E., Byun, W., Kim, Y., Ahn, H., & Shin, D. K. (2021). The Impact of Automated

49

doi.org | The Impact of Automated Vehicles on Road and Intersection Capacity
<https://doi.org/10.3390/app13085073>

Vehicles on Traffic Flow and Road Capacity on Urban Road Networks. *Journal of*

Advanced Transportation, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8404951>

Pavón Peñafiel Miguel José, Sánchez Mendieta Carlos Eugenio, & Medina Sánchez Yudy Patricia.

50

Tesis Felipe Vacacela fin.docx | Tesis Felipe Vacacela fin
El documento proviene de mi biblioteca de referencias

(2023). Análisis De La Capacidad Vial Y Nivel De Servicio De Las Vías

De Ingreso De La Ciudad De Machala. *Revista Ciencia y Construcción*, 3(4).

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. (2022). PDOT.

Qian, X., Xue, J., & Ukkusuri, S. V. (2020). Demand-Adaptive Route Planning and Scheduling for Urban Hub-based High-Capacity Mobility-on-Demand Services.

ArXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2008.10855>



Shepelev, V., Aliukov, S., Nikolskaya, K., & Shabiev, S. (2020). The capacity of the road

network: Data collection and statistical analysis of traffic characteristics. *Energies*,

13(7). <https://doi.org/10.3390/en13071765>

60

Shepelev, V., Glushkov, A., Gritsenko, A., Nevolin, D., & Vorobyev, A. (2022).

Assessing the Traffic Capacity of Urban Road Intersections. *Frontiers in Built*

Environment, 8. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.968846>

Shirmohammadi, H., Mardani, E., Emdadian Ghane, M., & Hasheminezhad, A. (2018).

Simulating the Effects of Type and Spacing of Traffic Calming Measures on Urban

Road Capacity. *International Journal of Transportation Engineering*, 6(1).

<https://doi.org/10.22119/IJTE.2017.50736>

Srivastava, K., & Kumar, A. (2023). Critical Analysis of Road Side Friction on an Urban

Arterial Road. *Technology & Applied Science Research*, 13(2), 10261–10269.

<https://doi.org/10.48084/etasr.5603>



Stojković, M., & Vidas, M. (2022). Modern procedures for capacity and Level of Service

analysis of two-lane roads. *Journal of Road and Traffic Engineering*

, 68(1).

<https://doi.org/10.31075/pis.68.01.04>

Tătar, A. M. (2023).



Analysing the Capacity of the Urban Road Transport Network Using

a Dynamic Assignment Model in the Bistrița

- Târgu Mureș Geographical Axis.

Studia Universitatis Babeş-Bolyai Geographia, 68(2), 83–94.

<https://doi.org/10.24193/subbgeogr.2023.2.05>

Tennøy, A., & Hagen, O. H. (2021). Urban main road capacity reduction: Adaptations,

effects and consequences. *Transportation Research Part D: Transport and*

Environment, 96. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102848>



Vujadinović, R., Jovanović, J. Š., Plevnik, A., Mladenović, L., & Rye, T. (2021). Key

challenges in the status analysis for the sustainable urban mobility plan in podgorica,

montenegro. *Sustainability (Switzerland)*, 13(3), 1–28.

<https://doi.org/10.3390/su13031037>



Yu, Q., Wu, L., Zhang, H., Lei, L., & Wang, L. (2023). The Impact of Automated

Vehicles on Road and Intersection Capacity. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(8).



doi.org

<https://doi.org/10.30525/2661-5150/2021-2-5>

Zhezherun, D. (2021). TRAFFIC FORECASTING ON THE CITY ROAD NETWORK

TAKING INTO ACCOUNT THE CAPACITY LIMIT. Three Seas Economic

Journal, 2(2), 27–33. <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2021-2-5>

61

ANEXOS

Anexo 1: Datos de entrada para el cálculo en Excel

62

Anexo 2: Macro en Excel para el cálculo del nivel de servicio

63

Anexo 3: Realizando el conteo vehicular

Anexo 4: Señalando el carril de circulación

64

Anexo 5: Realizando la encuesta a los usuarios

Anexo 6: Zonas de ciclovía completamente ocupadas por motocicletas

65

Anexo 7: Automóviles que no respetan los semáforos

Anexo 8: Recopilando información de la vía

66

Anexo 9: Realizando las mediciones del carril

Anexo 10: Buses parando donde no hay señalética

Anexo 11: Aforo vehicular Dia 1

Tipo Descripcion 6:00 6:15 6:30 6:45 7:00 7:15 7:30 7:45 8:00 8:15 8:30 8:45 9:00 9:15 9:30 9:45 10:00 10:15 10:30 10:45 11:00 11:15 11:30 11:45 12:00 12:15 12:30 12:45 13:00 13:15 13:30 13:45 14:00 14:15 14:30 14:45 15:00 15:15 15:30 15:45 16:00 16:15 16:30 16:45 17:00 17:15 17:30 17:45 TOTAL

Autos 6 5 5 6 10 15 11 20 21 17 16 15 11 10 11 9 9 9 10 11 15 13 14 15 17 20 16 21 25 30 25 27 20 18 16 14 12 14 10 11 12 15 9 11 12 13 16 19 687

Camionetas 0 3 0 4 7 9 6 5 2 1 0 2 3 0 2 1 0 2 1 0 1 2 1 0 2 4 3 6 8 3 5 2 2 1 3 5 0 0 2 4 2 3 5 0 0 2 3 2 1 19

Taxis 0 1 1 2 1 3 2 2 1 1 0 3 1 0 0 2 1 4 2 2 1 1 2 4 5 6 5 7 5 3 2 1 1 0 1 3 5 0 1 1 2 0 0 1 3 4 2 1 96

Autobus 2 6 7 6 7 5 5 5 4 6 4 5 3 5 3 4 4 4 5 5 2 3 5 6 8 7 8 5 7 8 9 6 4 4 5 3 2 4 5 4 5 6 6 2 4 4 5 5 237

Busetas 1 2 5 4 3 5 8 9 11 8 6 5 5 4 2 2 1 1 0 0 0 1 0 2 4 5 5 6 8 10 11 12 6 4 5 3 2 0 1 1 3 0 0 4 5 3 5 3 191

C-2p (Camiones

pequeños de dos

ejes

0 0 2 2 1 1 2 3 2 2 1 2 0 0 1 1 0 2 2 1 1 1 1 2 2 3 4 5 2 2 3 0 0 0 1 1 2 2 1 1 0 0 0 1 2 2 0 1 65

C-2G (Camiones

grandes de dos

ejes)

0 0 1 1 0 1 0 0 1 2 2 4 2 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1 2 0 3 2 2 2 1 0 0 3 2 1 1 1 0 0 2 3 2 1 1 2 50

C-3-4 (Camiones

de 3 ejes)

2 0 1 0 2 0 3 2 1 0 1 0 0 2 0 3 2 0 0 0 1 1 0 0 0 2 2 4 1 1 2 1 0 0 0 0 1 2 0 0 0 1 0 1 0 0 1 2 42

C5 (Camiones de

5 ejes)

0 0 0 1 0 0 0 2 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 3 1 0 0 1 0 1 0 0 1 0 2 3 2 1 0 2 0 3 1 0 0 0 1 27

C6 (Camiones de

mas de 5 ejes)

0 3

Motocicletas 2 3 1 0 2 4 0 5 3 4 4 4 0 1 8 1 5 2 1 0 1 2 0 3 0 1 1 5 3 4 3 7 9 9 8 7 5 2 2 1 1 2 5 1 1 2 4 5 144

Otros

Motos electricas y

tricimoto

0 1 1 0 4 0 2 0 5 0 1 0 0 0 4 0 1 2 1 0 4 0 1 6 9 1 1 8 7 4 0 1 0 0 3 1 1 0 4 1 0 4 0 1 4 5 4 1 0 102

13 21 24 26 37 43 39 53 51 41 35 40 26 24 31 23 25 26 22 20 26 24 25 38 50 61 54 66 68 63 64 58 43 40 40 42 34 31 25 24 31 27 31 29 35 35 38 41 1763

1763114 118 14984 172 167 104 93 113 231 253 165

13:00 a 14:00 14:00 a 15:00 15:00 a 16:00 16:00 a 17:00 17:00 a 18:00 18:00 a 9:00 9:00 a 10:00 10:00 a 11:00 11:00 a 12:00 12:00 a 13:00

LUNES 13 de Enero de 2025

Hora de aforo

Total por segmentos de 15 min

Total por hora

Motos electricas y

tricimoto

0 1 1 4 1 3 7 5 6 7 3 2 2 1 0 0 1 1 2 3 0 0 2 4 9 8 7 8 4 4 2 2 1 2 2 1 1 0 0 3 4 4 0 0 1 1 0 0 1 2 0

10 23 22 27 26 41 40 44 41 46 40 50 42 40 30 27 27 34 30 26 30 40 39 37 43 47 52 60 64 73 56 59 47 43 38 40 31 31 26 25 25 36 30 26 22 25 23 26 1760

1760

MIERCOLES 15 de Enero de 2025

96146 202 252 168 113 117 Total por hora 82 151 177 139 117

13:00 a 14:00 14:00 a 15:00 15:00 a 16:00 16:00 a 17:00 17:00 a 18:00

Total por segmentos de 15 min

Hora de aforo 6:00 a 7:00 7:00 a 8:00 8:00 a 9:00 9:00 a 10:00 10:00 a 11:00 11:00 a 12:00 12:00 a 13:00

4

Anexo 14: Aforo vehicular Dia 4

Tipo Descripcion 6:00 6:15 6:30 6:45 7:00 7:15 7:30 7:45 8:00 8:15 8:30 8:45 9:00 9:15 9:30 9:45 10:00 10:15 10:30 10:45 11:00 11:15 11:30 11:45 12:00 12:15 12:30 12:45 13:00 13:15 13:30 13:45 14:00 14:15 14:30 14:45 15:00 15:15 15:30 15:45 16:00 16:15 16:30 16:45 17:00 17:15 17:30 17:45 TOTAL

Autos 5 4 3 3 7 9 13 15 16 17 12 15 8 7 10 8 11 7 6 9 8 10 12 14 10 15 15 16 22 26 23 25 25 24 20 19 16 15 12 13 14 11 10 8 7 5 5 12 597

Camionetas 0 1 2 2 1 5 7 8 9 2 2 1 0 2 3 2 0 1 0 0 2 3 0 0 3 9 5 8 7 8 6 7 5 7 2 3 1 0 2 0 0 0 1 0 1 3 1 1 133

Taxis 0 1 1 0 3 0 1 3 4 2 4 3 4 0 1 0 0 0 1 1 2 3 0 1 0 0 3 5 4 6 3 4 3 2 0 0 1 4 1 0 0 2 3 0 0 2 1 2 81

Autobus 2 5 6 5 7 8 7 6 5 4 5 7 6 5 4 3 2 3 4 7 4 5 3 3 4 6 7 9 7 7 8 5 5 4 2 4 5 4 6 6 4 4 5 3 2 2 4 234

Busetas 0 2 5 3 2 4 4 6 10 11 4 5 6 2 1 1 0 0 1 1 2 0 1 0 3 6 6 7 10 15 17 15 11 6 4 5 1 1 2 0 0 1 0 0 0 2 1 1 185

C-2p (Camiones

pequeños de dos

ejes

1 1 0 0 0 3 3 5 4 1 2 0 1 1 2 2 1 0 0 6 2 5 2 1 0 1 5 1 3 0 1 4 1 2 0 7 3 4 0 3 1 1 2 3 0 3 5 2 95

C-2G (Camiones

grandes de dos

ejes)

1 2 0 1 0 0 1 1 0 1 1 6 5 0 2 1 0 3 4 2 2 4 2 1 1 0 1 6 5 0 5 0 0 1 1 2 0 6 2 5 3 0 1 0 0 2 5 3 89

C-3-4 (Camiones

de 3 ejes)

0 2 0 1 1 2 2 1 0 0 2 1 2 3 1 2 1 3 3 0 0 0 1 3 3 1 3 3 3 3 1 2 2 2 1 0 3 0 3 1 0 3 0 2 2 1 1 0 71

C5 (Camiones de

5 ejes)

1 1 0 3 0 2 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 2 2 0 1 0 3 3 2 2 0 1 1 1 2 2 1 1 0 0 1 3 3 1 0 1 1 2 0 49

C6 (Camiones de

mas de 5 ejes)

0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 9

Motocicletas 0 0 3 2 0 0 0 4 4 3 2 1 2 2 3 1 4 3 0 0 2 2 0 3 0 1 0 3 5 4 6 2 7 3 0 5 4 3 2 0 1 2 4 1 0 1 2 2 99

Otros

Motos electricas y

tricimoto

0 2 0 1 2 1 0 0 1 1 2 1 0 0 2 0 1 0 1 5 0 0 1 0 5 5 5 0 5 3 0 0 0 0 4 4 7 0 2 0 0 2 1 1 0 1 0 0 6 6

10 21 21 22 23 34 39 50 54 44 37 40 34 23 31 21 21 20 20 32 27 34 22 27 29 48 53 60 74 72 71 66 61 54 38 48 41 39 31 30 28 29 27 21 15 23 26 27 1718

1718

JUEVES 16 de Enero de 2025

105 9193 110 190 283 201 141

16:00 a 17:00 17:00 a 18:00

Total por segmentos de 15 min

Total por hora 74 146 175 109

Hora de aforo 6:00 a 7:00 7:00 a 8:00 8:00 a 9:00 9:00 a 10:00 10:00 a 11:00 11:00 a 12:00 12:00 a 13:00 13:00 a 14:00 14:00 a 15:00 15:00 a 16:00

5

Anexo 15: Aforo vehicular Dia 5

Tipo Descripcion 6:00 6:15 6:30 6:45 7:00 7:15 7:30 7:45 8:00 8:15 8:30 8:45 9:00 9:15 9:30 9:45 10:00 10:15 10:30 10:45 11:00 11:15 11:30 11:45 12:00 12:15 12:30 12:45 13:00 13:15 13:30 13:45 14:00 14:15 14:30 14:45 15:00 15:15 15:30 15:45 16:00 16:15 16:30 16:45 17:00 17:15 17:30 17:45 TOTAL

Autos 5 6 4 5 9 13 12 17 13 14 13 15 10 9 8 6 5 6 8 7 14 13 15 15 16 15 14 19 24 25 26 24 20 19 16 13 14 13 12 11 10 10 8 7 10 12 15 12 607

Camionetas 1 2 1 0 5 3 3 2 0 4 4 3 1 1 3 2 1 0 1 1 0 0 0 1 0 0 4 3 3 5 1 1 1 4 2 2 1 0 0 0 0 1 1 0 3 2 1 2 76

Taxis 0 0 0 1 0 3 1 1 2 0 0 0 0 1 1 1 3 1 1 3 1 3 2 0 2 4 2 7 3 3 1 1 1 0 0 3 1 1 1 2 2 1 0 0 0 0 1 0 61

Autobus 4 6 6 5 7 6 5 6 7 6 6 5 8 7 6 7 4 6 7 5 6 8 7 5 6 8 10 8 9 10 8 9 9 7 5 6 6 3 3 3 4 5 8 7 6 6 5 6 302

Busetas 2 3 4 6 7 4 5 10 6 5 3 2 1 0 0 0 2 0 1 1 0 0 2 5 6 7 9 10 11 9 14 10 5 9 6 4 1 0 0 2 0 1 1 1 2 0 0 2 179

C-2p (Camiones

pequeños de dos

ejes

1 1 3 1 0 0 2 5 6 4 2 3 1 1 0 0 0 0 0 2 6 5 4 3 1 5 6 7 5 1 0 1 2 2 0 0 3 1 0 0 1 1 0 0 0 5 2 4 97

C-2G (Camiones

grandes de dos

ejes)

1 2 2 0 1 0 1 1 2 5 6 3 3 2 1 1 0 1 1 0 2 0 0 2 0 0 2 3 3 4 4 5 6 2 1 5 3 0 4 1 1 0 0 1 1 0 0 1 84

C-3-4 (Camiones

de 3 ejes)
11000013224100012110120100000210011201223310221048

C5 (Camiones de

5 ejes)
02000111101010002210010220100101202201020111101136

C6 (Camiones de

mas de 5 ejes)
10021001110110011001100111000010001101002000010023

Motocicletas 01003203233441142200102003401001321000402110010264

Otros
Motos electricas y

tricimoto
00123011221001312141211272333202020131211001010168

16 24 21 22 36 32 32 51 44 46 43 37 30 23 23 24 24 20 25 21 34 33 33 37 41 45 55 60 62 62 56 55 49 48 35 39 32 22 28 24 26 24 21 18 25 30 26 31 1645

1645

VIERNES 17 de Enero de 2025

112137 201 235 171 106 89 Total por hora 83 151 170 100 90

Total por segmentos de 15 min

Hora de aforo 6:00 a 7:00 7:00 a 8:00 8:00 a 9:00 9:00 a 10:00 10:00 a 11:00 11:00 a 12:00 12:00 a 13:00 13:00 a 14:00 14:00 a 15:00 15:00 a 16:00 16:00 a 17:00 17:00 a 18:00

6

Anexo 16: Aforo vehicular Dia 6

Tipo Descripcion 6:00 6:15 6:30 6:45 7:00 7:15 7:30 7:45 8:00 8:15 8:30 8:45 9:00 9:15 9:30 9:45 10:00 10:15 10:30 10:45 11:00 11:15 11:30 11:45 12:00 12:15 12:30 12:45 13:00 13:15 13:30 13:45 14:00 14:15 14:30 14:45 15:00 15:15 15:30 15:45 16:00 16:15 16:30 16:45 17:00 17:15 17:30 17:45 TOTAL

Autos 2 3 2 4 6 7 6 12 10 11 10 9 11 10 7 9 5 8 8 7 14 12 11 10 10 10 12 13 13 16 18 20 15 12 11 8 9 7 5 6 5 6 8 5 6 7 8 9 433

Camionetas 0 1 3 1 3 3 4 3 3 3 0 1 1 0 0 1 0 1 2 3 0 1 1 1 2 5 1 5 4 5 2 1 0 0 2 0 2 2 0 1 1 0 0 1 1 3 1 0 75

Taxis 0 0 1 0 0 2 1 0 1 0 0 0 0 1 5 3 0 1 0 1 0 2 1 0 0 1 3 2 7 2 1 1 3 4 0 2 1 0 0 1 3 1 0 0 1 0 1 1 54

Autobus 1 5 6 5 6 4 4 3 2 5 3 4 2 4 2 3 2 2 2 4 3 4 2 7 9 8 9 9 8 7 8 9 6 6 5 5 4 4 2 3 3 2 3 5 5 2 2 4 2 13

Busetas 0 0 1 2 1 2 2 1 2 0 0 1 0 1 2 0 0 2 1 1 0 0 0 2 1 0 0 0 1 2 3 0 0 0 2 2 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1 36

C-2p (Camiones

pequeños de dos

ejes

11000110010011001001200101020153310233001112001042

C-2G (Camiones

grandes de dos

ejes)

02003110102100300110012110302021031010301210303148

C-3-4 (Camiones

de 3 ejes)

0120112101200012110120111100001111110012210112040

C5 (Camiones de

5 ejes)

02100112200111220011220110120200022012200111010244

C6 (Camiones de

mas de 5 ejes)

10201200200201010100112002202200101022011002202241

Motocicletas 01001321244320100133002022023122313451142211230181

Otros

Motos electricas y

tricimoto

00010220332030200140120332233215010322310211403174

5 16 18 13 22 29 26 23 28 28 23 22 21 19 25 21 9 19 22 22 25 25 22 25 31 33 33 38 42 39 42 46 32 31 26 27 33 23 16 18 20 19 18 19 25 17 23 22 1181

118190

SABADO 18 de Enero de 2025

16:00 a 17:00 17:00 a 18:00

Total por segmentos de 15 min

Total por hora 52 100 101 86 76 8772 97 135 169 116

Hora de aforo 6:00 a 7:00 7:00 a 8:00 8:00 a 9:00 9:00 a 10:00 10:00 a 11:00 11:00 a 12:00 12:00 a 13:00 13:00 a 14:00 14:00 a 15:00 15:00 a 16:00

7

Anexo 1: Aforo vehicular Dia 7

Tipo Descripcion 6:00 6:15 6:30 6:45 7:00 7:15 7:30 7:45 8:00 8:15 8:30 8:45 9:00 9:15 9:30 9:45 10:00 10:15 10:30 10:45 11:00 11:15 11:30 11:45 12:00 12:15 12:30 12:45 13:00 13:15 13:30 13:45 14:00 14:15 14:30 14:45 15:00 15:15 15:30 15:45 16:00 16:15 16:30 16:45 17:00 17:15 17:30 17:45 TOTAL

Autos 1 1 2 2 1 4 5 8 9 6 6 5 5 6 5 6 8 3 3 3 4 5 4 5 4 3 5 8 7 6 10 9 9 7 6 3 8 6 5 5 6 8 7 5 6 5 6 7 2 5 8

Camionetas 0 2 0 4 6 7 6 5 4 2 0 0 0 2 1 0 3 0 2 0 0 1 1 0 2 2 1 2 1 3 4 3 5 2 2 1 0 1 0 0 1 2 2 2 0 0 2 0 8 4

Taxis 0 0 0 1 0 3 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 4 0 1 3 3 4 5 4 4 0 1 0 2 2 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 4 7

Autobus 2 3 4 5 5 4 3 3 2 4 3 3 2 4 3 3 2 4 3 2 4 3 3 2 3 4 2 3 4 2 4 3 3 3 2 4 3 2 4 3 3 2 4 1 5 0

Busetas 0 0 1 0 1 2 3 0 0 1 2 2 3 3 4 4 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 2 2 3 5 5 4 0 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 5 5

C-2p (Camiones

pequeños de dos

ejes

1 3 0 2 3 0 0 2 1 2 3 0 1 0 0 2 2 0 0 3 0 2 0 1 2 2 3 2 0 0 0 3 3 0 0 2 3 0 1 1 1 1 2 1 3 3 0 1 6 2

C-2G (Camiones

grandes de dos

ejes)

0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 1 2 1 1 0 0 2 2 0 0 1 1 1 0 0 1 0 2 2 0 0 1 1 0 2 2 0 2 2 1 0 0 2 2 0 2 4 3

C-3-4 (Camiones

de 3 ejes)

0 1 2 1 2 1 2 0 2 0 2 0 2 1 1 0 0 2 2 0 1 1 1 2 1 0 2 1 0 1 0 0 2 0 2 1 1 1 2 2 0 1 1 0 0 1 1 2 4 8

C5 (Camiones de

5 ejes)

1 2 1 2 0 0 1 0 0 0 1 0 2 0 0 2 0 0 0 2 1 0 0 2 0 2 2 2 0 1 1 1 0 0 0 2 0 2 0 1 1 1 2 2 0 1 1 0 3 9

C6 (Camiones de

mas de 5 ejes)

0 1 0 2 1 1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 2 7

Motocicletas 0 1 0 1 0 1 2 1 2 3 2 3 1 1 2 1 2 0 2 0 0 2 1 0 1 0 0 1 0 2 1 1 2 1 1 4 0 5 2 1 2 0 3 1 1 1 0 0 5 8

Otros

Motos electricas y

tricimoto

0 1 2 0 1 2 2 0 0 0 0 1 2 3 2 1 0 2 0 0 1 1 0 1 3 2 2 2 0 0 0 1 2 0 0 0 2 6 0 1 0 2 0 0 1 0 1 1 4 8

5 16 13 20 21 25 27 20 20 20 20 16 21 22 20 21 17 13 15 15 13 16 12 15 22 16 19 26 16 23 29 29 35 19 19 18 23 29 15 16 17 22 20 16 16 17 14 20 9 19

919

17:00 a 18:00

67

DOMINGO 19 de Enero de 2025

56 83 97 91 83 75 Total por hora 54 93 76 84 60

13:00 a 14:00 14:00 a 15:00 15:00 a 16:00 16:00 a 17:00

Total por segmentos de 15 min

Hora de aforo 6:00 a 7:00 7:00 a 8:00 8:00 a 9:00 9:00 a 10:00 10:00 a 11:00 11:00 a 12:00 12:00 a 13:00

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

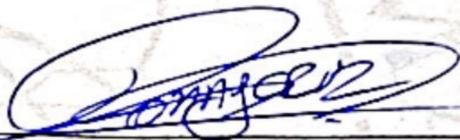
El que suscribe, CRUZ GUAYCHA RONNY WAGNER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL EN VÍAS URBANAS, AV. BOLÍVAR MADERO VARGAS ENTRE GRAL. PAEZ Y 3RA NORTE DE LA CIUDAD DE MACHALA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



CRUZ GUAYCHA RONNY WAGNER

0706504750

DEDICATORIA

A mi madre, Verónica Guaycha, por su amor incondicional, su apoyo incansable y su ejemplo de esfuerzo y dedicación. Por ser mi inspiración y mi fortaleza en cada paso de este camino.

A mis abuelos, cuyos valores, enseñanzas y cariño han dejado una huella imborrable en mi vida. Su sabiduría y sacrificio me han guiado hasta este logro, y esta meta alcanzada es también un homenaje a ustedes.

Con gratitud y amor, dedico este trabajo de titulación a quienes han sido el pilar de mi crecimiento y formación.

AGRADECIMIENTO

Al culminar este trabajo de tesis, quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que, de diversas formas, hicieron posible este logro.

A mi madre, Verónica Guaycha, por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y por ser mi mayor inspiración. Gracias por cada sacrificio, cada palabra de aliento y cada gesto de cariño que me han impulsado a seguir adelante.

A mis abuelos, por ser fuente de sabiduría, amor y valores que han guiado mi vida. Su esfuerzo y dedicación han sido un ejemplo constante de perseverancia, y este logro también les pertenece.

A mis profesores y tutores, quienes con su paciencia, conocimientos y guía han sido esenciales en mi desarrollo académico. Gracias por su guía y por motivarme a dar siempre lo mejor de mí.

A mis amigos y compañeros, por su apoyo, su compañía y por hacer de este camino una experiencia más enriquecedora y llevadera.

Finalmente, a todas las personas que, de alguna manera, han contribuido a este proceso, brindándome su ayuda, palabras de ánimo y confianza en mis capacidades.

Este trabajo es el reflejo del esfuerzo conjunto y del amor con el que me han acompañado en este viaje.

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo analizar la capacidad vial de la Av. Bolívar Madero Vargas, en el tramo comprendido entre la calle Gral. Páez y 3ra Norte, en la ciudad de Machala. Para ello, se empleó una metodología basada en el Manual de Invías, sustentado en el Highway Capacity Manual 2000 (HCM2000), diferenciándose de enfoques previamente utilizados en estudios similares.

La investigación se desarrolló en tres fases: inicialmente, se realizó una revisión bibliográfica para contextualizar la problemática del tráfico en la zona de estudio. Posteriormente, se aplicaron encuestas a los usuarios de la vía con el fin de evaluar su percepción respecto a las condiciones de circulación y posibles mejoras. Finalmente, se efectuaron aforos vehiculares durante una semana completa para obtener datos de campo que posibilitaran la estimación de la capacidad y la evaluación del nivel de servicio de la vía.

Los resultados de las encuestas reflejan que el 73,9% de los encuestados percibe la vía como congestionada, mientras que el 15,9% la califica como intermitente y el 10,1% como libre. En cuanto a propuestas de mejora, el 58% sugiere la implementación de un carril exclusivo para transporte público, el 17,4% aboga por restricciones a vehículos pesados, el 13% recomienda optimizar la señalización y el 11,6% propone la reducción de los tiempos de luz roja en los semáforos.

A partir del análisis de capacidad, se obtuvo un flujo C_{60} de 1642 (veh/h) y un C_{15} de 1485 (veh/h). El nivel de servicio determinado fue C, con una velocidad media de 65,304 (km/h), teniendo en cuenta que el mayor porcentaje de vehículos corresponden a los autos, indicando así, una condición de flujo con restricciones moderadas.

Los hallazgos del estudio permiten caracterizar el desempeño de la vía y sugieren la necesidad de estrategias de gestión del tránsito que mejoren la movilidad urbana en la zona analizada.

Palabras clave: Capacidad vial, nivel de servicio, Invías, HCM 2000, aforo vehicular.

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the road capacity of Av. Bolívar Madero Vargas, in the section between Gral. Páez Street and 5ta Norte, in the city of Machala. To do so, a methodology based on the Invías Manual was used, supported by the Highway Capacity Manual 2000 (HCM2000), differentiating itself from approaches previously used in similar studies.

The research was developed in three phases: initially, a bibliographic review was carried out to contextualize the traffic problems in the study area. Subsequently, surveys were applied to road users in order to evaluate their perception regarding traffic conditions and possible improvements. Finally, vehicle counts were carried out for a full week to obtain field data that would allow calculating the capacity and service level of the road.

The survey results show that 73.9% of respondents perceive the road as congested, while 15.9% describe it as intermittent and 10.1% as free. As for improvement proposals, 58% suggest the implementation of an exclusive lane for public transport, 17.4% advocate restrictions on heavy vehicles, 13% recommend optimizing signage and 11.6% propose reducing red light times at traffic lights.

Based on the capacity analysis, a C_{60} flow of 1,642 (veh/h) and a C_{15} of 1,485 (veh/h) were obtained. The service level determined was C, with an average speed of 65.304 (km/h), taking into account that the highest percentage of vehicles correspond to cars, thus indicating a flow condition with moderate restrictions.

The findings of the study allow us to characterize the performance of the road and suggest the need for traffic management strategies that improve urban mobility in the analyzed area.

Keywords: Road capacity, level of service, Invías, HCM 2000, vehicle capacity.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1 Línea base del proyecto	12
1.1.1 Caracterización territorial de Machala	12
1.1.2 Ubicación.....	12
1.1.3 Datos de población	13
1.1.4 Educación y Salud	13
1.1.4.1 Educación.....	13
1.1.4.2 Salud	14
1.1.5 Productividad.....	14
1.1.5.1 Sector servicios	14
1.1.5.2 Turismo.....	15
1.1.5.3 Actividades de transporte.....	15
1.1.6 Geomorfología y relieve.....	16
1.1.6.1 Caracterización de la estructura del suelo y subsuelo.....	16
1.1.6.2 Caracterización general del relieve.....	17
1.1.7 Componente de asentamientos humanos.....	18
1.1.7.1 Situación vial	18
1.1.7.2 Impactos.....	21
1.2 Descripción de la situación de la problemática (causas y efectos)	22
1.3 Formulación del problema: preguntas científicas	24
1.4 Delimitación del objeto de estudio	24
1.5 Justificación	25
1.6 Objetivos.....	26
1.6.1 Objetivo General	26

1.6.2	Objetivos específicos	26
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO		27
2.1	Antecedentes Contextuales	27
2.1.1	Macro.....	27
2.1.2	Meso	27
2.1.3	Micro	28
2.2	Antecedentes conceptuales	29
2.2.1	Volumen de tráfico	29
2.2.2	Nivel de servicio.....	30
2.2.3	Densidad vehicular	30
2.2.4	Flujo vehicular.....	31
2.2.5	Movilidad Urbana.....	31
2.2.6	Capacidad Vial	32
2.2.7	Seguridad Vial.....	32
2.2.8	Semaforización	33
2.2.9	Señalización.....	33
2.3	Antecedentes Referenciales	33
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		35
3.1	Modalidad básica de la investigación	35
3.2	Descripción de la Población y Muestra	35
3.2.1	Población Referencial.....	35
3.2.2	Tamaño de muestra.....	36
3.3	Métodos con los Materiales Utilizados.....	36
3.3.1	Método teórico.....	36
3.3.1.1	Factores para Determinar la Capacidad	37
3.3.1.2	Factores para Determinar el Nivel de Servicio	38

3.3.2	Materiales e Instrumentos.....	40
3.4	Técnicas para el Procedimiento de los Datos Obtenidos.....	41
3.4.1	Inspección Visual	41
3.4.2	Procedimiento para el Cálculo de la Capacidad.....	42
3.4.3	Procedimiento para el Cálculo del Nivel de Servicio.....	46
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		50
4.1	Encuestas	50
4.2	Aforos Vehiculares	54
4.2.1	Volumen diario.....	55
4.2.2	Volumen máximo en hora pico	56
4.3	Análisis de Resultados	57
4.3.1	Descripción y argumentación teórica de resultados	57
CONCLUSIONES		59
RECOMENDACIONES.....		60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		61

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N°1	Mapa vía satélite de la ciudad de Machala.....	12
Imagen N°2	Relieve del Cantón Machala.....	17
Imagen N°3	Mapa de Límites de Vialidad del Cantón Machala	19
Imagen N°4	Árbol de problemas	23
Imagen N°5	Tramo de la Av. Bolívar Madero Vargas	23
Imagen N°6	Zona de estudio	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Total de población a 2020	13
Tabla N°2 Tasa de asistencia	13
Tabla N°3 Economía.....	15
Tabla N°4 Establecimiento por servicio de transporte	15
Tabla N°5 Geomorfología del cantón Machala	16
Tabla N°6 Movimientos en masa-susceptibilidad cantón Machala.....	17
Tabla N°7 Distancia entre Machala con los cantones limitantes.....	18
Tabla N°8 Tipos de Vías Externas.....	19
Tabla N°9 Ejes viales estratégicos.....	20
Tabla N°10 Problemas y potencialidades	21
Tabla N°11 Métodos	36
Tabla N°12 Factores de ajuste a la capacidad.....	37
Tabla N°13 Factores de ajuste el nivel de servicio	39
Tabla N°14 Niveles de servicio	40
Tabla N°15 Modelo para realizar el conteo vehicular	42
Tabla N°16 Factores de corrección a la capacidad por pendiente (F_{pe}).....	43
Tabla N°17 Factores de corrección a la capacidad por pendiente (F_d).....	43
Tabla N°18 Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (F_{cb}).....	43
Tabla N°19 Factores de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (E_c)	44
Tabla N°20 Factores de hora pico suponiendo llegadas de vehículos aleatorias (F_{PH})	45
Tabla N°21 Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (V_1).....	46

Tabla N°22 Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la utilización de la capacidad (<i>Fu</i>).....	47
Tabla N°23 Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto combinado del ancho de carril y berma (<i>Fcb</i>).....	47
Tabla N°24 Equivalentes camión para corrección al Nivel de Servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (<i>Fp</i>).....	48
Tabla N°25 Factor de corrección al Nivel de Servicio por efecto de la tortuosidad (<i>ft</i>)	49
Tabla N°26 Nivel de Servicio con relación entre $V_m/V_i * 100$	49
Tabla N°27 Tipos de vehículos.....	55
Tabla N°28 Tráfico diario.....	55
Tabla N°29 Volumen máximo horario	56
Tabla N°30 Valores de capacidad.....	57
Tabla N°31 Valores de Nivel de servicio	58

INTRODUCCIÓN

Importancia del Tema

El análisis de la movilidad urbana y la capacidad vial es un tema clave para entender el funcionamiento de las ciudades modernas. Con el crecimiento de las urbes y el aumento del parque automotor, la gestión del tráfico se ha vuelto uno de los grandes desafíos para las autoridades.

En esta tesis es importante estudiar en profundidad estos aspectos. Un buen diagnóstico de la situación actual de la movilidad permitirá identificar problemas como congestión vehicular, volumen del tráfico, altos niveles de contaminación, entre otros.(Park et al., 2021)

Así mismo, el análisis de capacidad vial en este caso en la Av. Bolívar Madero Vargas entre Gral. Paez y 3ra norte posibilitará proyectar escenarios futuros y simular el impacto de posibles intervenciones. Por ejemplo, permite predecir cómo influiría la construcción de nuevas vías o carriles exclusivos de transporte público. De esta forma, las autoridades pueden tomar mejores decisiones informadas en beneficio de la movilidad urbana.

Además, hay que tener en cuenta la calidad de vida ciudadana y el desarrollo económico local, ya que el estudio de la movilidad y capacidad vial constituye un aspecto ineludible para una adecuada planificación y gestión de las ciudades contemporáneas. Los aportes de una tesis en esta materia pueden ser muy valiosos para las políticas públicas del área.(Shepelev et al., 2020)

Actualidad de la Problemática

En la actualidad, Machala se posiciona como la cuarta ciudad más destacada de Ecuador. Según los datos del censo de 2010 del INEC, alberga aproximadamente el 1,72% de la población del país, lo que equivale a unas 245.972 personas. Reconocida además como un importante centro de producción y exportación de banano, la ciudad experimenta un continuo crecimiento económico, productivo y social. Por consiguiente, no es sorprendente que se enfrente a problemas de congestión vehicular, evidenciados diariamente por la gran cantidad de automóviles que circulan con fines laborales, de producción, educativos u otros. Esta densidad de tráfico ocasiona incomodidades para los

conductores, tales como ruido, contaminación, retrasos, alto consumo de combustible y otros efectos adversos que afectan su calidad de vida, salud y bienestar.(Ji & Ma, 2021)

Estructura del trabajo

En el primer capítulo se muestran detalles importantes acerca de la ciudad de Machala y de la zona de estudio en cuestión Av. Bolívar Madero Vargas entre Gral. Paez y 3ra Norte y se ofrece una explicación detallada de la situación actual que está provocando malestar entre los usuarios que transitan día a día por ese sector, la cual es producida por la congestión vehicular, destacando tanto sus causas como sus efectos. Este análisis hace énfasis en la situación vial que viven a diario los usuarios.

En el capítulo II se muestra un exhaustivo análisis investigativo acerca de los antecedentes históricos de la ciudad de Machala con la finalidad de tener una idea del tema que se está planteando. Estos datos ayudan a entender el antes y el después de la ciudad dando origen al presente trabajo. Además, para complementar el análisis se ha recolectado información acerca de antecedentes conceptuales y referenciales que dan el enfoque a la situación actual de vialidad. Dentro de estos antecedentes se presentan algunos conceptos claves para contextualizar el tema de estudio a nivel macro, meso y micro.

El capítulo III presenta de manera detallada la metodología empleada en la investigación, incluyendo el enfoque y la modalidad utilizada. Asimismo, se describe la población y la muestra seleccionada, junto con los materiales y métodos aplicados en el estudio. Además, se especifican las técnicas utilizadas para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos, garantizando la rigurosidad del estudio.

El capítulo 4 expone el análisis e interpretación de los resultados obtenidos a lo largo del estudio, con base en la información recopilada mediante encuestas, aforos vehiculares y la aplicación de fórmulas del manual de INVÍAS, fundamentado en los lineamientos del Highway Capacity Manual (HCM). A través de este proceso, se evalúan los datos con un enfoque metodológico riguroso, permitiendo identificar patrones, tendencias y variables clave que influyen en el objeto de estudio. Finalmente, este análisis sirve de base para la formulación de conclusiones y recomendaciones, con el propósito de aportar soluciones y mejoras fundamentadas en la evidencia recopilada.

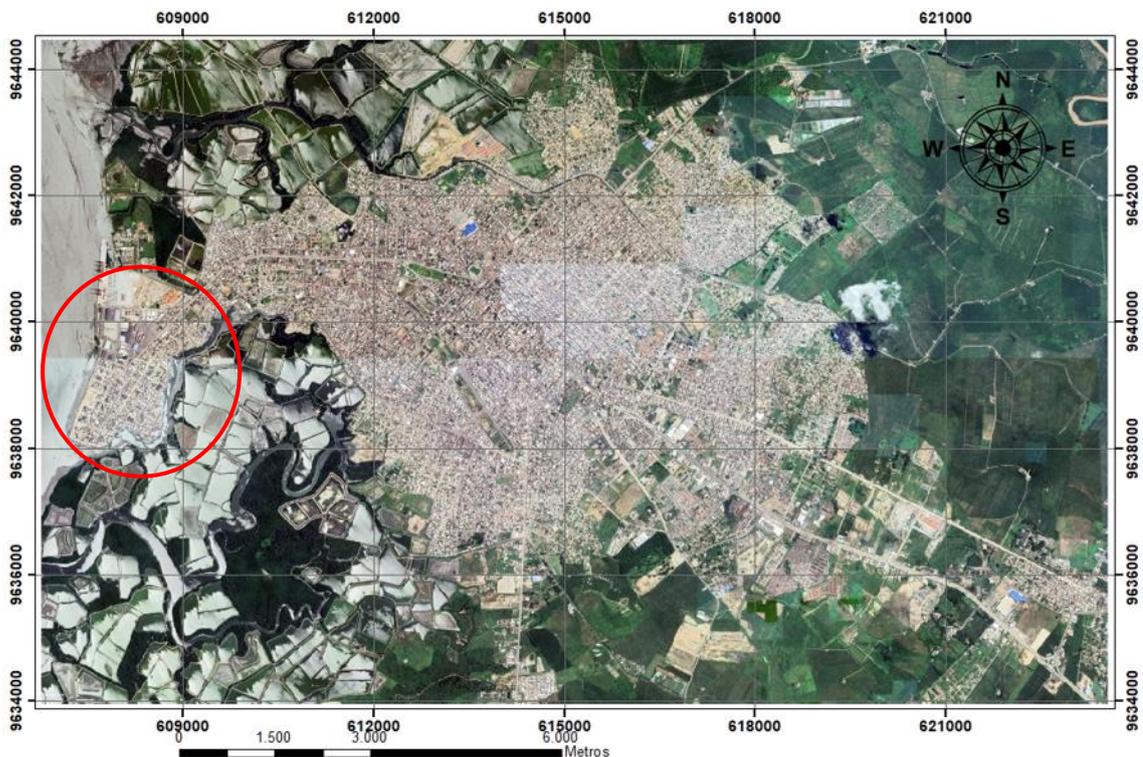
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Línea base del proyecto

1.1.1 Caracterización territorial de Machala

Machala es una ciudad del Ecuador que se encuentra en una etapa integral de desarrollo, considerada la cuarta ciudad más importante del país y también conocida como la capital bananera del mundo. Fue fundada el 25 de junio de 1824 y es la capital de la provincia de El Oro. Se encuentra en una zona baja cerca del golfo de Guayaquil, tal como se ve en la siguiente imagen.

Imagen N°1 Mapa vía satélite de la ciudad de Machala



Fuente: Creación propia

1.1.2 Ubicación

Está ubicada en el suroeste del país, en la costa ecuatoriana y es la capital del estado de El Oro, siendo así la ciudad más poblada del país y llegando a ser el núcleo administrativo, económico, financiero y comercial. Su extensión es de aproximadamente 37.292,38 hectáreas y está dividida en siete parroquias urbanas: Puerto Bolívar, Jambelí, Machala, Jubones, La Providencia, El Cambio y 9 de mayo, además de la parroquia rural El Retiro. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

1.1.3 Datos de población

Según el Censo de Población y Vivienda de 2010, el Cantón Machala tenía 256.022 habitantes. No obstante, una proyección realizada por el INEC estima que, en la actualidad, la población de la ciudad alcanza aproximadamente los 289.141 habitantes. De este total, el 49,08 % corresponde a hombres y el 50,92 % a mujeres, reflejando una leve superioridad numérica de mujeres sobre hombres, como se observa en la Tabla N°1.

En cuanto a la distribución, el área urbana de Machala alberga alrededor de 277.575 personas, lo que equivale al 96 % de la población del cantón. Mientras tanto, el área rural, conformada por la parroquia Machala y la parroquia El Retiro, representa el 4 % restante.(INEC, 2010)

Tabla N°1 Total de población a 2020

SEXO	AREA URBANA	AREA RURAL	TOTAL
HOMBRE	136.234	5.676	141.910
MUJER	141.341	5.889	150.196
TOTAL	277.575	11.566	289.141

Fuente: Creación propia – INEC,2010

1.1.4 Educación y Salud

1.1.4.1 Educación

La educación no debe ser vista sólo como un servicio, sino como algo fundamental de los ciudadanos. Según el INEC (2010), la población en edad escolar del cantón ascendía a 217.696 estudiantes, de los cuales la mayoría, tanto a nivel urbano como rural, se registran en educación básica y primaria, como se muestra en la Tabla N°2.

Tabla N°2 Tasa de asistencia

NIVEL DE EDUCACION	TASA DE ASISTENCIA %		
	TOTAL	URBANA	RURAL
BASICA	93.79	93.4	92.12
PRIMARIA	94.31	94.4	92.9
SECUNDARIA	71.31	72.12	61.36

BACHILLERATO	58.83	59.77	42.63
SUPERIOR	23.62	24.44	11.69

Fuente: Creación propia – INEC 2010

La brecha en el acceso a la educación entre las zonas urbanas y rurales es más evidente en el nivel superior, donde la tasa de acceso en el área rural es del 11,6%, mientras que en la zona urbana alcanza el 24,4%. Asimismo, se observa que el índice de analfabetismo en el cantón es del 3,2% en promedio, afectando en mayor medida a la población rural.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

1.1.4.2 Salud

En la actualidad, Machala dispone de 72 establecimientos de salud, tanto públicos como privados. De estos, 70 están ubicados dentro del sistema urbano de la ciudad, mientras que 2 se localizan en la parroquia El Retiro. Así, el 99% de los centros de salud se concentra en el área urbana.

El 30 % de los centros de atención médica en Machala son de carácter privado y se encuentran dentro del área urbana de la ciudad. Por otro lado, el 70 % restante forma parte de la Red de Salud Pública y está distribuido tanto en la zona urbana como en la rural, con el objetivo de garantizar una cobertura adecuada en todo el cantón.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

1.1.5 Productividad

1.1.5.1 Sector servicios

En 2010, los establecimientos censados del sector de servicios representaban el 35,38% del total registrado. Dentro de este sector, las actividades más relevantes incluyen alojamiento y servicio de comidas, con el 10,69% de los establecimientos censados, seguidas por información y comunicación con 4,60%, atención de salud humana y asistencia social un 3,63%, actividades profesionales, científicas y técnicas un 2,71%, enseñanza un 1,94%, servicios administrativos y de apoyo un 1,28%, transporte y almacenamiento el 1,03%, y finalmente artes, entretenimiento y recreación con 0,94%. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

1.1.5.2 Turismo

En la Tabla N°3 se refleja la actividad turística en Machala, evidenciando un comportamiento irregular en cuanto al tipo de visitante que llega a la provincia y el cantón. De acuerdo con el Censo Económico 2010, se evidenció más de 1.200 establecimientos con orientación hacia el turismo dentro del cantón.(INEC, 2010)

Tabla N°3 Economía

ACTIVIDAD	TOTAL
Actividad de alojamiento y de servicio de comidas	1,166
Artes, entretenimiento y recreación	103,0
Ciudad de Machala	10,903

Fuente: Creación propia – INEC 2010

De acuerdo con el Ministerio de Turismo, se presenta un cuadro que muestra el ingreso mensual de turistas a la provincia de El Oro. Esta información sirve como referencia para el cantón Machala, ya que se estima que el 40 % de los visitantes que llegan a la provincia tienen como destino principal su capital, Machala.

1.1.5.3 Actividades de transporte

El transporte es un sector fundamental para la economía, no solo por su contribución al PIB y la generación de empleo, sino también por su papel en el comercio, la movilidad de las personas y la circulación de ideas. Además, desempeña un rol clave en la integración del territorio. Según el Censo Económico 2010, en el cantón se registraron 112 establecimientos dedicados a actividades de transporte.

A continuación, la Tabla N°4 presenta la distribución de estos establecimientos según el tipo de servicio de transporte que ofrecen.

Tabla N°4 Establecimiento por servicio de transporte

DESCRIPCIÓN	TOTAL
Cantón Machala (censados)	10.903
Transporte y almacenamiento (locales)	112

Fuente: Creación propia – INEC 2010

Según datos del INEC 2010, en el cantón se registraban 69 locales únicos, mientras que 13 contaban con más de un establecimiento y su matriz se encontraba en la misma jurisdicción. Además, 30 de estos correspondían a sucursales. Actualmente, con la implementación de un terminal terrestre, muchos de los locales que anteriormente estaban distribuidos en diferentes puntos de la ciudad han ido desapareciendo, centralizando sus operaciones en esta nueva infraestructura.

1.1.6 Geomorfología y relieve

Hace referencia a las características superficiales de la corteza terrestre del cantón Machala, cuyo origen está influenciado por factores como el clima, el relieve, el tiempo de formación del suelo, el material parental, entre otros. El análisis de este componente es clave para comprender aspectos como el drenaje, la erosión y los deslizamientos, los cuales determinan la topografía del territorio. Para el estudio de este componente, se analizarán variables relacionadas con las pendientes, los movimientos en masa y la intensidad sísmica. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

1.1.6.1 Caracterización de la estructura del suelo y subsuelo

A continuación, la siguiente Tabla N°5 muestra las geoformas presentes en Machala, indicando el área que ocupan y su porcentaje con respecto a la superficie total del cantón.

Tabla N°5 Geomorfología del cantón Machala

GEOMORFOLOGIA	AREA (Ha)	%
Llanuras aluviales de deposito	30875.31	82.83
Nivel aluvial alto	442.09	1.19
Terraza baja	60.14	0.16
Terrazas indiferenciadas	424.36	1.14
Zonas urbanas	3694.59	9.91
Cuerpos de agua	1778.74	4.77
TOTAL	37275.23	100

Fuente: Creación propia – PDOT 2022

La disponibilidad de la información hace referencia a áreas con potencial sísmico y áreas propensas a movimientos de gran magnitud. La totalidad de Machala está situada en una región de alta intensidad sísmica, lo que significa que la posibilidad de sucesos sísmicos

en el cantón es elevada. A continuación, se detalla en la Tabla N°6 la susceptibilidad del cantón Machala a movimientos masivos, su longitud y el porcentaje en relación al área total del cantón.

Tabla N°6 Movimientos en masa-susceptibilidad cantón Machala

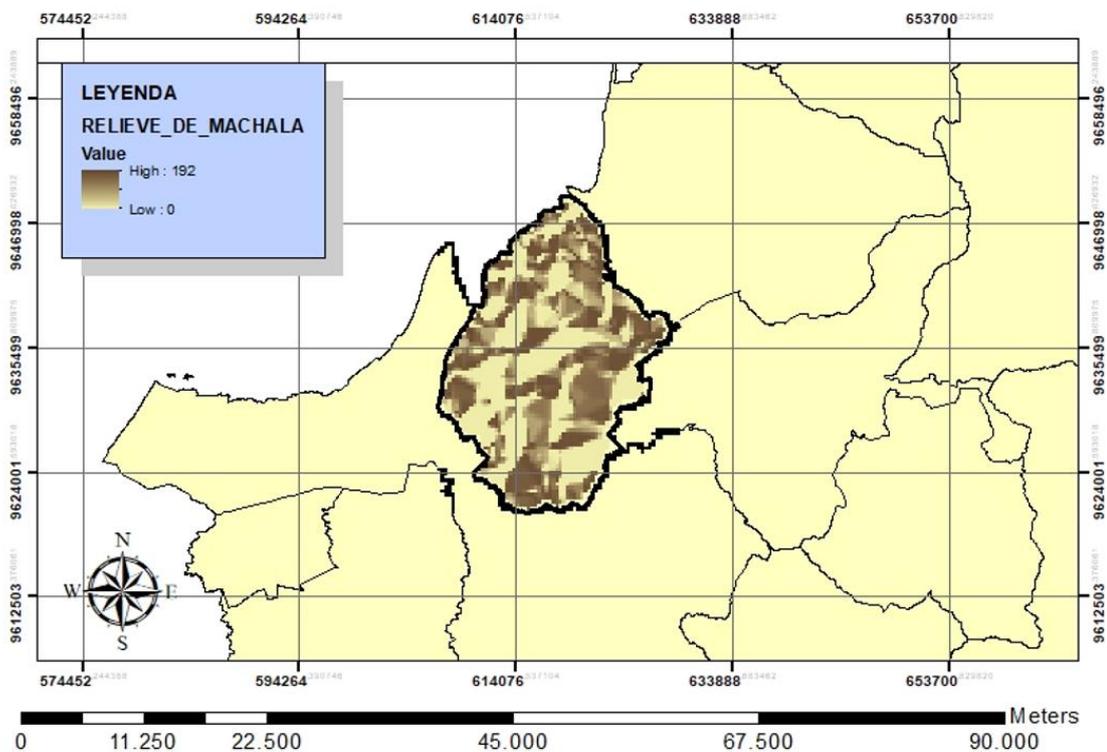
DESCRIPCION	AREA (ha)	%
Susceptibilidad Baja a Nula	18452.06	49.50
Susceptibilidad Media	1555.06	4.17
Susceptibilidad Muy Baja	15488.98	41.55
Cuerpos de Agua	1778.74	4.77

Fuente: Creación propia – PDOT 2022

1.1.6.2 Caracterización general del relieve

El cantón Machala se distingue por su topografía plana, de modo que cerca del 94,17 % de su territorio se sitúa entre 0 y 20 metros sobre el nivel del mar. El Mapa de la ilustración N°2 muestra la ubicación del territorio cantonal según su altitud.

Imagen N°2 Relieve del Cantón Machala



Fuente: Creación propia

1.1.7 Componente de asentamientos humanos

1.1.7.1 Situación vial

La principal red de carreteras cantonal (1er orden: más de 2 carriles), conecta los cantones Pasaje, Santa Rosa y El Guabo, con caminos asfaltados y distancias relativamente reducidas para la conexión entre cantones, considerando que esta red es mayoritariamente de carácter estatal. La Tabla N°7 presenta los datos.

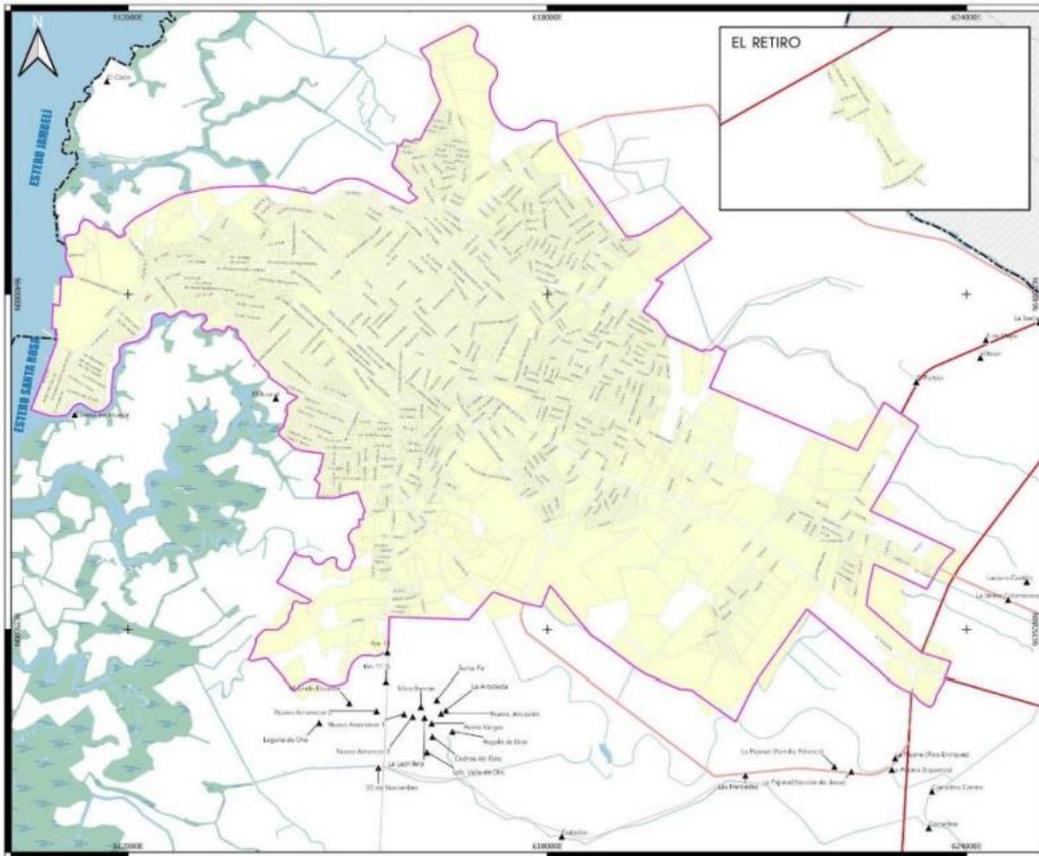
Tabla N°7 Distancia entre Machala con los cantones limitantes

Principales cantones	Distancia(km)
El Guabo	18
Pasaje	20
Santa Rosa	31

Fuente: Creación propia – PDOT 2022

Los 23 kilómetros separan Machala de los cantones colindantes. La distancia más corta es de 18 km hasta El Guabo, la más larga es de 20 km hasta Pasaje y la más larga es de 31 km hasta Santa Rosa. En la imagen 3 se observa la vialidad, además, considerando la Tabla N°8, se debe considerar la conectividad, dado que la población de Machala muestra un crecimiento progresivo en dirección vial hacia Pasaje y con un alto potencial hacia El Guabo. Debido a los asentamientos existentes, equipamiento de nivel provincial y el crecimiento progresivo de la ciudad, el potencial se dirige hacia Santa Rosa. No obstante, esta observación se debe a la conectividad vial que no siempre puede ser la opción más adecuada para el crecimiento.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

Imagen N°3 Mapa de Límites de Vialidad del Cantón Machala



Fuente: PDOT 2022

Tabla N°8 Tipos de Vías Externas

Tipo de Vías	Longitud	%
Camino de Herradura	63.63	5.48
Camino de Verano	91.3	7.86
Carretera Pavimentada Angosta	7.38	0.64
Carretera Pavimentada dos o más vías	71	6.11
Sendero o Vereda	195	16.79
Vía en Área Urbana	687.74	59.22
Sin información	45.21	3.89
Total	1161.25	100

Fuente: Creación propia – PDOT 2022

Los estudios viales y de transporte de la ciudad de Machala 2011, en el Plan de Movilidad de Machala, determina un valor de 565,53 km de vías urbanas, sin embargo, esta información no es oficial.

Las vías urbanas ocupan el 57,19 % del territorio del cantón como se muestra en la Tabla N°9. Esto se relaciona con la presencia de la trama urbana de la ciudad. Mientras el 42,81 % corresponde a las vías rurales y de acceso al área urbana. De estas últimas existe un alto porcentaje clasificadas como caminos de verano y senderos o veredas, hecho que afecta la comunicación interna entre los sitios y la dificultad de acceder de manera rápida y efectiva a los principales centros de abastecimiento del cantón.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

Tabla N°9 Ejes viales estratégicos

Eje Estratégico	Longitud (km)
Eje estratégico principal cantonal	26.94
Eje estratégico secundario cantonal	17.69
Eje estratégico secundario provincial	14.43
Eje estatal principal	31.92
Autopista proyectada	29.72

Fuente: Creación propia – PDOT 2022

Cabe señalar que, según el Estudio Vial de Machala de 2011, de los 999.02 kilómetros de vías de los cuales el Plan de Movilidad de Machala no proporcionó mayor información, el total de kilómetros de la red vial de Machala dentro del perímetro de la ciudad fue de 565.53 kilómetros. De los cuales: 68 km están hormigonados (12,02%); con superficie dura – 304,12 km (53,77%); 0,73 km están pavimentados (0,13%); y 192,69 km son suelo o balasto (34,07%). Según el Plan de Movilidad Machala, 433.49 km (37.33%) de las vías del estado no cuentan con información de estado correspondiente a caminos locales, senderos o aceras con pavimentos en mal estado. Cuando se envía a nivel de cantonal y tiene una reacción separada al transporte de pasajeros de Machala, obtuvo la siguiente información: El flujo de pasajeros es de 59,706 por día, lo que significa 21,792,690 cada uno. Salir y alcanzar 1,654) - 23 cooperativas de transporte se sirven en un total de 1,204 autobuses. Estos datos determinaron que había una fuerte presión sobre el territorio de

Cantonal y especialmente para el área de la ciudad, y la nueva estación, la organización del tráfico relacionado, sin embargo, aún debería ser riguroso manteniendo un control estricto para que con esto el nivel de servicio siga siendo estable y no cree procedimientos internos para ingresar a la ciudad.(Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2022)

1.1.7.2 Impactos

La red vial y la movilidad de la ciudad de Machala presentan los siguientes aspectos en la Tabla N°10.

Tabla N°10 Problemas y potencialidades

Asentamientos Humanos			
Variable	Problemas	Potencialidades	Grupo de Impacto
Red Vial	El 59% de la red vial requiere un mantenimiento o restauración completa, ha sufrido una etapa de desamparo, lo que no solo deteriora la armonía visual de la ciudad, sino que provoca un deterioro social y ambiental.	Oportunidad de renovar la estructura de la ciudad, poner en marcha proyectos integrales que optimicen y generen descargas de vehículos.	Ciudadanía local y cercana.
Movilidad	La mayor cobertura del servicio de transporte público se encuentra en un eje longitudinal, dejando en debilidad a áreas urbanas; el flujo de transporte bajo una misma línea es considerablemente elevado, ocasionando problemas de tráfico en carreteras arteriales durante las horas de mayor demanda. Machala es la capital de la provincia de El Oro, transformándola en un área de gran flujo de población para el comercio y el trabajo. Además, por ser la ciudad con mayor consolidación fronteriza, ha recibido a un elevado número de migrantes venezolanos, lo que provoca tensiones sociales de movilidad.	La ciudad dispone de áreas previamente establecidas sin transporte público en masa, lo que facilitaría la creación de sistemas de movilidad o corredores para el transporte peatonal, promoviendo una interacción más efectiva en la resistencia de la ciudad. Mediante la visión de movilidad segura, se podrá fomentar la ciudad sustentable del futuro.	Ciudadanía local y cercana.

Fuente: Creación propia – PDOT 2022

1.2 Descripción de la situación de la problemática (causas y efectos)

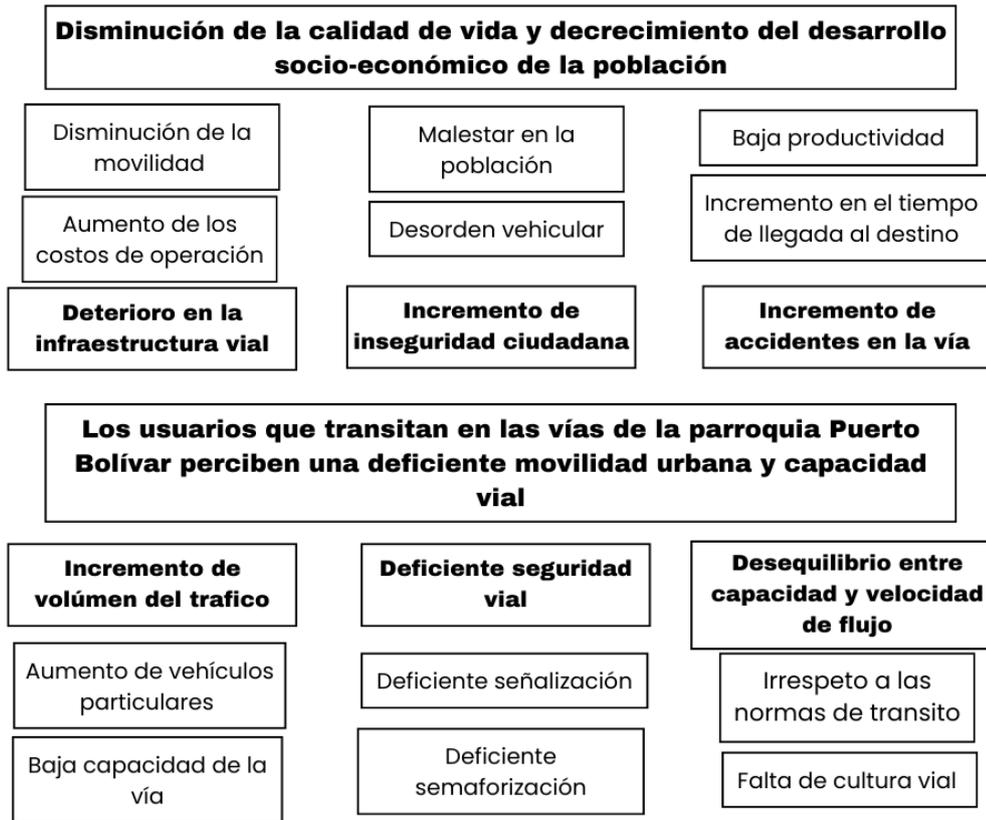
La problemática central se basa en que los usuarios que transitan en las vías de la parroquia de Puerto Bolívar perciben una deficiente movilidad urbana y capacidad vial. Dentro del análisis de la problemática se identificaron las causas y efectos directos del problema, como se muestra en la imagen N°4 con el árbol de problemas y en la imagen N°5 en la vía.

Las vías urbanas, inicialmente diseñadas para gestionar un flujo de tráfico menor, se ven sometidas ahora a niveles de demanda que exceden su capacidad. Este aumento en la carga de tráfico ha llevado a la formación de congestiones recurrentes, tiempos de viaje prolongados y, lo que es más preocupante, a un deterioro acelerado de la calidad del pavimento y la señalización vial. (Ahmed et al., 2021)

En relación a seguridad vial, el impacto social y económico de esta problemática es considerable, afectando la calidad de vida de los residentes y desafiando la capacidad de la ciudad para fomentar un ambiente seguro y acogedor. Por lo tanto, la urgencia de abordar la seguridad vial se presenta como una necesidad esencial para mitigar el incremento de la inseguridad ciudadana y promover un entorno en el que se pueda analizar el estado del Plan de Movilidad Urbana Sostenible. (Vujadinović et al., 2021)

Por último, el desequilibrio entre capacidad y velocidad de flujo constituye un obstáculo para el desarrollo urbano sostenible, ya que limita la capacidad de la ciudad para afrontar eficazmente el aumento de la demanda de movilidad. Abordar esta problemática se presenta como esencial para restablecer la armonía entre la capacidad vial y la velocidad de flujo, mejorando así la eficiencia del sistema de transporte y contribuyendo a un entorno urbano más habitable y sostenible en la ciudad de Machala. (Feng et al., 2021)

Imagen N°4 Árbol de problemas



Fuente: Creación propia

Imagen N°5 Tramo de la Av. Bolívar Madero Vargas



Fuente: Creación propia

1.3 Formulación del problema: preguntas científicas

La ciudad de Machala, como muchos centros urbanos, enfrenta desafíos significativos en términos de movilidad urbana y capacidad vial. El crecimiento poblacional acelerado, los cambios en los patrones de movilidad y la falta de adecuación de la infraestructura vial actual generan problemas que afectan la calidad de vida de los residentes y obstaculizan el desarrollo sostenible de la ciudad.

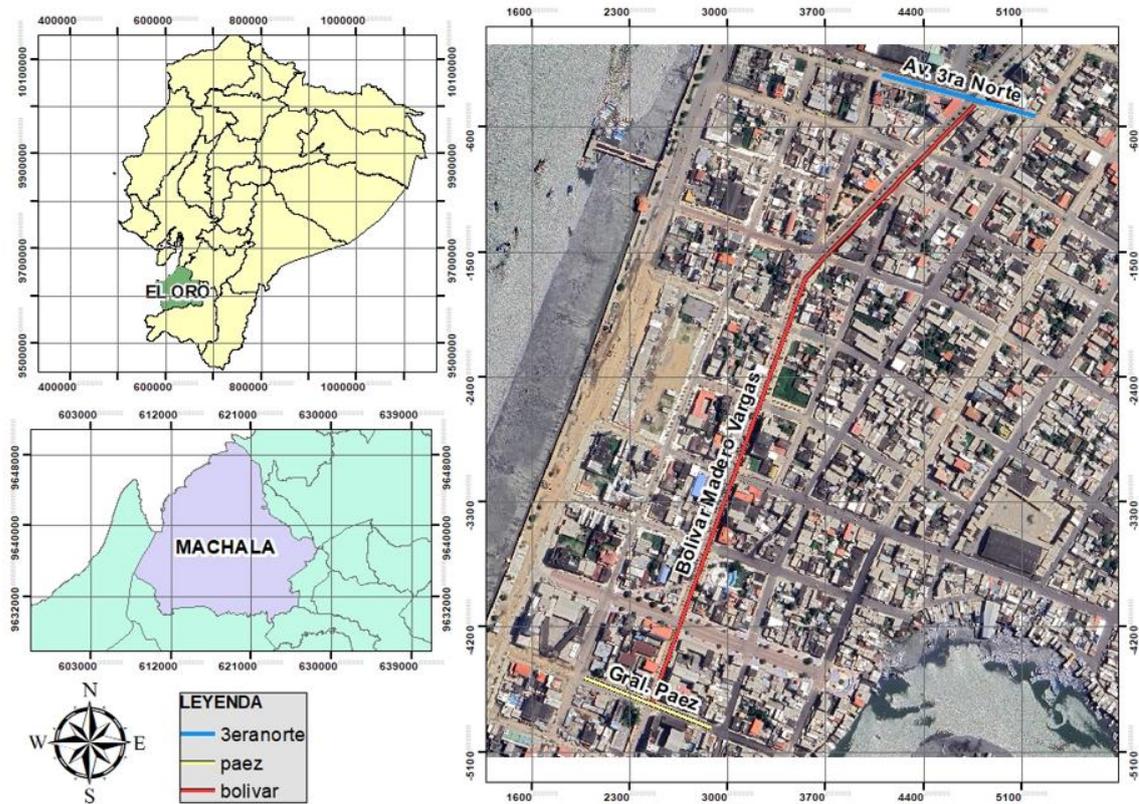
1. ¿Cuál es la naturaleza y la extensión de la congestión vehicular en las vías urbanas de Machala?
2. ¿Cómo se distribuyen los patrones de movilidad en Machala y cuáles son los puntos críticos de congestión?
3. ¿Cuál es la capacidad actual de las vías urbanas y cómo se comparan con las demandas de tráfico?
4. ¿Cómo influyen factores urbanos, como el diseño de las calles y la señalización, en la movilidad?
5. ¿Cuáles son las posibles soluciones para mejorar la movilidad urbana y la capacidad vial en Machala?

Estas preguntas científicas proporcionarán la base para llevar a cabo un análisis comprensivo de la movilidad urbana y la capacidad vial en Machala, orientando la investigación hacia la identificación de problemas específicos y el desarrollo de soluciones prácticas y sostenibles.

1.4 Delimitación del objeto de estudio

En el presente trabajo se analiza el flujo de red vial en vías urbanas de la ciudad de Machala, para lo cual se ha seleccionado una zona de estudio con una distancia de 0,92 km, la zona en cuestión se encuentra en la parroquia de Puerto Bolívar tal como se muestra en la imagen N°6.

Imagen N°6 Zona de estudio



Fuente: Creación propia

1.5 Justificación

La realización de un análisis exhaustivo de la movilidad urbana y la capacidad vial en las vías urbanas de la ciudad de Machala se justifica por la necesidad imperante de abordar los desafíos significativos que enfrenta la infraestructura de transporte en la actualidad. (Tátar, 2023) Machala, como muchos centros urbanos, se ha enfrentado a un crecimiento poblacional acelerado y cambios en los patrones de movilidad, lo que ha generado problemas relacionados con la congestión vehicular, la ineficiencia en el transporte público y la degradación del entorno urbano. (Fiedler et al., 2017)

La importancia de este análisis radica en varios aspectos cruciales. En primer lugar, la congestión vehicular afecta negativamente la calidad de vida de los residentes, generando tiempos de viaje más prolongados, aumentando el estrés y contribuyendo a la contaminación atmosférica. Además, de determinar las características del tráfico más importantes que afectan la capacidad de tráfico en una vía, en otras palabras, el número real de automóviles que pasan. (Shepelev et al., 2022)

En segundo lugar, la eficiencia del sistema de transporte urbano es fundamental para el desarrollo económico de la ciudad. La congestión vehicular y la falta de una capacidad vial adecuada pueden obstaculizar la movilidad de personas y mercancías, afectando directamente a la productividad y competitividad de la región.

Asimismo, en un contexto global donde la sostenibilidad ambiental se ha vuelto una prioridad, abordar los problemas de movilidad urbana también se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible. La implementación de soluciones que fomenten el uso del transporte público, la movilidad no motorizada y tecnologías amigables con el medio ambiente contribuirá a la reducción de emisiones contaminantes y a la creación de entornos urbanos más saludables.(Ji & Ma, 2021)

En este marco, se plantea esta tesis con el objetivo de conseguir el título de Ingeniero civil, además de requerir un conocimiento particular de un campo de estudio, que resulta beneficioso como profesional en urbanismo.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Evaluar la capacidad vial mediante la metodología Invias basada en HCM que permitan una adecuada movilidad urbana a los habitantes de la ciudad de Machala en un tramo de la Avenida Bolívar Madero Vargas.

1.6.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio exhaustivo de la movilidad urbana a través de la revisión de fuentes bibliográficas o manuales que permitan evaluar la vía.
- Identificar las necesidades y percepciones de los usuarios mediante encuestas que permitan posibles mejoras.
- Determinar la capacidad y el nivel de servicio aplicando la metodología Invias basado en el manual (HCM)

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Contextuales

2.1.1 Macro

Para respaldar las estrategias de movilidad urbana sostenible, la asignación del espacio vial de vehículos privados a otros fines podría ser una medida relevante. Nuevos datos empíricos podrían ayudar a superar los obstáculos para llevar a cabo tales medidas.(Afrin & Yodo, 2020). La reducción prevista de 14 meses en la capacidad del túnel principal en Oslo, Noruega, que anteriormente manejaba 70.000 vehículos por día, ha brindado una excelente oportunidad para investigar cómo se han adaptado los usuarios y cómo se sienten los impactos y consecuencias. Se analizaron datos de tráfico rodado, encuestas y entrevistas a usuarios de la vía.(Tennøy & Hagen, 2021)

La congestión de la red vial se produce por condiciones de tráfico que son caracterizadas mediante velocidades más bajas, largos tiempos de viaje y largas colas de vehículos; Este es un problema grave en la mayoría de las zonas urbanas del mundo. La construcción de más carreteras es una medida política ampliamente utilizada para reducir la congestión del tráfico. Sin embargo, esta estrategia es controvertida porque, bajo ciertas condiciones, el aumento de la capacidad de las carreteras puede provocar una mayor congestión del tráfico. Un paso importante para comprender si el aumento de la capacidad vial resolverá el problema de la congestión del tráfico es cuantificar las tecnologías que causan la congestión en las redes viales urbanas. (Anupriya et al., 2023)

Mediante un análisis más científico del impacto de los vehículos autónomos en la capacidad de las carreteras y las intersecciones. Basado en las tres teorías de la relación de velocidad del flujo, el análisis del equilibrio del flujo de tráfico y el siguiente modelo, este trabajo es el primero en derivar la relación de densidad de flujo de varios tipos de vehículos diferentes en el mismo entorno. En segundo lugar, se obtuvo la relación de densidad de flujo magnético para diferentes proporciones del vehículo autónomo. Al derivar estos dos modelos, se puede obtener el principal caudal saturado de la carretera en diferentes condiciones de conducción del vehículo autónomo.(Yu et al., 2023)

2.1.2 Meso

Anteriormente en la ciudad de Machala no se tomaba en cuenta la capacidad vial debido a la cantidad de vehículos utilizados para el diseño de las calles de la ciudad, por lo que

ahora, cuando observamos aumentos en el flujo vehicular, es importante medir el nivel de servicio de las vías debido al intenso tráfico. El tema movilidad urbana ha ido ganando protagonismo en los últimos tiempos debido al impacto que causa en la calidad de vida de las personas que viven en grandes centros, en la ciudad de São Paulo se propuso estudiar y evaluar la Capacidad y Nivel de Servicio en una ruta específica con base en los conceptos y métodos establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras 2000 (HCM 2000), además de utilizar la regresión lineal para estimar el pronóstico de la demanda de tráfico a corto plazo en un escenario bienal, para proponer alternativas para brindar un nivel de servicio satisfactorio y compatible.(Gomes et al., 2019)

En el Sur de América, la “Movilidad urbana: estudio de nivel de servicio y previsión de la demanda en una vía de la ciudad de São Paulo” evalúa los niveles de capacidad y servicio en una ruta específica en la ciudad de São Paulo con base en los conceptos y métodos establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras 2000 (HCM 2000) y utilizando la regresión lineal para estimar pronósticos de volúmenes de tráfico de emergencia en puentes a corto plazo en un escenario de dos años para proponer alternativas que proporcionen niveles de servicio satisfactorios y comparables. Teniendo en cuenta la demanda esperada, analizar la efectividad del método como herramienta de toma de decisiones para acciones encaminadas a mejorar el flujo vehicular y reducir la velocidad del tránsito en los sistemas viarios urbanos. Este estudio exploratorio, cuantitativo y descriptivo realizó cálculos utilizando los conceptos y métodos contenidos en HCM 2000, evaluando la efectividad de este método como medio para generar información de apoyo a la toma de decisiones para mejorar la movilidad urbana. Los resultados muestran una tendencia decreciente en el tráfico de vehículos en la carretera analizada. Los resultados sugieren que las herramientas utilizadas en este estudio pueden ser de gran valor a la hora de tomar decisiones o recomendar intervenciones para mejorar la satisfacción de las necesidades en términos de la capacidad de proporcionar niveles de servicios que ayuden a mejorar la satisfacción del usuario. Sistema vial del municipio de Sao Paulo.(Gomes et al., 2019)

2.1.3 Micro

"Análisis de la congestión vehicular en diferentes intersecciones de la ciudad de Portoviejo, Ecuador" señala que los problemas relacionados con la congestión del tráfico son cada vez más frecuentes a nivel mundial, especialmente en naciones latinoamericanas. La finalidad de este estudio es examinar la congestión vehicular en

varias intersecciones dentro de la ciudad de Portoviejo, ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador, con el propósito de identificar estrategias para mitigar los impactos negativos del tráfico actual y promover una movilidad urbana sostenible. Para ello, se identificaron tres intersecciones estratégicas en la ciudad, seleccionadas en función de su relevancia y ubicación geográfica, a fin de registrar manualmente el flujo de tráfico durante cinco días a la semana, excluyendo cualquier eventualidad de emergencia que pudiera afectar la calidad de los datos recopilados. A partir de la información recopilada, se analizó la distribución de los diferentes modos de transporte y la proporción de vehículos ligeros en la categoría correspondiente. Los resultados del análisis indican que los vehículos ligeros representan el principal factor contribuyente a la congestión del tráfico, con una tasa media del 64,83%, seguidos por una utilización relativamente baja de medios de transporte más sostenibles, como el autobús y la bicicleta, con un 6,40% y un 0,47% respectivamente.(Abata et al., 2022)

“Determinación de capacidad de carreteras en cuenca (Ecuador) y comparación con el manual de capacidad HCM” se llevó a cabo un estudio transversal en las secciones de seis vías de doble carril ubicadas en la Ciudad de Cuenca (Ecuador), durante el período comprendido entre agosto de 2015 y febrero de 2016. La evaluación de la capacidad de la carretera se realizó mediante dos enfoques: por un lado, se utilizaron las observaciones de campo, y, por otro lado, se aplicó el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM). Se encontró que el método HCM tendió a sobreestimar la capacidad de la carretera, con un promedio del 58% en comparación con los datos de capacidad obtenidos mediante observaciones de campo, las cuales se obtuvieron mediante el método conocido como "observador moviéndose". Esta discrepancia en la estimación de la capacidad se atribuye a que los parámetros utilizados en el método HCM no reflejan adecuadamente las condiciones locales de las avenidas en Cuenca. El contraste entre ambos enfoques revela que el método HCM, desarrollado a partir de las condiciones de tráfico de autopistas en los Estados Unidos, no es aplicable a las condiciones específicas de tráfico en las carreteras de Cuenca.(Carpio et al., 2018)

2.2 Antecedentes conceptuales

2.2.1 Volumen de tráfico

Como lo hace notar Zhezherun, D., el volumen de tráfico es una medida básica de la planificación y gestión del tráfico, que refleja la densidad de vehículos que circulan por

una infraestructura vial determinada. Este parámetro se cuantifica mediante el método de conteo de vehículos, que registra el número de vehículos que pasan por un punto de control durante un período de tiempo determinado.(Zhezherun, 2021) Evaluar el flujo de tráfico es importante para comprender la demanda de viajes en un área determinada, así como para determinar los patrones de tráfico, la congestión y las necesidades de infraestructura. Además, Ahmed, A., dice que muchos factores diferentes pueden influir en el flujo del tráfico rodado, incluido el crecimiento de la ciudad y la disponibilidad del transporte público. Por lo tanto, un análisis y una gestión adecuados del flujo de tráfico rodado son cruciales para diseñar eficazmente los sistemas de tráfico y mejorar la movilidad urbana.(Ahmed et al., 2021)

2.2.2 Nivel de servicio

Guntur S., sostiene que el nivel de servicio vial se ve relacionado con el impacto del tráfico rodado en la ciudad, por lo que a menudo se producen atascos en algunas carreteras. Esto se debe a que el número de vehículos que circulan por la ruta es desproporcionado con la capacidad de la carretera y a la alta actividad de las barreras, aquí el nivel de servicio vial se determina mediante el seguimiento de una serie de indicadores como el volumen de tráfico, el flujo de vehículos, la velocidad media, la facilidad de maniobra y la accesibilidad.(Guntur S et al., 2021) Además, Stojković & Vidas., mantienen que los niveles de mantenimiento de las carreteras se pueden analizar desde diversas perspectivas, por ejemplo, mediante modelos matemáticos de los flujos de tráfico, análisis estadístico de datos de campo o evaluación del impacto de las políticas de gestión del tráfico. Además, puede utilizarse para proporcionar orientación sobre el diseño, la planificación y la gestión del transporte urbano y rural.(Stojković & Vidas, 2022)

2.2.3 Densidad vehicular

Según Park, J., es el número de vehículos por unidad de longitud de carretera en un momento dado, generalmente expresada como vehículos por kilómetro o vehículos por milla. Este es un índice básico que caracteriza la densidad y capacidad de las carreteras, calculado dividiendo el número total de vehículos en un determinado segmento de la carretera por la longitud efectiva de ese segmento de la carretera. A pesar de los resultados positivos sobre el impacto de los vehículos autónomos en los flujos de tráfico y el potencial para aumentar la capacidad de las carreteras, hasta la fecha se ha realizado poca

investigación sobre el impacto de la conducción autónoma en las vías urbanas.(Park et al., 2021)

Según el autor Alvarenga Rodríguez, dice que hay una serie de modelos denominados continuos para el tráfico de automóviles, donde se supone que existe una relación entre la velocidad y la densidad de vehículos, esta relación da lugar a dos amplias ramas en las que se distinguen entre modelos micro y macro de tráfico de automóviles, siendo la densidad vehicular medida como el número de vehículos por unidad de longitud.(Alvarenga-Rodríguez, 2020)

2.2.4 Flujo vehicular

Teniendo en cuenta a Medvediev & Soroka., el tráfico de vehículos se refiere al número de vehículos que transitan por un punto específico de carretera en una dirección determinada durante un período de tiempo determinado, generalmente expresado como número de vehículos por hora. Este parámetro es importante para comprender la capacidad y eficiencia de una vía y se calcula dividiendo el número de vehículos que pasan por un punto de control en la vía durante un período de tiempo determinado. El flujo de tráfico es un indicador clave para el análisis del tráfico y la evaluación del desempeño de la infraestructura vial, ya que proporciona información valiosa sobre la demanda de viajes y el uso de la red vial.

Además, el tráfico de vehículos puede verse afectado por una variedad de factores, incluidas las condiciones climáticas, las condiciones de las carreteras y la demanda de viajes. Por lo tanto, una comprensión y una medición adecuadas son esenciales para una planificación y gestión eficaces del tráfico urbano y rural.(Medvediev & Soroka, 2020)

2.2.5 Movilidad Urbana

Desde el punto de vista de Qian, X., la movilidad urbana se conceptualiza como un fenómeno multidimensional compuesto de patrones, comportamientos y sistemas relacionados con el flujo de personas y el paso de generación de rutas hacia y desde el centro de actividad con conectividad a los sistemas de tránsito existentes. Este concepto supone un análisis integral de la interacción de factores sociales, económicos, ambientales y tecnológicos que influyen en la accesibilidad, eficiencia y desarrollo sostenible de los sistemas de transporte urbano. (Qian et al., 2020)

La movilidad urbana no se limita al movimiento físico, sino que también incluye aspectos como la planificación espacial, la asignación de modos, la seguridad vial, el acceso equitativo al transporte y la integración modal de los distintos transportes. Por tanto, su investigación requiere un enfoque interdisciplinario, combinando elementos de ingeniería, urbanismo, economía, sociología y ecología. Comprender y mejorar el movimiento urbano es necesario para resolver problemas relacionados con el desarrollo de ciudades, congestión del tráfico, contaminación del aire y calidad de vida en las ciudades modernas.

2.2.6 Capacidad Vial

Como afirma Srivastava y Kumar, es la medida máxima de tráfico de vehículos que una determinada infraestructura vial puede manejar en un período de tiempo determinado sin congestión o deterioro de las condiciones de funcionamiento a un nivel inaceptable. Este aspecto es muy importante en la planificación y diseño de vías y calles y se determina en base a análisis experimentales y modelos teóricos que tienen en cuenta factores como la forma de la vía, las señales, la densidad de vehículos, la velocidad, etc., los niveles de tráfico y la demanda de tráfico. (Srivastava & Kumar, 2023). También, Shirmohammadi dice que la capacidad de la carretera no es fija, pero puede variar según condiciones como el clima, el tipo de vehículo y la presencia de elementos de control de tráfico. A pesar de numerosos estudios en la literatura, se ha prestado poca atención a los efectos de la reducción de velocidad. Se necesita una evaluación exhaustiva para garantizar que la red de carreteras funcione sin problemas y de forma segura, y para identificar áreas que necesitan mejoras o ampliación para satisfacer las necesidades de movilidad de las personas.(Shirmohammadi et al., 2018)

2.2.7 Seguridad Vial

De acuerdo con Grzebieta, R, la seguridad vial se considera un campo interdisciplinario, centrándose en prevenir y minimizar el impacto de los accidentes viales mediante la implementación de estrategias, políticas y tecnologías que minimicen los riesgos asociados a la movilidad de vehículos. Este campo de estudio abarca muchos factores, incluido el diseño y mantenimiento de carreteras, el control del tráfico, la educación y concienciación de los usuarios, la aplicación del control del tráfico y la seguridad de los vehículos. La seguridad vial se basa en la recopilación y análisis de datos sobre accidentes, lesiones y factores relacionados, así como en el uso de métodos científicos y

evaluaciones de riesgos para identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias de prevención efectivas.(Grzebieta et al., 2020)

2.2.8 SemafORIZACIÓN

Según Boon M., la semaforización regula el tráfico en intersecciones y cruces, este proceso implica analizar factores como el volumen de tráfico, la velocidad del vehículo, la geometría de la carretera y las condiciones de visibilidad para determinar el ciclo operativo óptimo y la secuencia de señales. La instalación de señales de semáforo representa un tema clásico dentro del campo de la ingeniería de tráfico, siendo crucial en situaciones de alta densidad vehicular, donde los períodos de luz verde se vuelven escasos, dando lugar a la formación inevitable de colas más extensas. Los semáforos se basan en los principios de gestión del tráfico y control de sistemas, y su diseño se basa en modelos matemáticos y simulaciones por computadora para evaluar el desempeño y la seguridad del sistema.(Boon et al., 2023)

2.2.9 Señalización

Para Baskan O., la señalización se refiere a las señales viales que incluyen un conjunto de marcas viales, iluminación y otros elementos que brindan a los usuarios de la vía información, advertencias y regulaciones para promover un viaje seguro y eficiente. Además, es una solución simultánea a los problemas de maximizar el ancho de banda disponible y minimizar la latencia optimizando la sincronización de los semáforos. Este sistema de comunicación visual se basa en principios de diseño ergonómico y psicología cognitiva, y se adapta a las necesidades específicas de cada entorno viario.(Baskan et al., 2019)

2.3 Antecedentes Referenciales

La infraestructura vial tiene como objetivo asegurar el correcto desempeño de sus funciones construidas, brindando movilidad con altos estándares de velocidad de comunicación, seguridad, economía y confort. Por ello en el trabajo a cerca de un “Estudio de las vías urbanas mediante una metodología de evaluación que garantice un análisis de la fluidez y seguridad de la circulación en ciudades de hasta 300.000 habitantes” se llevó a cabo el siguiente procedimiento: Se basó bibliográficamente en artículos científicos para fundamentar los métodos de evaluación de vías urbanas. Se exploró la necesidad de criterios de evaluación que valoren aspectos que afectan la fluidez

y seguridad de una vía. Luego, se elaboró una metodología de evaluación.(Ordóñez Criollo Kiara Lisseth & Campuzano Vera Fresia Luisana, 2022)

A medida que el tiempo avanza el tema de movilidad urbana se vuelve un desafío cada vez mayor, dando paso a la necesidad de analizar la relación entre volumen-capacidad y el nivel de servicio, utilizando métodos de tránsito experimentales y de ingeniería en las rutas de acceso de la ciudad de Machala. La capacidad de masa se obtuvo utilizando la cuenta de entrada de HCM2010. Los cálculos se realizan detalladamente para sintetizarlos y presentarlos en tablas y gráficos para su adecuado análisis, comparándolos con los resultados obtenidos durante el proceso de simulación y extrayendo las conclusiones adecuadas.(Pavón Peñafiel Miguel José et al., 2023)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación

Este proyecto adopta un enfoque mixto, ya que combina una modalidad investigativa basada en la recopilación de información y el análisis bibliográfico con una modalidad de carácter cuantitativa y de campo, con el fin de obtener datos a través de mediciones in situ y una visión más amplia respecto al congestionamiento de la vía mediante encuestas.

Tipo de investigación

Documental

Este tipo de investigación se fundamenta en la recolección de información mediante artículos y otras fuentes relevantes, con el objetivo de desarrollar un enfoque general y descriptivo del tema de estudio. Se analizan teorías y estudios existentes que faciliten la generación de hipótesis, orientadas a obtener resultados confiables y válidos. Las técnicas de campo incluyen la observación directa del lugar de estudio y la realización de aforos vehiculares, permitiendo determinar el nivel de servicio en la vía.

De campo

Se enfoca en la descripción de los elementos fundamentales necesarios para analizar la vía. Esto incluye características como la clasificación de los vehículos, sus velocidades y otras propiedades relevantes. Este estudio busca comprender la importancia y el nivel de servicio de la vía mediante el análisis de los resultados obtenidos en campo, los cuales serán clave para verificar las hipótesis planteadas.

3.2 Descripción de la Población y Muestra

Para este trabajo se estableció que una de las vías de importancia y sobre todo de congestionamiento vehicular en la ciudad de Machala es la Bolívar Madero Vargas, por tal motivo se decidió realizar el análisis de un tramo de la vía, la cual se vio sujeta a una regeneración, por lo que se deberá efectuar los cálculos correspondientes con el fin de obtener la capacidad y el nivel de servicio.

3.2.1 Población Referencial

La población se caracterizará por la red de carreteras del sector urbano de Machala, la cual cuenta con alrededor de 725.23 kilómetros, que se encuentran clasificados de

acuerdo a su tipo de vía, siendo estas sus características de calzada, longitud y estado de la vía, siendo esta información proporcionada por el PDOT de Machala.

3.2.2 Tamaño de muestra

La muestra que se tomó para este estudio se encuentra definida por un tramo de la Avenida Bolívar Madero Vargas comprendida entre Gral. Páez y Av. 5ta Norte, la cual consta con una distancia aproximada de 920 metros.

3.3 Métodos con los Materiales Utilizados

3.3.1 Método teórico

Según el Manual INVIAS basado en el manual HCM (National Research Council, 2000), para determinar con precisión el nivel de servicio es fundamental realizar aforos vehiculares en intervalos de 15 minutos. A partir de los datos recolectados en campo, se emplean las fórmulas descritas en el manual para calcular el volumen horario de máxima demanda, que representa el máximo número de vehículos que transitan por un carril durante cuatro periodos consecutivos de 15 minutos. Este dato, obtenido a partir de los aforos realizados, proporciona información concreta que facilita su análisis e interpretación.

. A continuación, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra a detallan los métodos a seguir.

Tabla N°11 Métodos

Método	Descripción
Investigación	Recopilación de información sobre tipos de vías y sus respectivas características.
	Investigar sobre las normativas existentes para clasificar la vía.
Investigación Cuantitativa	Ficha de observación con el propósito de cuantificar el problema.
	Encuesta con el fin de recopilar datos sobre el congestionamiento en la zona de estudio.
Investigación de Campo	Observación directa en la vía en diferentes horarios durante el día.

	Constatar los inconvenientes que se presentan en el flujo vehicular.
Manual Invias (Basado en Highway Capacity Manual)	Determinar la capacidad de la vía para comprender la demanda
	Obtener con exactitud el nivel de servicio en el tramo de la vía

Fuente: Creación propia

El análisis de la operación vehicular en carreteras de dos carriles requiere la evaluación de dos aspectos fundamentales: la capacidad y el nivel de servicio. La capacidad representa el número máximo de vehículos que pueden circular por un tramo en condiciones específicas, mientras que el nivel de servicio mide la calidad del tránsito desde la perspectiva del usuario, evaluando la comodidad y eficiencia del flujo vehicular.

Ambos parámetros dependen de diversos factores que afectan la dinámica del tránsito, tales como las características geométricas de la vía, la composición vehicular, las condiciones de adelantamiento y la interacción entre los usuarios. A continuación, se detallan los principales factores que influyen en la determinación de la capacidad y el nivel de servicio en carreteras de dos carriles.

3.3.1.1 Factores para Determinar la Capacidad

La capacidad de una carretera de dos carriles se define como el máximo número de vehículos que pueden circular por un tramo uniforme en ambos sentidos durante un período determinado. Se mide en vehículos por hora y depende de las condiciones de la vía y del tránsito.

Los principales factores de ajuste que afectan la capacidad son los siguientes de la **¡Error!**
No se encuentra el origen de la referencia.:

Tabla N°12 Factores de ajuste a la capacidad

Caracterización de los Factores		
FACTOR	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
(F_{pe})	Pendientes	Las pendientes afectan la velocidad de los vehículos, especialmente los pesados.

		En pendientes ascendentes, la capacidad se reduce porque los vehículos tardan más en recorrerlas.
		Se considera la pendiente longitudinal y su longitud para calcular su impacto.
(F_d)	Distribución del tránsito por sentidos	La capacidad se ve afectada por el porcentaje de tránsito que circula en cada sentido.
		Si el tránsito es muy desigual entre sentidos, un carril puede congestionarse antes que el otro.
(F_{cb})	Ancho de carril y berma	Carriles angostos y bermas reducidas limitan la confianza del conductor, reduciendo la velocidad y la capacidad.
		Se recomienda un ancho de carril mínimo de 3.65 metros y bermas de 1.80 metros para condiciones óptimas.
(F_p)	Presencia de vehículos pesados	Los vehículos pesados ocupan más espacio, reducen la velocidad y dificultan los adelantamientos.
		Se calcula su impacto mediante factores de equivalencia vehicular.
Zonas de no rebase	Visibilidad para adelantamientos	En tramos donde no hay suficiente visibilidad para adelantar, se forman pelotones que reducen la capacidad.
		Se mide el porcentaje de la vía con prohibición de adelantamiento.
Superficie de rodadura y señalización	Condiciones de la vía	Deficiencias en la superficie de rodadura afectan la capacidad al obligar a los conductores a reducir la velocidad.
		La señalización inadecuada puede generar confusión y reducir la eficiencia del tránsito.

Fuente: Creación propia

3.3.1.2 Factores para Determinar el Nivel de Servicio

El nivel de servicio mide la calidad del tránsito desde la perspectiva del usuario, reflejando la comodidad y fluidez de la circulación. Se clasifica en seis niveles (A a F) según la velocidad media y el grado de congestión. Se observan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla N°13 Factores de ajuste el nivel de servicio

Caracterización de los Factores		
FACTOR	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
(V1)	Velocidad media de recorrido	Es el principal indicador del nivel de servicio. Se mide comparando la velocidad real con la velocidad ideal de 90 km/h.
(F_u)	Utilización de la capacidad	A medida que la vía se acerca a su capacidad máxima, la velocidad disminuye y el nivel de servicio empeora. Se calcula con la relación Volumen/C5 (donde C5 es la capacidad ajustada por factores de pico horario).
(F_{cb})	Ancho de carril y berma	Carriles estrechos y bermas reducidas afectan más la velocidad que la capacidad, reduciendo el nivel de servicio.
(F_p)	Presencia de vehículos pesados	Vehículos pesados reducen la velocidad media de la corriente vehicular y aumentan la formación de pelotones.
Tortuosidad y radio de curvatura		La cantidad y severidad de curvas afecta la velocidad media de recorrido. Se mide la tortuosidad en lugar de solo considerar la curva más cerrada del tramo.
Zonas de no rebase		A mayor porcentaje de zonas sin posibilidad de adelantamiento, menor será la fluidez del tránsito.
Interacción vehicular		Con bajos volúmenes, los conductores pueden circular a la velocidad deseada. Con altos volúmenes, los adelantamientos son más difíciles y se forman pelotones, reduciendo la velocidad media.

Fuente: Creación propia

Los valores resultantes se comparan con la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para asignar un nivel de servicio de A (mejor) a F (peor).

Tabla N°14 Niveles de servicio

Nivel de servicio	Características
A	Flujo libre, sin restricciones de velocidad ni maniobras.
B	Flujo estable con ligeras restricciones en velocidad y adelantamientos.
C	Flujo estable con mayor interferencia y necesidad de adelantamientos frecuentes.
D	Flujo restringido, maniobras difíciles y reducción del confort.
E	Tránsito a capacidad máxima, muy pocas oportunidades de adelantamiento.
F	Congestión severa, flujo irregular con detenciones frecuentes.

Fuente: Creación propia

3.3.2 Materiales e Instrumentos

Para la recopilación de información en esta investigación, se emplearon los siguientes instrumentos:

Encuesta

Se diseñó y aplicó un cuestionario estructurado con 10 preguntas dirigidas a los usuarios de la Av. Bolívar Madero Vargas, entre Gral. Páez y 3ra Norte. La encuesta abordó aspectos como el tipo de transporte utilizado, percepción sobre la infraestructura vial, señalización, congestión vehicular y posibles soluciones para mejorar el flujo del tránsito. Las respuestas fueron de opción múltiple, utilizando escalas de valoración como "De acuerdo", "En desacuerdo" y "Tal vez", así como preguntas sobre la frecuencia y calidad del tránsito en la zona de estudio.

Ficha de Observación

Se utilizó una ficha de observación diseñada para evaluar variables clave del estado de la vía y su impacto en la movilidad. Esta ficha permitió registrar información sobre:

- Factores ambientales: presencia de lluvia, sol y viento con su nivel de intensidad.

- Semáforos: estado, visibilidad, tiempos de luz roja, amarilla y verde, y operación manual.
- Señalización: existencia y estado de señales como límites de velocidad, prohibición de estacionamiento y paradas de buses.
- Control de seguridad: presencia y eficiencia de funcionarios viales y policías en la zona.
- Tránsito vehicular: tipo y flujo de vehículos en semáforos, impacto en la movilidad y respeto de normas de tránsito.
- Estado y tipo del terreno: características de la calzada, como pavimentación, pendiente y ancho de carril.
- Características geométricas y de tránsito: distribución de vehículos por sentido, volumen horario y capacidad en condiciones ideales.

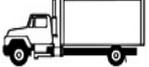
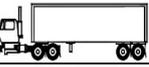
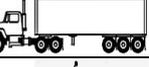
Ambos instrumentos fueron fundamentales para obtener datos cuantitativos y cualitativos sobre la problemática del tránsito en la zona de estudio, permitiendo un análisis detallado de sus condiciones y posibles mejoras.

3.4 Técnicas para el Procedimiento de los Datos Obtenidos

3.4.1 Inspección Visual

Consiste en la observación directa del flujo de tránsito con el objetivo de recopilar información sobre el volumen, la composición y el comportamiento de los vehículos en el tramo de análisis de la vía. Durante esta inspección, se registran aspectos como la cantidad de vehículos que circulan en un periodo determinado, tipos de vehículos, patrones de circulación o condiciones de la vía. Esta observación se realiza de manera sistemática mediante un conteo manual utilizando una tabla de Excel como se muestra a continuación en la Tabla N°15:

Tabla N°15 Modelo para realizar el conteo vehicular

Hora de aforo		7 a 8	8 a 9	9 a 10	10 a 11	11 a 12	12 a 13	13 a 14	14 a 15	15 a 16	16 a 17	17 a 18
Tipo	Descripcion											
Autos												
Camionetas												
Taxis												
Autobus												
Busetas												
C-2p (Camiones pequeños de dos ejes)												
C-2G (Camiones grandes de dos ejes)												
C-3-4 (Camiones de 3 ejes)												
C5 (Camiones de 5 ejes)												
C6 (Camiones de mas de 5 ejes)												
Motocicletas												
Otros												
Total por segmentos de 15 min												
Total por hora												

Fuente: Creación propia

3.4.2 Procedimiento para el Cálculo de la Capacidad

El valor C_i de la capacidad en condiciones ideales, equivalente a 3200 automóviles por hora en ambos sentidos, se ajusta mediante la aplicación de diversos factores de corrección. Este proceso permite convertir dicha capacidad en una medida adecuada para las condiciones específicas analizadas, expresada en vehículos de todos los tipos por hora. Los pasos a seguir son los siguientes:

$$C_i = 3200 \text{ autos/hora/ambos sentidos}$$

Seleccionar el factor de corrección por pendiente F_{pe} de la Tabla N°16, tomando en cuenta la pendiente correspondiente en la dirección ascendente.

Tabla N°16 Factores de corrección a la capacidad por pendiente (F_{pe})

Pendiente	Longitud de la pendiente (Km)											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
0	1,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
2	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
3	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
4	0,98	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
5	0,98	0,95	0,94	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91
6	0,97	0,95	0,92	0,91	0,91	0,9	0,9	0,9	0,89	0,89	0,89	0,89
7	0,96	0,93	0,91	0,89	0,89	0,87	0,87	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86
8	0,96	0,92	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
9	0,94	0,89	0,85	0,83	0,82	0,81	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
10	0,92	0,85	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74
11	0,9	0,81	0,76	0,73	0,72	0,71	0,7	0,69	0,69	0,68	0,68	0,68
12	0,87	0,76	0,71	0,68	0,67	0,64	0,64	0,63	0,63	0,61	0,61	0,61

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Elegir el factor de corrección por la distribución de sentidos (F_d) de la Tabla N°17, teniendo en cuenta el porcentaje de áreas de no rebase y la distribución del tráfico en cada trayectoria. En caso de no contar con información sobre el porcentaje de zonas de no rebase, se pueden utilizar las siguientes indicaciones.

Tabla N°17 Factores de corrección a la capacidad por pendiente (F_d)

Tipo de terreno	zonas de no rebase %
Plano	0 - 20
Ondulado	20 - 40
Montañoso y Escarpado	40 - 100

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Elegir el factor de corrección por ancho de carril y berma (F_{cb}) de la Tabla N°18, teniendo en cuenta el ancho de uso de ambos carriles, el de la berma y el del carril.

Tabla N°18 Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (F_{cb})

Ancho de carril				
Berma	3,65	3,5	3,3	3
1,8	1	0,99	0,98	0,96
1,5	0,99	0,99	0,98	0,95
1,2	0,99	0,98	0,97	0,95

1	0,99	0,98	0,97	0,94
0,5	0,98	0,97	0,96	0,93
0	0,97	0,96	0,95	0,92

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Calcular el factor de corrección debido a la existencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (F_p) de la Tabla N°19, considerando la pendiente ascendente, su longitud y el porcentaje de vehículos de gran peso. (camiones y buses).

Tabla N°19 Factores de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (E_c)

Equivalentes camión factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (E_c)							
Pendiente ascendente %	Longitud de la pendiente (km)	Porcentaje de vehículos pesados (camiones + buses)					
		10	20	30	40	50	60
0	0,5	1,53	1,56	1,5	1,48	1,47	1,74
0	1	1,53	1,56	1,5	1,48	1,47	1,74
0	1,5	1,53	1,56	1,5	1,48	1,47	1,74
0	2	1,53	1,56	1,5	1,48	1,47	1,74
0	3	1,53	1,56	1,5	1,48	1,47	1,74
0	4	1,53	1,56	1,5	1,48	1,47	1,74
0	5	1,53	1,56	1,5	1,48	1,47	1,74

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Multiplicar el valor de C_i (3200 autos/hora/ambos sentidos) por los factores de corrección previamente determinados para obtener la capacidad (C_{60}). Este resultado representa el volumen máximo de tráfico mixto (vehículos livianos y pesados) que puede circular durante la hora pico sin generar congestión, asumiendo que no existen variaciones aleatorias en dicho volumen.

$$C_{60} = 3200 * F_{pe} * F_d * F_{cb} * F_p$$

Ecuación 1

Donde:

C_{60} = Capacidad en vehículos mixtos por hora sin considerar variaciones aleatorias

F_{pe} = Factor de corrección a la capacidad por pendiente

F_d = Factor de corrección a la capacidad de distribución por sentidos

F_{cb} = Factor de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma

F_p = Factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes

El valor faltante F_p deberá ser calculado de la siguiente manera:

$$F_p = \frac{1}{1 - P_c(E_c - 1)}$$

Ecuación 2

De esta ecuación tendremos que calcular el valor de P_c respectivamente:

$$P_c = \%B + \%C$$

Ecuación 3

Donde:

P_c = Sumatoria de porcentaje de buses más camiones

Multiplicar C_{60} por el factor de pico horario (FPH) obtenido de la Tabla N°20 para calcular la capacidad (C_{15}). Este valor representa el volumen máximo de tráfico mixto que debería circular durante la hora pico, garantizando que, en condiciones normales, no se genere congestión en el período de quince minutos con mayor tránsito dentro de esa hora.

Tabla N°20 Factores de hora pico suponiendo llegadas de vehículos aleatorias (FPH)

Volumen horario total Veh/h (C60)	Factor de pico horario	Volumen horario total Veh/h (C60) 2	Factor de pico horario 2
100	0,68	1400	0,89
200	0,7	1600	0,9
300	0,72	1800	0,92
400	0,74	2000	0,93
600	0,78	2200	0,95
800	0,81	2400	0,95
1000	0,84	2600	0,96
1200	0,86	2800	0,97

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

El valor de la capacidad C_5 se obtiene de la siguiente manera:

$$C_{15} = C_{60} * FPH$$

Ecuación 4

Donde:

C_{15} = Capacidad en vehículos mixtos por cuarto de hora

FPH = Factor de hora pico

Una vez obtenidos los dos valores C_{60} y C_{15} correspondientes a la capacidad de la vía, procedemos a calcular el nivel de servicio.

3.4.3 Procedimiento para el Cálculo del Nivel de Servicio

Dado que el principal indicador de efectividad para poder obtener el nivel de servicio es la velocidad media de recorrido del flujo vehicular mixto, también conocida como velocidad media espacial (que incluye tanto vehículos livianos como pesados), el procedimiento inicia con la determinación de dicha velocidad. Para ello, primero se calcula la velocidad de los automóviles en condiciones de flujo libre y cercanas a las ideales, y posteriormente se ajusta este valor para obtener el parámetro requerido, siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

Determinar la velocidad ideal de los automóviles en flujo libre (V_1) utilizando la Tabla N°21, considerando la pendiente ascendente en análisis y su longitud. Este valor se refiere a la velocidad promedio de los coches en circunstancias ideales.

Tabla N°21 Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (V_1)

Longitud de la pendiente (Km)												
Pen. Asc. %	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
0	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
1	86	86	86	86	85	85	85	85	85	85	85	85
2	86	82	81	81	80	80	80	80	80	80	80	80
3	83	79	77	76	75	75	75	75	75	75	75	
4	82	77	74	72	70	70	69	69	69	69	68	68
5	81	74	70	68	66	66	65	65	64	64	64	64
6	80	73	67	65	63	62	61	61	60	60	60	60
7	78	69	63	60	59	56	55	55	54	54	54	54
8	76	66	60	55	54	52	51	51	50	50	49	49
9	70	59	52	49	48	46	44	44	43	43	43	43
10	66	52	46	42	41	40	39	38	38	37	37	37

11	61	46	39	38	35	34	33	31	31	30	30	30
12	55	39	34	30	29	27	27	26	26	25	25	25

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Calcular el factor de corrección por el efecto del factor de utilización (F_u) utilizando la Tabla N°22, considerando la relación entre Volumen y Capacidad. Ambas variables corresponden a un período de sesenta minutos, y el volumen se denota con el símbolo Q.

Tabla N°22 Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la utilización de la capacidad (F_u).

Relación Volumen-Capacidad Q/C60	Factor de corrección fu
0,1	0,99
0,2	0,98
0,3	0,96
0,4	0,92
0,5	0,87
0,6	0,82
0,7	0,75
0,8	0,68
0,9	0,59
1	0,5

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Siendo el Factor de utilización $\frac{\text{Volumen}}{\text{capacidad}} = \frac{Q}{C_{60}}$

Luego se calcula el factor de corrección por el efecto combinado del ancho de carril y berma (F_{cb}) de la Tabla N°23 con el dato previamente utilizado de la berma y del carril.

Tabla N°23 Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto combinado del ancho de carril y berma (F_{cb})

Ancho de la berma (m)	Ancho de carril (m)				
	3,65	3,5	3,3	3	2,7
1,8	1	0,97	0,93	0,85	0,73
1,5	0,98	0,95	0,91	0,83	0,71
1,2	0,96	0,93	0,89	0,81	0,7
1	0,95	0,92	0,88	0,8	0,69
0,5	0,91	0,88	0,84	0,76	0,66
0	0,88	0,85	0,81	0,73	0,63

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Procedemos a calcular la velocidad V_2

$$V_2 = V_1 * F_u * F_{cb}$$

Ecuación 5

Donde:

V_1 = Velocidad media ideal de autos en flujo libre

F_u = Factor de corrección al nivel de servicio por el efecto de la utilización de la capacidad

F_{cb} = Factor de corrección al nivel de servicio por efecto combinado del ancho de carril y berma

Obtener el valor inicial del factor de corrección por la presencia de vehículos pesados (F_p) utilizando la Tabla N°24, para calcular la equivalencia vehicular de los camiones, considerando la pendiente y su longitud. En este cálculo, solo se tiene en cuenta el porcentaje de camiones.

Tabla N°24 Equivalentes camión para corrección al Nivel de Servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (F_p)

Porcentaje de vehículos pesados (Camiones)												
Tipo de terreno	Longitud de la pendiente (km)	Velocidad de autos (V2) (km/h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano (pendiente longitudinal <3%)	0,5	40	1	1	1,04	1,1	1,12	1,13	1,14	1,13	1,14	1,14
	0,5	50	1	1	1,04	1,1	1,12	1,13	1,14	1,13	1,14	1,14
	0,5	60	1,01	1,16	1,18	1,2	1,21	1,21	1,2	1,19	1,19	1,18
	0,5	70	1,43	1,42	1,36	1,34	1,32	1,3	1,28	1,27	1,26	1,24
	0,5	80	1,86	1,65	1,52	1,46	1,42	1,38	1,36	1,33	1,31	1,3
	0,5	90	2,16	1,8	1,62	1,54	1,49	1,44	1,4	1,37	1,35	1,33

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Se aplica la siguiente ecuación:

$$F_p = \frac{1}{1 + \%C(E_c + 1)}$$

Ecuación 6

Determinar el factor de correlación por tortuosidad del tramo de estudio, seleccionando en la Tabla N°25.

Tabla N°25 Factor de corrección al Nivel de Servicio por efecto de la tortuosidad (*ft*)

Pendiente (%)	Tortuosidad (°/km)	ft
0	<=40	1
<2,5	<110	0,99
<4	<200	0,99
<6	<400	0,98
<8	<800	0,97

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

Una vez que se ha obtenido tal valor, se calcula la velocidad final en el tramo de estudio con la siguiente ecuación:

$$V_m = V_2 * F_p * ft$$

Ecuación 7

Donde:

F_p = Factor de corrección por la presencia de vehículos pesados

F_t = Factor de corrección por tortuosidad del tramo de estudio

Finalmente, se determina el Nivel de Servicio calculando el porcentaje que se perdió con referencia a la velocidad ideal que es 90 km/h, y dependiendo el tipo de terreno se aplica la Tabla N°26.

Tabla N°26 Nivel de Servicio con relación entre $V_m/V_i * 100$

Tipo de terreno	Nivel de Servicio					
	A	B	C	D	E	F
Plano	>92%	92%-80%	80%-69%	69%-58%	58%-47%	<47%
Ondulado	>76%	76%-66%	66%-57%	57%-48%	48%-38%	<38%
Montañoso	>58%	58%-50%	50%-43%	43%-37%	37%-29%	<29%
Escarpado	>40%	40%-34%	34%-30%	30%-26%	26%-20%	<20%

Fuente: Creación propia – Instituto Nacional de Vías 2020

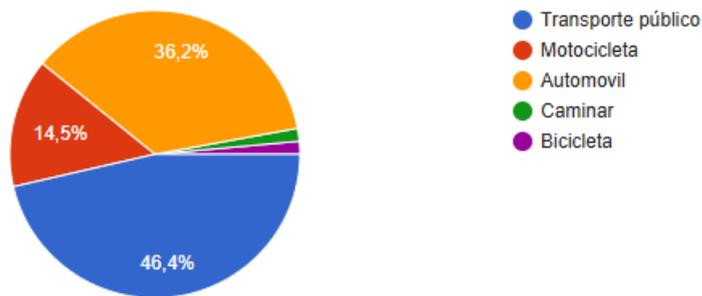
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Encuestas

La encuesta se realizó a través de Google Forms, para la cual se tomaron en consideración personas que habiten o transiten en la vía, la misma que tiene como objetivo recopilar información sobre las opiniones que tienen las personas acerca del congestionamiento y las posibles mejoras que puedan sugerir. A continuación, se muestran los resultados de la encuesta:

Pregunta 1: ¿Qué medio de transporte usa frecuentemente para movilizarse?

69 respuestas

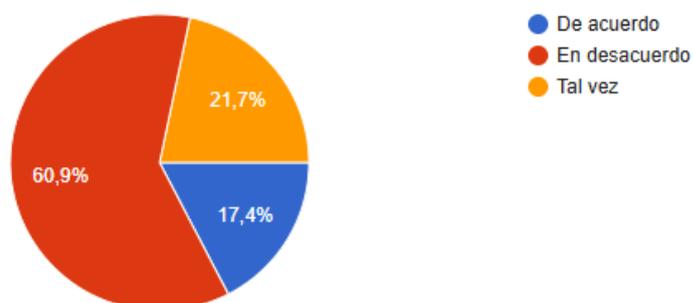


Fuente: Creación propia

En la primera pregunta, se obtuvo como resultado que las personas usan con mayor frecuencia el servicio de transporte público con un 46,4%, seguido de automóvil con 36,2% y en tercer lugar las motocicletas con 14,5%

Pregunta 2: ¿Considera que el número de carriles en la Av. Bolívar Madero Vargas entre Gral. Paez y 5ta Norte es el adecuado?

69 respuestas

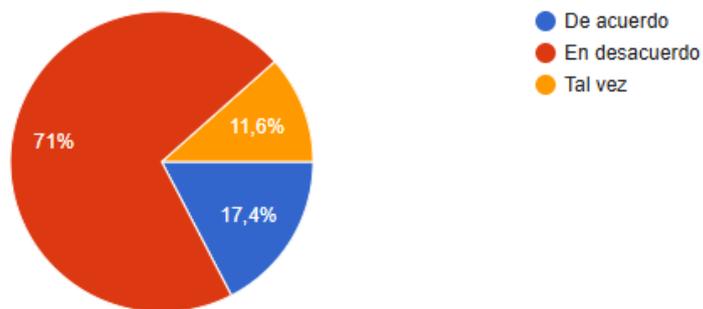


Fuente: Creación propia

En los resultados de la segunda pregunta, con un 60,9%, las personas no están de acuerdo con que el número de carriles sea el adecuado, 21,7% respondieron con tal vez y 17,4% consideran estar de acuerdo.

Pregunta 3: ¿Considera que el ancho de carril es el más óptimo?

69 respuestas

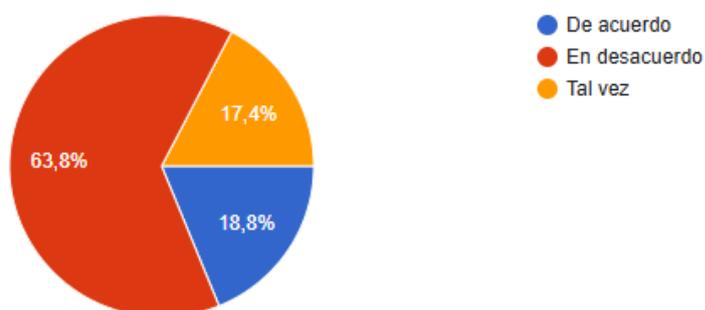


Fuente: Creación propia

En la tercera pregunta se obtuvo un 71% en base a no estar de acuerdo con que el ancho del carril sea el más óptimo para la circulación de los vehículos, 17,4% están de acuerdo y 11,6% tal vez.

Pregunta 4: ¿Considera que las paradas de buses se encuentran posicionadas adecuadamente?

69 respuestas

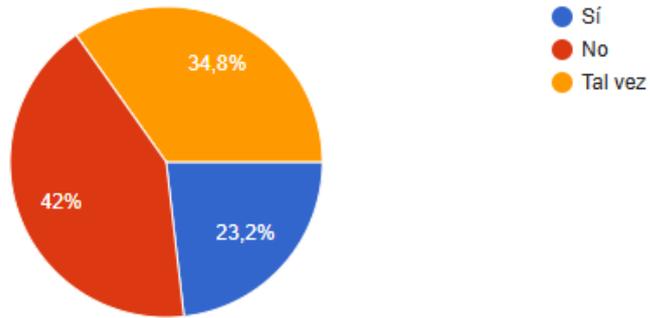


Fuente: Creación propia

Siguiendo con la cuarta pregunta, con un 63,8%, las personas no están de acuerdo con que las paradas del transporte público estén posicionadas adecuadamente, 18,8% están de acuerdo y 17,4% tal vez.

Pregunta 5: ¿Considera que la señalización de la vía es correcta?

69 respuestas

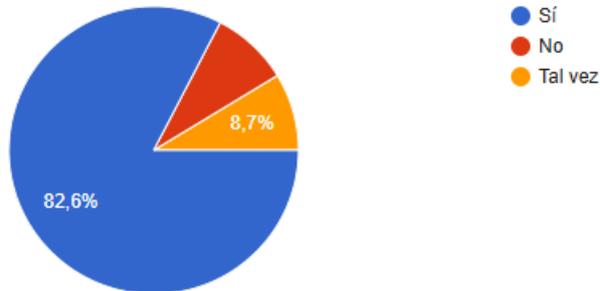


Fuente: Creación propia

Para la pregunta 5, las personas respondieron con si un 42% respecto a que la señalización de la vía no es correcta, mientras que, 34,8% consideran que si y un 23,2% que tal vez.

Pregunta 6: ¿Cree que el mal estacionamiento de los vehículos a lo largo de la vía provoca el congestionamiento?

69 respuestas

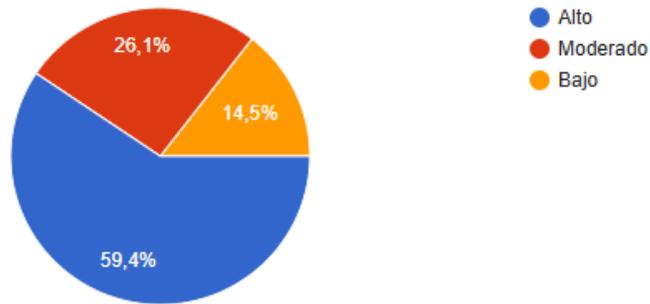


Fuente: Creación propia

Con un 82,6% en la pregunta 6, las personas consideran que el mal estacionamiento si provoca un grado de congestionamiento.

Pregunta 7: ¿Cómo calificaría el nivel de congestión vehicular en la Av. Bolívar Madero Vargas entre Gral. Paez y 5ta Norte?

69 respuestas



Fuente: Creación propia

En la pregunta 7 con un 59,4% se evidencia que las personas consideran que el nivel de congestión es alto, mientras que, para el 26,1% el nivel es moderado y para el 14,5% el nivel es bajo.

Pregunta 8: ¿Cómo describiría las condiciones de congestionamiento vehicular en la Av. Bolívar Madero Vargas?

69 respuestas

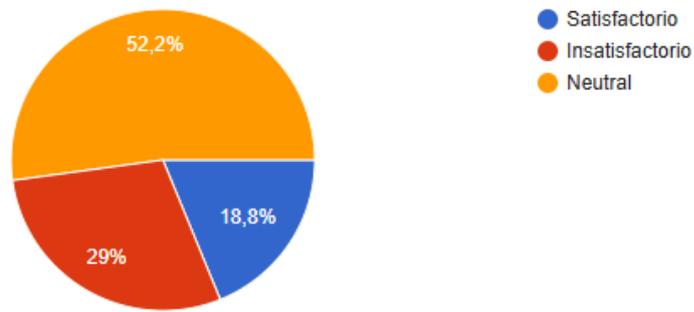


Fuente: Creación propia

En la pregunta 8, las personas describen las condiciones de la vía como congestionada con un 73,9%, siguiendo con un 15,9% como intermitente y 10,1% como libre.

Pregunta 9: ¿Cómo calificaría los tiempos de espera en los semáforos?

69 respuestas



Fuente: Creación propia

En relación a la semaforización se obtuvo un 52,2% considerando como neutral los tiempos de espera en los semáforos, un 29% como insatisfactorio y al 18,8% restante le parece satisfactorio.

Pregunta 10: ¿Qué medida considera más efectiva para mejorar el flujo vehicular en la Av. Bolívar Madero Vargas?

69 respuestas



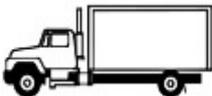
Fuente: Creación propia

Finalmente, en la última pregunta de la encuesta se buscó obtener por parte de la gente una posible sugerencia para mejorar el flujo vehicular, obteniendo como resultado que el 58% considera que se implemente un carril exclusivo para el transporte público, el 17,4% que se restrinja los vehículos pesados, el 13% que mejore la señalización y por último el 11,6% que minimice los tiempos de luz roja en los semáforos.

4.2 Aforos Vehiculares

Se realizó un aforo vehicular teniendo en cuenta los tipos de vehículos que se especifican en la siguiente Tabla N°27:

Tabla N°27 Tipos de vehículos

Tipo	Descripción
Autos	
Camionetas	
Taxis	
Autobús	
Busetas	
C-2p (Camiones pequeños de dos ejes)	
C-2G (Camiones grandes de dos ejes)	
C-3-4 (Camiones de 3 ejes)	
C5 (Camiones de 5 ejes)	
C6 (Camiones de más de 5 ejes)	
Motocicletas	
Otros	Motos eléctricas o tricimotos

Fuente: Creación propia

4.2.1 Volumen diario

Según los datos obtenidos en campo, se muestran los resultados del volumen diario en la siguiente Tabla N°28.

Tabla N°28 Tráfico diario

SEMANA DE AFORO	Tráfico total por día							Total	%
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
Autos	687	656	555	597	607	433	258	3793	35%
Camionetas	119	158	101	133	76	75	84	746	7%

Taxis	96	81	80	81	61	54	47	500	5%
Autobús	237	291	275	234	302	213	150	1702	16%
Busetas	191	210	192	185	179	36	55	1048	10%
C-2p (Camiones pequeños de dos ejes)	65	89	92	95	97	42	62	542	5%
C-2G (Camiones grandes de dos ejes)	50	55	70	89	84	48	43	439	4%
C-3-4 (Camiones de 3 ejes)	42	59	59	71	48	40	48	367	3%
C5 (Camiones de 5 ejes)	27	31	58	49	36	44	39	284	3%
C6 (Camiones de más de 5 ejes)	3	4	30	19	23	41	27	147	1%
Motocicletas	144	83	128	99	64	81	58	657	6%
Otros	102	75	120	66	68	74	48	553	5%
Total	1763	1792	1760	1718	1645	1181	919	10778	100%
%	16%	17%	16%	16%	15%	11%	9%	100%	

Fuente: Creación propia

4.2.2 Volumen máximo en hora pico

Resumiendo, en la Tabla N°29, los valores, así queda la tabla el flujo diario de vehículos en su respectiva hora pico del día

Tabla N°29 Volumen máximo horario

Volumen Máximo Horario		
Día	Lunes	253
Hora	13:00 a 14:00	
Día	Martes	261
Hora	13:00 a 14:00	
Día	Miércoles	252
Hora	13:00 a 14:00	
Día	Jueves	283
Hora	13:00 a 14:00	
Día	Viernes	235
Hora	13:00 a 14:00	

Día	Sábado	169
Hora	13:00 a 14:00	
Día	Domingo	97
Hora	13:00 a 14:00	

Fuente: Creación propia

4.3 Análisis de Resultados

4.3.1 Descripción y argumentación teórica de resultados

En la siguiente Tabla N°30 se muestran los valores obtenidos del cálculo de la capacidad y nivel de servicio que se determinó en la vía.

Tabla N°30 Valores de capacidad

Datos obtenidos	
Factores de corrección a la capacidad por pendiente (F_{pe})	1
Factores de corrección a la capacidad por pendiente (F_d)	0,640
Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado del ancho de carril y berma (F_{cb})	0,963
Factores de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (E_c)	1,478
Factor de corrección a la capacidad por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (F_p)	0,833
El valor C_i de la capacidad en condiciones ideales	3200 (veh/h)
Capacidad en vehículos mixtos por hora sin considerar variaciones aleatorias (C_{60})	1642 (veh/h)
Factores de hora pico suponiendo llegadas de vehículos aleatorias (FPH)	0,904
Capacidad en vehículos mixtos por cuarto de hora C_{15}	1485 (veh/h)

Fuente: Creación propia

Para la obtención de los resultados, seguimos el procedimiento establecido en el manual Invias (HCM 2000). Además, contamos con el apoyo de una hoja electrónica que facilita

el procesamiento de los datos, garantizando precisión y fiabilidad en los cálculos. Cada resultado proviene directamente de la recopilación de información en campo, asegurando un análisis basado en datos reales.

Posteriormente en la Tabla N°31 se obtienen los datos para el nivel de servicio:

Tabla N°31 Valores de Nivel de servicio

Datos obtenidos	
Velocidad media ideal de automóviles a flujo libre en pendientes ascendentes (V_1)	90
Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto de la utilización de la capacidad (F_u).	0,983
Factores de corrección al Nivel de Servicio por el efecto combinado del ancho de carril y berma (F_{cb})	0,854
V_1 = Velocidad media ideal de autos en flujo libre	75,536 (km/h)
Equivalentes camión para corrección al Nivel de Servicio por la presencia de vehículos pesados en pendientes ascendentes (F_p)	0,865
Factor de corrección al Nivel de Servicio por efecto de la tortuosidad (FT)	1
Velocidad media (V_m)	65,304 (km/h)
Porcentaje que se ha perdido con referencia a la velocidad ideal 90 km/h	72,5%

Fuente: Creación propia

El análisis realizado en esta investigación determinó que la vía en estudio presenta un Nivel de Servicio C, lo que indica un flujo de tránsito estable, aunque con interacciones más frecuentes entre los vehículos. En este nivel, los conductores aún tienen un grado aceptable de comodidad y maniobrabilidad, pero comienzan a notar restricciones en su libertad de movimiento debido al aumento del volumen vehicular. Si bien la capacidad de la vía no se encuentra en una condición crítica, es importante monitorear su evolución, ya que un incremento en la demanda o la presencia de factores externos podrían deteriorar su desempeño, acercándola a niveles de servicio menos eficientes.

CONCLUSIONES

- A lo largo de esta investigación, se llevó a cabo un estudio exhaustivo de la movilidad urbana, fundamentado en la revisión de fuentes bibliográficas y manuales técnicos especializados, lo que permitió una evaluación integral de la vía en estudio. Mediante el análisis de estos documentos, se establecieron los parámetros clave para diagnosticar el desempeño vial, identificando su Nivel de Servicio, las condiciones de flujo vehicular y los factores que influyen en su operación.

Los resultados obtenidos reflejan la importancia de aplicar metodologías estandarizadas para la evaluación de la infraestructura vial, ya que proporcionan datos objetivos para la toma de decisiones en planificación, optimización y mejora del sistema de transporte urbano. Este estudio no solo contribuye a la comprensión del comportamiento del tránsito en la vía analizada, sino que también sienta las bases para futuras intervenciones orientadas a mejorar la movilidad y la eficiencia del sistema vial.

- Los resultados de las encuestas reflejan que el 73,9% de los encuestados percibe la vía como congestionada, mientras que el 15,9% la califica como intermitente y el 10,1% como libre. En cuanto a propuestas de mejora, el 58% sugiere la implementación de un carril exclusivo para transporte público, el 17,4% aboga por restricciones a vehículos pesados, el 13% recomienda optimizar la señalización y el 11,6% propone la reducción de los tiempos de luz roja en los semáforos. Este estudio proporciona una base sólida para la implementación de medidas correctivas y proyectos de optimización, con el objetivo de mejorar la movilidad y la calidad del servicio vial, garantizando una infraestructura más eficiente y segura para todos los usuarios.
- A partir del análisis realizado mediante la metodología INVIAS (HCM), se determinó que la vía en estudio presenta un Nivel de Servicio C, lo que indica un flujo vehicular estable con interacciones moderadas entre los usuarios, con una velocidad media de 65 km/h. La aplicación de esta metodología permitió cuantificar de manera objetiva la capacidad de la vía, evaluando su desempeño en función de factores como el volumen de tránsito, la composición vehicular y las condiciones geométricas. Si bien la vía ya tiene un estudio previo, este nuevo

hallazgo demostró que, en el tramo de vía analizado, tiene de 58% de autos, un 16% de bus y un 26% de camiones.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda un monitoreo continuo del desempeño vial aplicando otros métodos que evalúen no solo la capacidad o nivel de servicio, si no también sus propiedades geométricas puesto que la vía consta de un solo carril y es muy propensa a congestionarse, además es fundamental realizar un seguimiento periódico de los volúmenes de tráfico y la capacidad de la vía mediante estudios de aforo y análisis de demanda, con el fin de identificar tendencias de crecimiento y prever posibles deterioros en el Nivel de Servicio.
- De acuerdo con la encuesta realizada, los usuarios sugieren la priorización del transporte público y modos sostenibles considerando la sensibilidad del Nivel de Servicio C a incrementos en la demanda vehicular, se sugiere la implementación de medidas que fomenten el uso de transporte público, ciclovías o sistemas de movilidad compartida, con el fin de disminuir la carga vehicular y mejorar la eficiencia del corredor vial.
- Se recomienda evaluar la posibilidad de ampliaciones de carril, mejoramiento de bermas y adecuaciones geométricas, con base en los parámetros obtenidos de capacidad y flujo vehicular, para garantizar un desempeño óptimo a mediano y largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abata, K., Artega, F., & Delgado, ; Daniel. (2022). ANALYSIS OF VEHICLE CONGESTION AT DIFFERENT INTERSECTIONS IN THE CITY OF PORTOVIEJO, ECUADOR. *RIEMAT*. <https://doi.org/10.33936/riemat.v7i1.4836>
- Afrin, T., & Yodo, N. (2020). A survey of road traffic congestion measures towards a sustainable and resilient transportation system. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(11). <https://doi.org/10.3390/su12114660>
- Ahmed, A., Sadullah, A. F. M., & Yahya, A. S. (2021). Analysis of the effect of directional traffic volume and mix on road traffic crashes at three-legged unsignalized intersections. *Transportation Engineering*, *3*. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2021.100052>
- Alvarenga-Rodríguez, J. M. (2020). Estudio comparativo entre la velocidad y la densidad en modelos macroscópicos del tráfico vehicular incorporando la variable espacial en la velocidad. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, *28*(1), 125–142. <https://doi.org/10.15517/rmta.v28i1.41890>
- Anupriya, Bansal, P., & Graham, D. J. (2023). Congestion in cities: Can road capacity expansions provide a solution? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *174*. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103726>
- Baskan, O., Ceylan, H., & Ozan, C. (2019). A Simultaneous Solution for Reserve Capacity Maximization and Delay Minimization Problems in Signalized Road Networks. *Journal of Advanced Transportation*, *2019*. <https://doi.org/10.1155/2019/6203137>
- Boon, M., Janssen, G., van Leeuwen, J., & Timmerman, R. (2023). Optimal capacity allocation for heavy-traffic fixed-cycle traffic-light queues and intersections. *Transportation Research Part B: Methodological*, *167*, 79–98. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2022.11.010>
- Carpio, F., Avilés, J., & Morillo, D. (2018). Determinación de capacidad de carreteras en Cuenca (Ecuador) y comparación con el manual de capacidad HCM. *MASKANA*, *9*(1), 115–124. <https://doi.org/10.18537/mskn.09.01.11>

- Feng, X., Zhang, Y., Qian, S., & Sun, L. (2021). The traffic capacity variation of urban road network due to the policy of unblocking community. *Complexity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9292389>
- Fiedler, D., Cap, M., & Certicky, M. (2017). Impact of mobility-on-demand on traffic congestion: Simulation-based study. *2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2017.8317830>
- Gomes, A. D. N., Araújo, E., Souza, O. M., & Garo Júnior, W. R. (2019). Urban mobility: service level and demand forecast study on a road in the city of São Paulo. *Independent Journal of Management & Production*, 10(4), 1341. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v10i4.1000>
- Grzebieta, R., Czapski, R., Burlacu, F. A., Sakashita, C., Soames Job, R. F., & Burlacu, A. (2020). Adopting Recommendations of a Road Safety Management Capacity Review: addressing a tragic decade of road safety in Romania. *Journal of Road Safety*, 31. <https://doi.org/10.33492/JRS-D-20-00259>
- Guntur S, Nor H, & Yayan A. (2021). Performance Analysis Of Roads Using The Indonesian Road Capacity Manual Method (MKJI) 1997 On The Jepara-Kudus Road Km 11 To Km 15. *Jurnal Civil Engineering Study*, 1(01), 19–25. <https://doi.org/10.34001/CES.01012021.4>
- INEC. (2010). *INEC*. <https://Www.Ecuadorencifras.Gob.Ec/Base-de-Datos-Censo-de-Poblacion-y-Vivienda-2010/>.
- Ji, K., & Ma, J. (2021). A modified network-wide road capacity reliability analysis model for improving transportation sustainability. *Algorithms*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.3390/a14010007>
- Medvediev, I., & Soroka, S. (2020). The road network traffic capacity taking into account public transport stops layout method. *Transport Technologies*, 2020(2), 13–22. <https://doi.org/10.23939/tt2020.02.013>
- National Research Council. (2000). *Highway capacity manual*. Transportation Research Board, National Research Council.

- Ordóñez Criollo Kiara Lisseth, & Campuzano Vera Fresia Luisana. (2022). *Metodología para la evaluación de vías urbanas que garanticen la fluidez y seguridad de circulación en ciudades de hasta 300000 habitantes*. [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/20663>
- Park, J. E., Byun, W., Kim, Y., Ahn, H., & Shin, D. K. (2021). The Impact of Automated Vehicles on Traffic Flow and Road Capacity on Urban Road Networks. *Journal of Advanced Transportation*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/8404951>
- Pavón Peñafiel Miguel José, Sánchez Mendieta Carlos Eugenio, & Medina Sánchez Yudy Patricia. (2023). Análisis De La Capacidad Vial Y Nivel De Servicio De Las Vías De Ingreso De La Ciudad De Machala. *Revista Ciencia y Construcción*, 3(4).
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. (2022). *PDOT*.
- Qian, X., Xue, J., & Ukkusuri, S. V. (2020). Demand-Adaptive Route Planning and Scheduling for Urban Hub-based High-Capacity Mobility-on-Demand Services. *ArXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2008.10855>
- Shepelev, V., Aliukov, S., Nikolskaya, K., & Shabiev, S. (2020). The capacity of the road network: Data collection and statistical analysis of traffic characteristics. *Energies*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/en13071765>
- Shepelev, V., Glushkov, A., Gritsenko, A., Nevolin, D., & Vorobyev, A. (2022). Assessing the Traffic Capacity of Urban Road Intersections. *Frontiers in Built Environment*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.968846>
- Shirmohammadi, H., Mardani, E., Emdadian Ghane, M., & Hasheminezhad, A. (2018). Simulating the Effects of Type and Spacing of Traffic Calming Measures on Urban Road Capacity. *International Journal of Transportation Engineering*, 6(1). <https://doi.org/10.22119/IJTE.2017.50736>
- Srivastava, K., & Kumar, A. (2023). Critical Analysis of Road Side Friction on an Urban Arterial Road. *Technology & Applied Science Research*, 13(2), 10261–10269. <https://doi.org/10.48084/etasr.5603>

- Stojković, M., & Vidas, M. (2022). Modern procedures for capacity and Level of Service analysis of two-lane roads. *Journal of Road and Traffic Engineering* , 68(1). <https://doi.org/10.31075/pis.68.01.04>
- Tătar, A. M. (2023). Analysing the Capacity of the Urban Road Transport Network Using a Dynamic Assignment Model in the Bistrița - Târgu Mureș Geographical Axis. *Studia Universitatis Babeș-Bolyai Geographia*, 68(2), 83–94. <https://doi.org/10.24193/subbgeogr.2023.2.05>
- Tennøy, A., & Hagen, O. H. (2021). Urban main road capacity reduction: Adaptations, effects and consequences. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102848>
- Vujadinović, R., Jovanović, J. Š., Plevnik, A., Mladenović, L., & Rye, T. (2021). Key challenges in the status analysis for the sustainable urban mobility plan in podgorica, montenegro. *Sustainability (Switzerland)*, 13(3), 1–28. <https://doi.org/10.3390/su13031037>
- Yu, Q., Wu, L., Zhang, H., Lei, L., & Wang, L. (2023). The Impact of Automated Vehicles on Road and Intersection Capacity. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/app13085073>
- Zhezherun, D. (2021). TRAFFIC FORECASTING ON THE CITY ROAD NETWORK TAKING INTO ACCOUNT THE CAPACITY LIMIT. *Three Seas Economic Journal*, 2(2), 27–33. <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2021-2-5>

Anexo 1: Modelo de encuesta

ENCUESTA			
TRAMO DE LA AV. BOLIVAR MADERO VARGAS ENTRE GRAL. PAEZ Y 3RA NORTE			
APLICADORE DE ENCUESTA RONNY WAGNER CRUZ GUAYCHA		NOMBRE DE ENCUESTADO	
Condiciones de la vía			
1 ¿Qué medio de transporte usa frecuentemente para movilizarse?			
Transporte público	Motocicleta	Automóvil	Otro
2 ¿Considera que el número de carriles en el tramo de la vía es el adecuado?			
De acuerdo	En desacuerdo	Tal vez	
3 ¿Considera que el ancho del carril es el más óptimo?			
De acuerdo	En desacuerdo	Tal vez	
4 ¿Considera que las paradas de buses se encuentran posicionadas adecuadamente?			
De acuerdo	En desacuerdo	Tal vez	
5 ¿Considera que la señalización de la vía es la correcta?			
Si	No	Tal vez	
6 ¿Cree que el mal estacionamiento de los vehículos a lo largo de la vía provoca el congestionamiento?			
Si	No	Tal vez	
7 ¿Cómo calificaría el nivel de congestión vehicular en la Av. Bolívar Madero Vargas entre Gral. Paez y 3ra Norte?			
Alto	Moderado	Bajo	
8 ¿Cómo describiría las condiciones de congestionamiento vehicular en la Av. Bolívar Madero Vargas?			
Libre	Congestionado	Intermitente	
9 ¿Cómo calificaría los tiempos de espera en los semáforos?			
Satisfactorio	Insatisfactorio	Neutral	
10 ¿Qué medida considera más efectiva para mejorar el flujo vehicular en la Av. Bolívar Madero Vargas?			
Minimizar los tiempos de luz roja en los semáforos		Restringir el paso de vehículos pesados	
Implementar un carril exclusivo para el transporte público		Mejorar la señalización	
OBSERVACIONES:			

Anexo 2: Modelo de ficha de observación

FICHA DE OBSERVACIÓN							
TRAMO DE LA AV. BOLIVAR MADERO VARGAS ENTRE GRAL. PAEZ Y 3RA NORTE							
APLICADOR RONNY WAGNER CRUZ GUAYCHA				FECHA DE OBSERVACIÓN <i>Enero de 2025</i>			
DETALLES POR VARIABLES							
1 VARIABLE: FACTORES AMBIENTALES							
Factores	Si	No	Niveles de Intensidad				
			Poco intenso	Intenso	Muy intenso		
Lluvia		<input checked="" type="checkbox"/>					
Sol	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>		
Vientos		<input checked="" type="checkbox"/>					
2 VARIABLE: SEMÁFOROS							
Estado		Visibilidad de semáforo		Visibilidad de colores del semáforo			
Bueno	Malo	Bueno	Malo	Normal	Mínima		
<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
Tiempo (segundos)	Operación manual						
	Luz roja		28				
	Luz Amarilla		5				
	Luz verde		31				
3 VARIABLE: SEÑALIZACIONES							
Señalización	No existen	Estado		Visibilidad			
		Bueno	Malo	Normal	Mínima		
Velocidad máxima	<input checked="" type="checkbox"/>						
No estacionar	<input checked="" type="checkbox"/>						
Parada de bus	<input checked="" type="checkbox"/>						
Bicicletas	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
4 VARIABLE: CONTROL DE SEGURIDAD							
Control		Funcionarios viales		Policías			
Calle con semáforo	Eficiente y apropiado						
	Ineficiente o inadecuado	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
		Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres		
5 VARIABLE: VEHÍCULOS							
Vehículos en movimiento		Tipo de Vehículo					
Semáforo en rojo	Cruzan	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
	No cruzan						
Semáforo en verde	Cruzan	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
	No cruzan						
		Automóvil	Buses	Motos	Pesados		

Vehículos estacionados	Tipo de Vehículo			
	Automóvil	Buses	Motos	Pesados
Perjudican	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
No perjudican	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6 VARIABLE: CONDUCTORES

Conductores	Tipo de Vehículo			
	Automóvil	Buses	Motos	Pesados
Respetan Parada	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
No respetan Parada	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7 VARIABLE: ESTADO DEL TERRENO

	Estado del terreno			
	Adoquinado	Asfaltado	Tierra	Empedrado
Calle	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Avenida	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8 VARIABLE: TIPO DE TERRENO

	Tipo de terreno			
	Ondulado	Plano	Montañoso	Escarpado
Calle	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Avenida	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9 VARIABLE: CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA

Principales características			
Longitud (km)	0,92	Pendiente %	0
Ancho de carril (m)	3,4	Zonas de no rebase %	0
Ancho de Berma (m)	0,4	Curvatura Horizontal	0

10 VARIABLE: CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO

Información del tránsito			
Distribución por sentido	100 %	Automóviles %	58 %
Volumen Horario	283 Veh/h	Buses %	16 %
Capacidad en condiciones ideales	3200	Camiones %	26 %
		Pesados	42 %

OBSERVACIONES:

Los siguientes datos para los cálculos se los toma de las tablas del manual Inviás.

ANEXOS

Anexo 3: Resultados de la encuesta

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Marca temporal	¿Qué medio de transporte usa frecuentem	¿Considera que el número de carriles en la	¿Considera que el ancho de carril es el má	¿Considera que las paradas de buses se	¿Considera que la señalización de la vía es	¿Cree que el mal estacionamiento de los ve	¿Cómo calificaría el nivel de congestión
2	1/13/2025 22:05:26	Transporte público	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	No	No	Bajo
3	1/13/2025 22:08:01	Transporte público	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Tal vez	Sí	Alto
4	1/13/2025 22:08:36	Transporte público	En desacuerdo	Tal vez	En desacuerdo	Sí	Sí	Alto
5	1/13/2025 22:09:27	Transporte público	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Tal vez	Sí	Alto
6	1/13/2025 22:09:55	Motocicleta	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	No	Sí	Bajo
7	1/13/2025 22:11:09	Transporte público	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Tal vez	Sí	Alto
8	1/13/2025 22:11:17	Automovil	Tal vez	Tal vez	En desacuerdo	No	Tal vez	Bajo
9	1/13/2025 22:11:56	Automovil	Tal vez	De acuerdo	En desacuerdo	Sí	Sí	Moderado
10	1/13/2025 22:12:14	Transporte público	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	Sí	Sí	Alto
11	1/13/2025 22:12:34	Motocicleta	En desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Sí	No	Bajo
12	1/13/2025 22:13:11	Motocicleta	Tal vez	Tal vez	De acuerdo	No	Tal vez	Alto
13	1/13/2025 22:13:34	Automovil	En desacuerdo	En desacuerdo	Tal vez	Tal vez	Sí	Alto
14	1/13/2025 22:14:43	Bicicleta	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Tal vez	Tal vez	Alto
15	1/13/2025 22:15:51	Transporte público	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Tal vez	Sí	Alto
16	1/13/2025 22:17:24	Transporte público	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Tal vez	Sí	Alto
17	1/13/2025 22:17:47	Transporte público	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Tal vez	Sí	Alto
18	1/13/2025 22:18:27	Automovil	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Tal vez	Sí	Alto
19	1/13/2025 22:18:58	Transporte público	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Tal vez	Sí	Alto
20	1/13/2025 22:19:23	Transporte público	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Tal vez	Sí	Alto
21	1/13/2025 22:19:55	Automovil	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	Tal vez	Sí	Alto
22	1/13/2025 22:20:19	Transporte público	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	No	Sí	Alto
23	1/13/2025 22:21:16	Automovil	De acuerdo	De acuerdo	Tal vez	No	Sí	Moderado
24	1/13/2025 22:22:03	Automovil	En desacuerdo	De acuerdo	Tal vez	No	Tal vez	Alto
25	1/13/2025 22:22:50	Transporte público	De acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	No	Sí	Bajo
26	1/13/2025 22:23:19	Transporte público	Tal vez	De acuerdo	Tal vez	Sí	Tal vez	Bajo
27	1/13/2025 22:23:27	Automovil	Tal vez	Tal vez	De acuerdo	Tal vez	Sí	Moderado
28	1/13/2025 22:23:41	Transporte público	De acuerdo	Tal vez	En desacuerdo	Tal vez	Sí	Bajo
29	1/13/2025 22:24:10	Transporte público	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	No	Sí	Alto
30	1/13/2025 22:24:14	Motocicleta	En desacuerdo	Tal vez	De acuerdo	Sí	No	Bajo
31	1/13/2025 22:25:05	Automovil	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	No	Sí	Alto
32	1/13/2025 22:26:01	Transporte público	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	No	Sí	Alto
33	1/13/2025 22:26:02	Motocicleta	En desacuerdo	De acuerdo	Tal vez	Tal vez	Sí	Moderado
34	1/13/2025 22:26:04	Automovil	En desacuerdo	En desacuerdo	En desacuerdo	No	Sí	Alto

Anexo 4: Datos de entrada para el cálculo en Excel

Calculo de la Capacidad			
Tramo de estudio	Av. Bolívar Madero Vargas entre Gral. Paez y 5ta Norte		
Características de La Via			
Ancho de la Berma (m)	0,4	Pendiente %	0
Ancho del Carril (m)	3,4	Longitud (km)	0,92
Tipo de Terreno	Plano		
Características de transito			
distribución por sentido %	100	Automoviles %	58%
Porcentaje de zona de no rebase %	0	Buses %	16%
Volumen horario total ambos sentidos (Q)	283	Camiones %	26%
capacidad en condiciones ideales (Ci)	3200	Pesados %	42%

Fpe	1	Pc	42
Fd	0,64	Fp	0,83
Fcb	0,963		
Ec	1,478	C60	1636,94592 Veh/h
FPH	0,904	C5	1479,79911 Veh/h
		volumen mixto máximo que debe circular durante la hora pico	

Fp	0,83
Ft	0,99
Vm	62,0822123

Anexo 5: Macro en Excel para el cálculo del nivel de servicio

CARRETERAS DE DOS CARRILES
DETERMINACION DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Tramo:	Bolivar entre paez y 5ta norte	Sector:	Puerto Bolivar
Sector:	Parque de la Madre	Tipo de Sector:	Típico
Nombre:	Ejemplo 1		
Calculó:	Ronny Cruz	Revisó:	
		Fecha:	

1. INFORMACION INICIAL

Información Geométrica		Información de Tránsito	
Pendiente (%)	0,00	Distribución Direccional (%)	100
Longitud (km)	0,92	Autos (%)	58
Ancho de Carril (m)	3,40	Buses (%)	16
Ancho de Berma (m)	0,40	Camiones (%)	26
Curvatura Horizontal (o/Km)	0,00	Volumen Ambos Sentidos Q (veh/h)	283
Zonas de No Rebase (%)	0,00	Tasa de crecimiento anual (%)	0

2. CALCULO DE LA CAPACIDAD (C₆₀ y C₅)

						Ec Tabla 4				
						1,478				
F _{pe} Tabla 1	x	F _d Tabla 2	x	F _{cb} Tabla 3	x	F _p	x	C _i (veh/h)	=	C ₆₀ (veh/h)
1,000	x	0,640	x	0,963	x	0,833	x	3200	=	1642
						C ₆₀ (veh/h)	x	FPH Tabla 5	=	C ₅
						1642	x	0,904	=	1485

Año	Q (veh/h)	Q/C ₆₀	Q/C ₅	Velocidad Promedio, km/h	Nivel de Servicio
0	283	0,17	0,19	65,304	C
5	283	0,17	0,19	65,304	C
10	283	0,17	0,19	65,304	C
20	283	0,17	0,19	65,304	C
30	283	0,17	0,19	65,304	C

3. CALCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

V _i Tabla 6	x	F _u Tabla 7	x	F _{cb} Tabla 8	=	V ₁ (km/h)	Tipo de Terreno		
90,000	x	0,983	x	0,854	=	75,536	PLANO		
V ₁ (km/h)	x	E _c Tabla 9	x	F _p	x	F _t Tabla 10	=	V ₂ (km/h)	V ₂ /V ₁ *100
75,536	x	1,603	x	0,865	x	1,000	=	65,304	72,6
						Velocidad Promedio (Km/h)	Nivel de Servicio (Tabla 11)		
						65,30	C		

Anexo 6: Realizando el conteo vehicular



Anexo 7: Observando el flujo vehicular



Anexo 8: Realizando la encuesta a los usuarios



Anexo 9: Llenando la ficha de observación



Anexo 10: Automóviles que no respetan los semáforos



Anexo 11: Recopilando información geométrica de la vía



Anexo 12: Realizando las mediciones del carril



Anexo 13: Buses parando donde no hay señalética



Anexo 14: Aforo vehicular Dia 1

LUNES 13 de Enero de 2025		6:00 a 7:00				7:00 a 8:00				8:00 a 9:00				9:00 a 10:00				10:00 a 11:00				11:00 a 12:00				12:00 a 13:00				13:00 a 14:00				14:00 a 15:00				15:00 a 16:00				16:00 a 17:00				17:00 a 18:00				TOTAL	
Horas de aforo	Descripción	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	TOTAL	
Autos		6	5	5	6	10	15	11	20	21	17	16	15	11	10	11	9	9	9	9	10	11	15	13	14	15	17	20	16	21	25	30	27	20	18	16	14	12	14	10	11	12	15	9	11	12	13	16	19	687	
Camionetas		0	3	0	4	7	9	6	5	2	1	0	2	3	0	2	1	0	2	1	0	1	2	1	0	2	4	3	6	8	3	5	2	2	1	3	5	0	0	2	4	2	3	5	0	0	2	3	2	119	
Taxis		0	1	1	2	1	3	2	2	1	1	0	3	1	0	0	2	1	4	2	2	1	1	2	4	5	6	5	7	5	3	2	1	1	0	1	3	5	0	1	1	2	0	0	1	3	4	2	1	96	
Autobus		2	6	7	6	7	5	5	5	4	6	4	5	3	5	3	4	4	4	5	5	2	3	5	6	8	7	8	5	7	8	9	6	4	4	5	3	2	4	5	4	5	6	6	2	4	4	5	5	237	
Busetas		1	2	5	4	3	5	8	9	11	8	6	5	5	4	2	2	1	1	0	0	0	1	0	2	4	5	5	6	8	10	11	12	6	4	5	3	2	0	1	1	3	0	0	4	5	3	5	3	191	
C-2p (Camiones pequeños de dos ejes)		0	0	2	2	1	1	2	3	2	2	1	2	0	0	1	1	0	2	2	1	1	1	1	2	2	3	4	5	2	2	3	0	0	0	1	1	2	2	1	1	0	0	0	1	2	2	0	1	65	
C-2G (Camiones grandes de dos ejes)		0	0	1	1	0	1	0	0	1	2	2	4	2	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2	0	3	2	2	2	1	0	0	3	2	1	1	1	1	0	0	2	3	2	1	1	2	50
C-3-4 (Camiones de 3 ejes)		2	0	1	0	2	0	3	2	1	0	1	0	0	2	0	3	2	0	0	0	1	1	0	0	0	2	2	4	1	1	2	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	1	0	0	1	2	42	
C5 (Camiones de 5 ejes)		0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	2	3	2	1	0	2	0	3	1	0	0	0	1	27
C6 (Camiones de mas de 5 ejes)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	
Motocicletas		2	3	1	0	2	4	0	5	3	4	4	4	0	1	8	1	5	2	1	0	1	2	0	3	0	1	1	5	3	4	3	7	9	9	8	7	5	2	2	1	1	2	5	1	1	2	4	5	144	
Otros	Motos electricas y tricimoto	0	1	1	0	4	0	2	0	5	0	1	0	0	0	4	0	1	2	1	0	4	0	1	6	9	11	8	7	4	0	1	0	0	3	1	1	0	4	1	0	4	0	1	4	5	4	1	0	102	
Total por segmentos de 15 min		13	21	24	26	37	43	39	53	51	41	35	40	26	24	31	23	25	26	22	20	26	24	25	38	50	61	54	66	68	63	64	58	43	40	40	42	34	31	25	24	31	27	31	29	35	35	38	41	1763	
Total por hora		84				172				167				104				93				113				231				253				165				114				118				149				1763	

Anexo 15: Aforo vehicular Dia 2

MARTES 14 de Enero de 2025		6:00 a 7:00				7:00 a 8:00				8:00 a 9:00				9:00 a 10:00				10:00 a 11:00				11:00 a 12:00				12:00 a 13:00				13:00 a 14:00				14:00 a 15:00				15:00 a 16:00				16:00 a 17:00				17:00 a 18:00				TOTAL
Horas de aforo	Descripción	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	TOTAL
Autos		5	6	4	6	11	13	10	16	17	18	16	14	12	10	13	9	8	8	11	10	16	12	14	17	18	20	19	20	25	23	24	22	20	17	16	13	11	10	10	9	9	13	11	10	11	13	16	20	656
Camionetas		0	3	0	4	5	7	6	5	4	4	2	3	4	3	2	3	1	2	3	3	2	4	5	5	4	3	3	6	6	7	4	5	4	4	3	3	2	1	0	3	1	4	4	3	2	0	4	2	158
Taxis		0	1	0	1	1	4	3	3	2	2	1	4	3	1	1	2	0	1	0	3	2	1	1	2	3	2	1	3	1	4	5	5	2	1	0	1	1	1	2	1	1	1	0	0	1	2	3	2	81
Autobus		2	6	7	5	9	7	6	5	6	8	6	7	5	5	6	6	5	4	7	3	6	5	7	6	10	5	6	7	4	4	10	12	4	7	5	5	4	7	7	5	6	5	8	8	6	5	5	7	291
Busetas		2	3	4	5	2	6	7	10	12	9	7	2	3	5	6	4	2	0	1	1	1	0	2	2	2	6	7	8	9	12	15	11	6	4	4	5	4	2	0	0	1	1	1	2	6	4	3	1	210
C-2p (Camiones pequeños de dos ejes)		0	1	1	3	3	0	1	0	1	4	2	1	3	3	3	5	1	0	0	2	2	1	0	6	4	1	0	1	1	5	6	4	1	0	0	0	0	1	2	5	1	2	5	0	1	4	2	0	89
C-2G (Camiones grandes de dos ejes)		1	0	0	0	0	2	1	1	2	0	0	1	4	2	1	1	0	0	0	0	0	2	2	1	1	1	1	2	4	0	0	4	3	3	1	2	4	0	0	0	1	1	0	0	4	2	0	0	55
C-3-4 (Camiones de 3 ejes)		0	1	0	0	0	0	1	3	2	2	2	1	1	3	0	0	0	0	1	2	3	1	2	2	0	0	1	2	1	1	0	1	4	2	3	2	1	2	4	2	1	0	0	0	0	2	0	3	59
C5 (Camiones de 5 ejes)		0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	1	2	0	2	0	2	0	0	3	1	1	1	1	0	0	0	0	2	0	0	2	0	3	0	1	1	31
C6 (Camiones de mas de 5 ejes)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	4
Motocicletas		1	1	0	0	3	1	2	3	4	2	2	1	1	0	4	1	2	1	1	0	0	3	0	1	1	0	0	0	0	3	2	3	4	3	5	4	4	3	4	5	1	0	0	1	0	0	2	4	83
Otros	Motos eléctricas y tricimotos	0	0	0	1	1	2	3	1	2	1	0	1	2	3	4	0	0	4	2	3	0	0	3	2	3	4	2	2	3	4	4	2	3	0	0	0	1	4	1	1	0	1	0	0	1	0	1	3	75
Total por segmentos de 15 min		11	22	16	25	36	42	40	48	52	50	40	35	39	37	40	31	20	20	27	27	32	29	37	46	46	44	40	53	54	63	74	70	52	42	37	35	32	31	32	31	23	29	29	27	32	33	37	44	1792
Total por hora		74				166				177				147				94				144				183				251				166				126				108				146				1792

Anexo 16: Aforo vehicular Dia 3

MIERCOLES 15 de Enero de 2025																																																						
Hora de aforo		6:00 a 7:00				7:00 a 8:00				8:00 a 9:00				9:00 a 10:00				10:00 a 11:00				11:00 a 12:00				12:00 a 13:00				13:00 a 14:00				14:00 a 15:00				15:00 a 16:00				16:00 a 17:00				17:00 a 18:00								
Tipo	Descripcion	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	TOTAL				
Autos		3	4	3	6	8	15	10	15	13	16	14	11	10	14	11	12	9	9	6	7	12	14	11	10	11	15	17	19	21	22	20	24	16	17	14	11	12	11	7	7	8	12	11	7	6	7	5	12	555				
Camionetas		0	2	1	4	2	3	1	3	0	0	2	2	1	3	2	0	0	0	3	1	0	2	3	3	2	1	0	0	3	5	6	4	3	4	5	5	5	3	0	3	0	3	0	1	3	3	0	2	2	2	2	1	101
Taxis		1	0	0	2	0	1	1	0	0	1	2	2	0	0	1	1	2	3	3	4	5	11	6	0	2	1	2	5	3	1	0	0	2	0	3	2	2	2	0	1	3	0	1	1	0	0	2	2	1	80			
Autobus		4	5	6	4	5	8	9	6	5	4	5	7	5	4	5	4	5	6	5	5	5	4	4	5	7	8	9	8	10	9	7	8	6	7	6	4	5	6	4	5	6	4	5	4	5	4	5	6	275				
Busetas		0	1	4	3	6	4	5	6	9	10	7	8	10	5	3	1	2	3	1	1	0	0	0	0	1	5	6	5	10	15	16	11	10	4	2	5	1	1	0	0	2	1	1	0	0	0	2	4	1	192			
C-2p (Camiones pequeños de dos ejes)		0	1	0	2	2	2	1	2	2	0	0	4	4	2	2	0	0	4	0	2	0	0	1	6	4	5	6	4	0	4	1	1	0	2	0	4	0	6	5	2	1	0	0	4	0	0	4	2	92				
C-2G (Camiones grandes de dos ejes)		0	2	1	0	1	0	2	2	0	1	0	2	1	2	0	3	4	1	5	0	1	1	2	2	0	1	1	0	2	2	3	4	0	2	1	1	1	1	0	0	2	5	6	2	1	0	1	1	70				
C-3-4 (Camiones de 3 ejes)		0	1	2	0	0	1	1	0	2	2	0	1	1	2	2	2	0	1	2	1	1	0	3	2	3	0	0	3	0	3	1	3	1	1	2	2	0	0	1	2	3	0	1	0	3	3	0	0	59				
C5 (Camiones de 5 ejes)		1	2	0	2	1	2	2	0	0	1	2	2	1	1	0	2	2	0	2	0	2	0	2	1	2	1	2	0	1	3	3	0	1	3	3	0	1	0	1	3	1	0	2	0	3	0	2	0	58				
O5 (Camiones de mas de 5 ejes)		0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	2	1	0	2	1	0	1	1	0	0	1	2	0	1	1	1	1	0	1	2	0	1	0	0	0	0	1	30				
Motocicletas		1	3	3	0	0	1	0	5	3	3	5	9	6	5	4	2	1	2	3	3	4	3	5	4	2	1	4	3	5	4	2	1	2	0	2	3	5	4	2	1	0	0	2	3	3	1	0	1	128				
Otros	Motos electricas y tricimoto	0	1	1	4	1	3	7	5	6	7	3	2	2	1	0	0	1	1	2	3	0	0	2	3	0	0	2	4	9	8	7	8	4	4	2	2	1	2	2	1	1	0	0	3	4	4	0	0	1	1	0	0	120
Total por segmentos de 15 min		10	23	22	27	26	41	40	44	41	46	40	50	42	40	30	27	27	34	30	26	30	40	39	37	43	47	52	60	64	73	56	59	47	43	38	40	31	31	26	25	25	36	30	26	22	25	23	26	1760				
Total por hora		82				151				177				139				117				146				202				252				168				113				117				96				1760				

Anexo 17: Aforo vehicular Dia 4

JUEVES 16 de Enero de 2025		6:00 a 7:00		7:00 a 8:00				8:00 a 9:00				9:00 a 10:00				10:00 a 11:00				11:00 a 12:00				12:00 a 13:00				13:00 a 14:00				14:00 a 15:00				15:00 a 16:00				16:00 a 17:00				17:00 a 18:00				TOTAL			
Horario	Descripción	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	TOTAL	
Autos		5	4	3	3	7	9	13	15	16	17	12	15	8	7	10	8	11	7	6	9	8	10	12	14	10	15	15	16	22	26	23	25	25	24	20	19	16	15	12	13	14	11	10	8	7	5	5	12	597	
Camionetas		0	1	2	2	1	5	7	8	9	2	2	1	0	2	3	2	0	1	0	0	1	2	3	0	0	3	9	5	8	7	8	6	7	5	7	2	3	1	0	2	0	0	0	1	0	1	3	1	1	133
Taxis		0	1	1	0	3	0	1	3	4	2	4	3	4	0	1	0	0	0	1	1	2	3	0	1	0	0	3	5	4	6	3	4	3	2	0	0	1	4	1	0	0	2	3	0	0	2	1	2	81	
Autobus		2	5	6	5	7	8	7	6	5	4	5	7	6	5	4	3	2	3	4	7	4	5	3	3	4	6	7	9	7	7	8	5	5	5	4	2	4	5	4	6	6	6	4	4	5	3	2	2	4	234
Busetas		0	2	5	3	2	4	4	6	10	11	4	5	6	2	1	1	0	0	1	1	2	0	1	0	3	6	6	7	10	15	17	15	11	6	4	5	1	1	2	0	0	1	0	0	2	1	1	1	185	
C-2p (Camiones pequeños de dos ejes)		1	1	0	0	0	3	3	5	4	1	2	0	1	1	2	2	1	0	0	6	2	5	2	1	0	1	5	1	3	0	1	4	1	2	0	7	3	4	0	3	1	1	2	3	0	3	5	2	95	
C-2G (Camiones grandes de dos ejes)		1	2	0	1	0	0	1	1	0	1	6	5	0	2	1	0	3	4	2	2	4	2	1	1	0	1	6	5	0	5	0	0	1	1	2	0	6	2	5	3	0	1	0	0	2	5	3	89		
C-3-4 (Camiones de 3 ejes)		0	2	0	1	1	2	2	1	0	0	2	1	2	3	1	2	1	3	3	0	0	0	1	3	3	1	3	3	3	1	2	2	2	1	0	3	0	3	1	0	3	0	2	2	1	1	0	71		
C5 (Camiones de 5 ejes)		1	1	0	3	0	2	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	2	2	0	1	0	3	3	2	2	0	1	1	1	2	2	1	1	0	0	1	3	3	1	0	1	1	1	2	0	49	
O6 (Camiones de mas de 5 ejes)		0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	19	
Motocicletas		0	0	3	2	0	0	0	4	4	3	2	1	2	2	3	1	4	3	0	0	2	2	0	3	0	1	0	3	5	4	6	2	7	3	0	5	4	3	2	0	1	2	4	1	0	1	2	2	99	
Otros	Motos electricas y tricimoto	0	2	0	1	2	1	0	0	1	1	2	1	0	0	2	0	1	0	1	5	0	0	1	0	5	5	5	0	5	3	0	0	0	0	4	4	7	0	2	0	0	2	1	1	0	1	0	0	66	
Total por segmentos de 15 min		10	21	21	22	23	34	39	50	54	44	37	40	34	23	31	21	21	20	20	32	27	34	22	27	29	48	53	60	74	72	71	66	61	54	38	48	41	39	31	30	28	29	27	21	15	23	26	27	1718	
Total por hora		74				146				175				109				93				110				190				283				201				141				105				91				1718	

Anexo 18: Aforo vehicular Dia 5

VIERNES 17 de Enero de 2025		6:00 a 7:00		7:00 a 8:00				8:00 a 9:00				9:00 a 10:00				10:00 a 11:00				11:00 a 12:00				12:00 a 13:00				13:00 a 14:00				14:00 a 15:00				15:00 a 16:00				16:00 a 17:00				17:00 a 18:00				TOTAL						
Horas de aforo	Descripción	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	TOTAL				
Autos		5	6	4	5	9	13	12	17	13	14	13	15	10	9	8	6	5	6	8	7	14	13	15	15	16	15	14	19	24	25	26	24	20	19	16	13	14	13	12	11	10	10	8	7	10	12	15	12	607				
Camionetas		1	2	1	0	5	3	3	2	0	4	4	3	1	1	3	2	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	4	3	3	5	1	1	1	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	2	1	2	76
Taxis		0	0	0	1	0	3	1	1	2	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1	3	1	3	2	0	2	4	2	7	3	3	1	1	1	0	0	3	1	1	1	2	2	2	1	0	0	0	1	0	0	1	0	61	
Autobus		4	6	6	5	7	6	5	6	7	6	6	5	8	7	6	7	4	6	7	5	6	8	7	5	6	8	10	8	9	10	8	9	7	5	6	6	3	3	3	3	3	4	5	8	7	6	6	5	6	302			
Busetas		2	3	4	6	7	4	5	10	6	5	3	2	1	0	0	0	2	0	1	1	0	0	2	5	6	7	9	10	11	9	14	10	5	9	6	4	1	0	0	2	0	1	1	1	2	0	0	2	179				
C-2p (Camiones pequeños de dos ejes)		1	1	3	1	0	0	2	5	6	4	2	3	1	1	0	0	0	0	0	2	6	5	4	3	1	5	6	7	5	1	0	1	2	2	0	0	3	1	0	0	1	1	0	0	5	2	4	97					
C-2G (Camiones grandes de dos ejes)		1	2	2	0	1	0	1	1	2	5	6	3	3	2	1	1	0	1	1	0	2	0	0	2	0	0	2	3	3	4	4	5	6	2	1	5	3	0	4	1	1	0	0	1	1	0	0	84					
C-3-4 (Camiones de 3 ejes)		1	1	0	0	0	0	1	3	2	2	4	1	0	0	0	1	2	1	1	0	1	2	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	1	1	2	0	1	2	2	3	3	1	0	2	2	1	0	48					
C5 (Camiones de 5 ejes)		0	2	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	2	2	1	0	0	1	0	2	2	0	1	0	0	1	0	1	2	0	2	2	0	1	0	2	0	1	1	1	1	0	1	36					
C5 (Camiones de mas de 5 ejes)		1	0	0	2	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	23					
Motocicletas		0	1	0	0	3	2	0	3	2	3	3	4	4	1	1	4	2	2	0	0	1	0	2	0	0	3	4	0	1	0	0	1	3	2	1	0	0	0	0	4	0	2	1	1	0	0	1	0	2	64			
Otros	Motos eléctricas y tricimoto	0	0	1	2	3	0	1	1	2	2	1	0	0	1	3	1	2	1	4	1	2	1	1	2	7	2	3	3	3	2	0	2	0	2	0	1	3	1	2	1	1	0	0	1	0	1	0	68					
Total por segmentos de 15 min		16	24	21	22	36	32	32	51	44	46	43	37	30	23	23	24	24	20	25	21	34	33	33	37	41	45	55	60	62	62	56	55	49	48	35	39	32	22	28	24	26	24	21	18	25	30	26	31	1645				
Total por hora		83				151				170				100				90				137				201				235				171				106				89				112				1645				

Anexo 19: Aforo vehicular Dia 6

SABADO 18 de Enero de 2025		6:00 a 7:00		7:00 a 8:00				8:00 a 9:00				9:00 a 10:00				10:00 a 11:00				11:00 a 12:00				12:00 a 13:00				13:00 a 14:00				14:00 a 15:00				15:00 a 16:00				16:00 a 17:00				17:00 a 18:00				TOTAL								
Horas de aforo	Descripción	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	TOTAL						
Autos		2	3	2	4	6	7	6	12	10	11	10	9	11	10	7	9	5	8	8	7	14	12	11	10	10	10	10	12	13	13	16	18	20	15	12	11	8	9	7	5	6	5	6	8	5	6	7	8	9	9	433				
Camionetas		0	1	3	1	3	3	4	3	3	3	0	1	1	0	0	1	0	1	2	3	0	1	1	1	2	5	1	5	4	5	2	1	0	0	2	0	2	2	0	1	1	1	0	0	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	75
Taxis		0	0	1	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	1	5	3	0	1	0	1	0	2	1	0	0	1	3	2	7	2	1	1	3	4	0	2	1	0	0	1	3	1	0	0	1	0	1	1	1	1	54				
Autobus		1	5	6	5	6	4	4	3	2	5	3	4	2	4	2	3	2	2	2	4	3	4	2	7	9	8	9	9	8	7	8	9	6	6	5	5	4	4	2	3	3	3	2	3	5	5	2	2	4	4	213				
Busetas		0	0	1	2	1	2	2	1	2	0	0	1	0	1	2	0	0	2	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	1	2	3	0	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	36				
C-2p (Camiones pequeños de dos ejes)		1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	2	0	0	1	0	1	0	2	0	1	5	3	3	1	0	2	3	3	0	0	1	1	1	1	2	0	0	1	0	0	42				
C-2G (Camiones grandes de dos ejes)		0	2	0	0	3	1	1	0	1	0	2	1	0	0	3	0	0	1	1	0	0	1	2	1	1	0	3	0	2	0	2	1	0	3	1	0	1	0	3	0	1	2	1	0	3	0	3	1	48						
C-3-4 (Camiones de 3 ejes)		0	1	2	0	1	1	2	1	0	1	2	0	0	0	1	2	1	1	0	1	2	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	2	2	1	0	1	1	2	0	0	40				
C5 (Camiones de 5 ejes)		0	2	1	0	0	1	1	2	2	0	0	1	1	1	2	2	0	0	1	1	2	2	0	1	1	2	0	2	0	0	2	0	0	2	2	0	1	2	2	0	0	1	1	1	0	1	0	2	2	0	2	44			
O6 (Camiones de mas de 5 ejes)		1	0	2	0	1	2	0	0	2	0	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	2	0	0	2	2	0	2	2	0	0	1	0	1	0	2	2	0	1	1	0	0	2	2	0	2	2	41						
Motocicletas		0	1	0	0	1	3	2	1	2	4	4	3	2	0	1	0	0	1	3	3	0	0	2	0	2	2	0	2	3	1	2	2	3	1	3	4	5	1	1	4	2	2	1	1	2	3	0	1	81						
Otros	Motos electricas y tricimoto	0	0	0	1	0	2	2	0	3	3	2	0	3	0	2	0	0	1	4	0	1	2	0	3	3	2	2	3	2	1	5	0	1	0	3	2	2	3	1	0	2	1	4	0	3	1	74								
Total por segmentos de 15 min		5	16	18	13	22	29	26	23	28	28	23	22	21	19	25	21	9	19	22	22	25	25	22	25	31	33	33	38	42	39	42	46	32	31	26	27	33	23	16	18	20	19	18	19	25	17	23	22	1181						
Total por hora		52				100				101				86				72				97				135				169				116				90				76				87				1181						

Anexo 20: Aforo vehicular Dia 7

DOMINGO 19 de Enero de 2025																																																				
Hora de aforo		6:00 a 7:00				7:00 a 8:00				8:00 a 9:00				9:00 a 10:00				10:00 a 11:00				11:00 a 12:00				12:00 a 13:00				13:00 a 14:00				14:00 a 15:00				15:00 a 16:00				16:00 a 17:00				17:00 a 18:00						
Tipo	Descripcion	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00	9:15	9:30	9:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45	17:00	17:15	17:30	17:45	TOTAL		
Autos		1	1	2	2	1	4	5	8	9	6	6	5	5	6	5	6	8	3	3	3	4	5	4	5	4	3	5	8	7	6	10	9	9	7	6	3	8	6	5	5	6	8	7	5	6	5	6	7	258		
Camionetas		0	2	0	4	6	7	6	5	4	2	0	0	0	2	1	0	3	0	2	0	0	1	1	0	2	2	1	2	1	3	4	3	5	2	2	1	0	1	0	0	1	2	2	2	0	0	2	0	84		
Taxis		0	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	4	0	1	3	3	4	5	4	4	0	1	0	2	2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	47		
Autobus		2	3	4	5	5	4	3	3	2	4	3	3	2	4	3	3	2	4	3	2	4	3	3	2	3	4	2	3	4	2	4	3	3	3	3	2	4	3	2	4	3	3	4	2	4	3	2	4	150		
Busetas		0	0	1	0	1	2	3	0	0	1	2	2	3	3	4	4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2	3	5	5	4	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	55		
C-2p (Camiones pequeños de dos ejes)		1	3	0	2	3	0	0	2	1	2	3	0	1	0	0	2	2	0	0	3	0	2	0	1	2	2	3	2	0	0	0	3	3	0	0	2	3	0	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	0	1	62
C-2G (Camiones grandes de dos ejes)		0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	2	1	1	0	0	2	2	2	0	0	1	1	1	0	0	1	0	2	2	0	0	1	0	2	2	0	2	2	0	2	2	1	0	0	2	2	0	2	43
C-3-4 (Camiones de 3 ejes)		0	1	2	1	2	1	2	0	2	0	2	0	2	1	1	0	0	2	2	0	1	1	1	2	1	0	2	1	0	1	0	2	0	2	1	1	1	1	2	2	0	1	1	0	0	1	1	2	48		
C5 (Camiones de 5 ejes)		1	2	1	2	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	2	0	0	0	2	1	0	0	2	0	2	2	2	0	1	1	1	0	0	0	2	0	2	0	1	1	1	1	2	0	1	1	0	0	1	39
O6 (Camiones de mas de 5 ejes)		0	1	0	2	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	27
Motocicletas		0	1	0	1	0	1	2	1	2	3	2	3	1	1	2	1	2	0	2	0	0	2	1	0	1	0	0	1	0	2	1	1	2	1	1	4	0	5	2	1	2	0	3	1	1	1	0	0	58		
Otros	Motos electricas y tricimotos	0	1	2	0	1	2	2	0	0	0	0	1	2	3	2	1	0	2	0	0	1	1	0	1	3	2	2	2	0	0	0	1	2	0	0	0	2	6	0	1	0	2	0	0	1	0	1	1	48		
Total por segmentos de 15 min		5	16	13	20	21	25	27	20	20	20	20	16	21	22	20	21	17	13	15	15	13	16	12	15	22	16	19	26	16	23	29	29	35	19	19	18	23	29	15	16	17	22	20	16	16	17	14	20	919		
Total por hora		54				93				76				84				60				56				83				97				91				83				75				67				919		