



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Propuesta para reducir el congestionamiento vehicular aplicando la metodología HCM 2010 en la Autopista Ramiro Prialé en el Tramo de la Av. Los Laureles - Av. Las Torres, Lima - 2023

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Hernandez Jurado, Jesus Antonio
Gomez Curasi, Cesar Luis

0009-0007-3628-8383
0009-0005-8981-4362

ASESOR(ES)

Bravo Lizano, Aldo Rafael

0000-0003-4835-795X

Lima, 30 de noviembre de 2023

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico en primer lugar a Dios, por darme la fuerza y voluntad para seguir en este reto que me propuse para obtener uno de mis más grandes anhelos.

A mis padres. Mario Hernández y Andrea Jurado por su cariño, dedicación y sacrificio en todo momento de mi vida, es por ello que gracias a mis padres llegue a trazarme un objetivo y finalmente lograr alcanzarlo y convertirme en una persona de bien.

A mi esposa e hijos que estuvieron ahí siempre apoyándome en los momentos más complicados de la carrera y a todas las personas que siempre me apoyaron y aconsejaron para que este proyecto se realice.

Jesús Antonio Hernández Jurado

Con este proyecto de investigación quiero agradecer aquellas personas que siempre estuvieron a mi lado en los momentos más difíciles, a mis padres, Luis Gómez y Romualda Curasi, por su esmero absoluto en todo momento de mi vida. A mi esposa, Katia Najarro por brindarme su ayuda en los momentos que más lo necesite, que gracias a ello estoy logrando concluir con este proyecto y a mis hijos Renato y Anaís quienes son lo que más amo en esta vida.

Cesar Luis Gómez Curasi

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por bendecirme y darme la oportunidad de seguir superándome como persona y profesionalmente, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Agradecer también, a nuestro asesor el Ing. Bravo Lizano, Aldo Rafael, por el compromiso que asumió desde el primer momento para guiarnos en el desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

Por último, quiero agradecer a quienes se van a tomar el tiempo de leer este apartado de nuestro trabajo de investigación, pues lo que pretendemos con esta investigación es aportar mejoras y recomendaciones que permitan un mayor flujo vehicular en las zonas de gran congestionamiento que viene afectando tanto en la salud y económicamente a todos los usuarios.

Jesús Antonio Hernández Jurado

Agradezco el apoyo de mis padres, esposa e hijos, por comprender la valía de este trabajo y siempre colaborar para alcanzar el objetivo.

A mis compañeros de trabajo, por su aporte ante cualquier duda u observación

Cesar Luis Gómez Curasi

RESUMEN

En este trabajo de investigación tiene como objetivo principal sugerir mejoras en base a la metodología HCM 2010 para la disminución de la fricción vehicular de los cruces de la Autopista Ramiro Prialé en el tramo de la Av. Los Laureles - Av. Las Torres de la ciudad de Lima, 2023, mientras que como objetivos específicos Identificar las características particulares que influyen en la congestión vehicular de la Autopista Ramiro Prialé que abarca los tramos desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres en la ciudad de Lima, evaluar la capacidad vehicular en los cruces viales de la Autopista Ramiro Prialé, dentro del tramo que abarca desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres en la ciudad de Lima y finalmente determinar los niveles de servicio mediante la metodología HCM 2010 de la Autopista Ramiro Prialé, dentro del tramo que abarca desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres, con el fin de evaluar la eficiencia y fluidez del tráfico en esa área.

Proponer las medidas y acciones que actualmente se deberían de aplicar para el control del flujo vehicular en la Autopista Ramiro Prialé, dentro del tramo que abarca desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres, con el propósito de identificar su grado de efectividad y su contribución a la reducción del tráfico.

El método utilizado fue un diseño descriptivo, no experimental, la técnica fue la observación directa, se consideraron como instrumentos los manuales de observación y las hojas de registro para el conteo vehicular.

A través de la metodología anterior se obtuvieron datos de la autopista Ramiro Prialé, con anchos de carriles entre los 3.30 m ,3.00 m, 2.80 m y 2.70 m, así mismo en el conteo de la capacidad vehicular, se definió que el período pico se da entre las 07:00 am, 11:00 am, 12:00 pm, 15:00 h. y 18:00 h, mientras que el resumen del conteo vehicular arroja un total de 22680 unidades. A su vez el nivel de servicio calculado para las avenidas con la implementación de la metodología HCM será de tipo E.

Palabras clave: Congestión vial, Capacidad vial, Av: Avenida, Au: Autopista, intersección, nivel de servicio.

ABSTRACT

The general objective of this research work is to propose improvements based on the HCM 2010 methodology to reduce traffic congestion at the intersections of the Ramiro Prialé Highway in the section of Av. Los Laureles-Av. Las Torres in the city of Lima, 2023, while as specific objectives Identify the particular characteristics that influence the traffic congestion of the Ramiro Prialé Highway that covers the sections from Avenida Los Laureles to Avenida Las Torres in the city of Lima, evaluate the vehicle capacity at the road intersections of the Ramiro Prialé Highway, within the section that extends from Avenida Los Laureles to Avenida Las Torres in the city of Lima and finally determine the service levels using the HCM 2010 methodology of the Ramiro Highway Prialé, within the section that extends from Avenida Los Laureles to Avenida Las Torres, in order to evaluate the efficiency and fluidity of traffic in that area.

Propose the measures and actions that must currently be applied to control vehicular flow on the Ramiro Prialé Highway, within the section that extends from Avenida Los Laureles to Avenida Las Torres, with the purpose of identifying their degree of effectiveness and their contribution. to the reduction of traffic.

The method used was a descriptive, non-experimental design, the technique was direct observation, observation manuals and record sheets for vehicle counting will be considered as instruments.

Through the previous methodology, data were obtained from the Ramiro Prialé highway, with lane widths between 3.30 m, 3.00 m, 2.80 m and 2.70 m, likewise in the vehicle capacity count, it is defined that the peak period occurs between 07:00 am, 11:00 am, 12:00 pm, 15:00 h and 18:00 h, while the summary of the vehicle count shows a total of 22,680 units. In turn, the service level calculated for the avenues with the implementation of the HCM methodology will be type E.

Keywords: Road congestion, Road capacity, Av: Avenue, Au: Highway, intersection, level of service.

u201522260_ Hernandez Jurado Jesus Antonio_Propuesta para reducir el congestionamiento vehicular aplicando la metodología HCM 2010 en la Autopista Ramiro Prialé en el Tramo de la Av. Los Laureles - Av

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	1%
5	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	pdfslide.tips Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	1%

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
Realidad Problemática	1
Formulación del problema	2
Justificación	2
Estado del Arte	2
Hipótesis	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos.....	4
Alcance y limitaciones del proyecto.....	5
Descripción del contenido	5
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	7
1.1. Congestión Vehicular.....	7
1.2. Flujo vehicular	7
1.3. Volumen de tráfico.....	7
1.4. Ciclo Semafórico	7
1.5. Highway Capacity Manual (HCM)	8
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	10
2.1. Método	10
2.1.1. Enfoque de Investigación	10
2.1.2. Tipo de Investigación	10
2.1.3. Nivel de Investigación	10
2.1.4. Diseño de Investigación	10
2.2. Población y Muestra	11
2.2.1. Población.....	11
2.2.2. Muestra	11
2.3. Muestreo	11
2.4. Procedimientos de recopilación de datos	11
CAPÍTULO III: DESARROLLO	12

3.1.	Características de la Autopista	12
3.1.1.	Descripción general	12
3.1.2.	Estado de conservación	13
3.1.3.	Características del suelo	13
3.1.4.	Diseño Geométrico	14
3.1.6.	Señalización.....	17
3.1.7.	Características geométricas.....	20
3.1.8.	Intersecciones.....	21
3.3.	Cálculo de factores.....	35
3.3.1.	Cálculo del factor por bloqueo de buses que se detienen en la zona	35
3.3.2.	Cálculo del factor de ajuste por utilización de carril.....	35
3.3.3.	Cálculo del factor por giro a la derecha del grupo	36
3.3.4.	Cálculo del factor por giro a la izquierda del grupo.....	36
3.3.5.	Cálculo del factor de peatones para grupos por giro a la izquierda	37
3.3.7.	Cálculo de Todo Rojo (TR)	38
3.3.8.	Tiempo Perdido del ciclo(s).....	39
3.3.9.	Razón de flujo crítico por fase	39
3.3.10.	Ciclo óptimo (Webster).....	40
3.3.11.	Asignación de tiempos de verde.....	40
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		46
REFERENCIAS		49
ANEXOS		51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de servicio para intersecciones según el tiempo de demora.....	9
Tabla 2 Características de las intersecciones.....	13
Tabla 3 Descripción de carriles de la intersección 1	19
Tabla 4 Descripción de carriles de la intersección 2	20
Tabla 5 Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (16/10/2023)	23
Tabla 6 Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (17/10/2023)	24
Tabla 7 Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (18/10/2023)	25
Tabla 8 Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (19/10/2023)	26
Tabla 9 Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (20/10/2023)	27
Tabla 10 Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (21/10/2023)	28
Tabla 11 Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (22/10/2023)	29
Tabla 12 Resumen de Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (Semanal)	31
Tabla 13 Tabla resumen de Tráfico Diario.....	32
Tabla 14 Tabla de Clasificación Vehicular.	32
Tabla 15 Tabla de Variación Diaria Semanal.....	34
Tabla 16 Factores ER para carriles.....	36
Tabla 17 Factores EL para carriles.....	37
Tabla 18 Velocidad de flujo libre aplicando HCM 2010.....	38
Tabla 19 Cálculo de ESAL (2043) para pavimento flexible.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Autopista Ramiro Prialé (Av. Los Laureles - Av. Las Torres).....	13
Figura 2 Vista aérea de tramo de la Av. Ramiro Prialé.....	14
Figura 3 Mapa de prolongación de la Av. Ramiro Prialé.....	14
Figura 4 Componentes de una sección típica según IMP.....	15
Figura 5 Sección típica de calzadas en la Av. Ramiro Prialé.....	16
Figura 6 Pendiente de terreno tramo Av. Los Laureles – Av. Las Torres.....	16
Figura 7 Señales de reglamentación según el MTC.....	18
Figura 8 Fotografía de la actual en la señalización de la Av. Ramiro Prialé	19
Figura 9 Fotografía de la actual señalización de la Av. Ramiro Prialé.....	19
Figura 10 Tramo Av. Los Laureles – Av. Las Torres.....	19
Figura 11 Intersección 1 (Au. Ramiro Prialé - Av. Los Laureles).....	20
Figura 12 Intersección 2 (Au. Ramiro Prialé - Av. Las Torres).....	21
Figura 13 Clases de vehículos de transporte que transitan por la Av. Ramiro Prialé	22
Figura 14 Gráfico de distribución vehicular de tráfico diario	33
Figura 15 Gráfico de clasificación vehicular	33
Figura 16 Fórmula para cálculo por bloqueo	35
Figura 17 Fórmula para cálculo del factor de ajuste	35
Figura 18 Fórmula para cálculo del factor por giro a la derecha	36
Figura 19 Fórmula para cálculo del factor por giro a la izquierda.....	36
Figura 20 Fórmula para cálculo del factor de peatones para grupos por giro a la izquierda. .	37
Figura 21 Fórmula para cálculo del factor de peatones para grupos por giro a la izquierda ..	38
Figura 22 Fórmula para cálculo del Todo Rojo	38
Figura 23 Fórmula para cálculo del Todo Rojo	39
Figura 24 Fórmula para razón de flujo crítico por fase.....	39
Figura 25 Fórmula para ciclo óptimo.....	40
Figura 26 Fórmula para asignación de tiempos de verde.....	40
Figura 27 Fórmula para hallar el Factor de Hora Punta.....	41
Figura 28 Fórmula para hallar el Factor de Hora Vehículo.	41
Figura 29 Fórmula para encontrar la intensidad.....	42
Figura 30 Espesores para pavimento flexible de la Autopista Ramiro Prialé.....	43

INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

En la actualidad, la ciudad de Lima se enfrenta a una preocupante problemática de congestión vehicular, situándola como la ciudad con el peor tráfico de América Latina según el Índice de Congestión de 2022 de la firma TomTom, reportado en el informe la Asociación Automotriz del Perú (AAP, 2022). La misma institución revela que los limeños pasan 254 horas al año conduciendo en horas pico, de las cuales 130 horas se deben a la congestión vehicular. Esto también se traduce en un gasto adicional de S/ 2,231 al año en combustible, de los cuales S/ 582 se atribuyen a la congestión. Además, un automóvil que circula en horas punta emite 990 kg de CO₂ al año, de los cuales 258 kg se generan debido a la congestión.

A este problema se suma el aumento del índice de flujo vehicular en la región Lima, impulsado principalmente por un incremento en el tráfico de vehículos ligeros y una disminución en los vehículos pesados. Sin embargo, en febrero de 2023, se observó un aumento del 5,9% en el congestionamiento de vehículos ligeros, asociado a eventos como el verano y el Día de la Amistad (San Valentín), que aumentan la afluencia en centros comerciales y lugares de entretenimiento. La disminución del tráfico de vehículos pesados se debe a una baja demanda en la producción agrícola, manufacturera y de construcción (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2023).

Asimismo, a lo largo del presente año, se han reportado múltiples casos de congestionamiento en la Autopista Ramiro Prialé, atribuibles a diversos factores. Por un lado, se han registrado accidentes de tránsito que han obstruido la circulación, los cuales no solo interrumpen el flujo vehicular, sino que también generan malestar entre los conductores y peatones que se ven afectados. Por otro lado, las obras de construcción en esta autopista han complicado aún más la situación, dificultando el avance de vehículos particulares y autobuses de transporte público (Mc Cubbin, 2023).

Esta situación de congestión vehicular en Lima constituye un desafío de gran envergadura que afecta no solo la calidad de vida de sus habitantes, sino también tiene impactos económicos y medioambientales. Además, los incidentes recurrentes en la Autopista Ramiro Prialé generan malestar y retrasos significativos en la movilidad, lo que subraya la necesidad de abordar este problema de manera efectiva y mejorar la gestión del tráfico en la zona.

En respuesta a esta problemática, se origina la iniciativa de llevar a cabo el presente proyecto de investigación, el cual se plantea con el propósito de presentar una solución alternativa que tenga la capacidad de mejorar la utilización de la Autopista Ramiro Prialé, en el tramo que abarca desde la Av. Los Laureles hasta la Av. Las Torres, empleando la metodología HCM 2010.

Formulación del problema

¿Cuál será el impacto de la aplicación de la metodología HCM 2010 en la reducción del congestionamiento vehicular en la Autopista Ramiro Prialé, en el tramo de la Avenida Los Laureles a la Avenida Las Torres?

Justificación

El presente trabajo de investigación se justifica por la urgente necesidad de abordar la problemática de la congestión vehicular en Lima, con un enfoque específico en la Autopista Ramiro Prialé. Debido a que, los impactos negativos en la calidad de vida, la economía y el medio ambiente, sumados a los incidentes recurrentes en la zona, subrayan la importancia de encontrar soluciones efectivas. Además, la investigación propuesta contribuirá al conocimiento y aportará recomendaciones concretas para mejorar la movilidad en la ciudad de Lima.

Estado del Arte

En el estudio realizado por Dorado-Zaldivar (2021), titulado "La gestión vinculada a la construcción de la carretera central en Holguín" se aborda la importancia del conocimiento en el progreso económico y social, no solo en economías avanzadas, sino también en contextos donde la construcción de carreteras desempeña un papel fundamental. El estudio se enfoca en la ampliación de la carretera central en el municipio de Holguín y propone un sistema de acciones para mitigar los impactos negativos y tomar decisiones de manera sostenible. La metodología empleada se basó en la lógica histórica, el análisis y la síntesis, la inducción y la deducción, junto con otros métodos teóricos. Además, se utilizaron métodos empíricos, como encuestas y entrevistas, para recopilar datos de interés. Las encuestas involucraron a miembros de la comunidad local, mientras que las entrevistas fueron realizadas con directivos y trabajadores del Centro Provincial de Vialidad de Holguín, el inversionista de la ampliación y la Empresa de Ingeniería y Construcción No. 17, que es responsable de la obra. El estudio identificó los principales impactos sociales negativos, como cambios en la calidad del aire,

niveles de peligro o riesgo de accidentes, polvo y ruido, alteraciones en los servicios, en el estilo de vida, en la salud y el bienestar, y la contaminación medioambiental debido al tratamiento inadecuado de residuos sólidos. Asimismo, se destacó la importancia de los conocimientos medioambientales, de seguridad y salud en el trabajo, científico-técnicos y de gestión de residuos sólidos para abordar estos impactos. En conclusión, este estudio proporciona un enfoque integral para gestionar los impactos sociales de proyectos viales, enfatizando cuán importante es la gestión del conocimiento y la cooperación de todos los actores.

En la investigación realizada por Rincón et al. (2020), titulada "Estudio de las velocidades de operación en los carriles mixtos de las troncales del transporte masivo en Bogotá – hacia una propuesta de aumento de la velocidad máxima permitida", se estudia velocidades de trabajo en vehículos cuando recorren las vías mixtas en el transporte público en Bogotá, dando énfasis en las siguientes vías: Autopista Norte, Calle 80, Circuito 30, Avenida de las Américas, Avenida Suba y Calle 26. El estudio empleó mediciones directas de velocidad a través de radar y realizó cálculos para determinar las velocidades máximas seguras que se pueden emplear sin comprometer la seguridad de los usuarios en cada uno de estos corredores, con el fin de ofrecer recomendaciones sobre las velocidades máximas de operación adecuadas para cada uno de ellos. En cuanto a los resultados, se presentan estadísticas y percentiles de puntajes de capacidad de carriles mixtos para las vías de transporte público en Bogotá. Los datos se consolidaron por tiempo y por calzada para cada uno de los corredores estudiados. Se destaca que la Autopista Norte registró la velocidad mayor (percentil 85) de 81,7 kilómetros por hora, mientras que la Carrera 30 tuvo la velocidad más baja (percentil 15) de 37,4 kilómetros por hora. Finalmente, esta investigación proporciona valiosa información sobre las velocidades operativas en las vías de ida y vuelta del transporte masivo en Bogotá, lo que puede ser de utilidad para tomar decisiones sobre los límites de velocidad y las condiciones de circulación en estas importantes vías de la ciudad.

A nivel internacional Aarón et al. (2019), en su artículo titulado “Comparación de la movilidad vehicular en el departamento de La Guajira usando simulación. El Caso de Riohacha y Maicao”, donde se tiene enfoque del problema vehicular y las causas que la generan en ubicaciones específicas como son los municipios de Riohacha y Maicao en La Guajira, Colombia. Para llevar a cabo el estudio, se emplearon variables del flujo de vehículos como hora de llegada a la fila de salida, densidad, persistencia, faltas y otros factores relacionados.

Además, se realizaron observaciones y descripciones sistemáticas a lo largo de cuatro meses continuos, especialmente en las horas críticas de tráfico. Estas permitieron identificar y describir las variables de flujo que influyen en los puntos estudiados, así como sus causas y efectos, representados a través de diagramas de influencia. El proceso se simuló utilizando software especializado de alto rendimiento, como PTV Vissim 8 y Vensim PLE. Las conclusiones del estudio indican que la gran circulación de vehículos en los puntos críticos de Riohacha y Maicao genera congestión debido a la elevada afluencia de vehículos. Además, se constató que las normas de tránsito vigentes tenían un impacto limitado en la mejora del flujo vehicular en estos lugares. Por otro lado, se identificó un problema adicional, la emisión de dióxido de carbono (CO₂) por parte de los vehículos que esperan en los puntos críticos, un aspecto que aún no había recibido la atención debida por parte de las autoridades.

Hipótesis

La propuesta fundamentada en la metodología HCM 2010 reducirá la congestión vehicular en la Autopista Ramiro Prialé en el tramo de la Avenida Los Laureles - Avenida Las Torres en la ciudad de Lima.

Objetivo General

Proponer mejoras en base a la metodología HCM 2010 para la disminución de la congestión vehicular los cruces de la Autopista Ramiro Prialé en el tramo de la Av. Los Laureles - Av. Las Torres en la ciudad de Lima.

Objetivos Específicos

Identificar las características particulares que influyen en la congestión vehicular de la Autopista Ramiro Prialé que abarca los tramos desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres de la ciudad de Lima.

Evaluar el aforo vehicular en las intersecciones viales de la Autopista Ramiro Prialé, dentro del tramo que abarca desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres en la ciudad de Lima.

Determinar los factores que se incluyen en la metodología HCM 2010 de la Autopista Ramiro Prialé, dentro del tramo que abarca desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres, con el fin de evaluar la eficiencia y fluidez del tráfico en esa área.

Proponer las medidas y acciones que actualmente se deberían de aplicar para el control del flujo vehicular en la Autopista Ramiro Prialé, dentro del tramo que abarca desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres, con el propósito de identificar su grado de efectividad y su contribución a la reducción del tráfico.

Alcance y limitaciones del proyecto.

El propósito del proyecto propuesto se centra en la evaluación de niveles de servicio en tres intersecciones específicas, así como en el análisis de las situaciones actuales de la infraestructura del trayecto y su capacidad vehicular. Este análisis se lleva a cabo siguiendo rigurosamente los procedimientos y directrices propuestas por la metodología HCM 2010.

Para la recopilación de datos relacionados con el aforo, se lleva a cabo un análisis en una semana, abarcando desde las 07:00 a.m. hasta la 01:00 p.m. y de 02:00 p.m. hasta las 21:00 p.m., en días laborables.

Finalmente, a través de este estudio, se pretende proporcionar recomendaciones concretas para perfeccionar el nivel de servicio y reducir la congestión vehicular en estas áreas determinadas.

Descripción del contenido

La presente investigación aborda la situación actual de congestión vehicular en la Autopista Ramiro Prialé, en el tramo que va desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres, en la ciudad de Lima, correspondiente al año 2023. Además, se describen detalladamente la problemática afrontada, los objetivos perseguidos, los límites que guían el estudio y su alcance.

- En el Capítulo I, se desarrolla un marco teórico que proporciona las bases esenciales para la ejecución del proyecto, centrándose en los códigos y estándares extraídos del manual de capacidad de autopistas (HCM, 2010).
- En el Capítulo II, se presenta en detalle la metodología de la investigación que se sustenta en el enfoque proporcionado por el Highway Capacity Manual 2010 (HCM, 2010). Así mismo, se presenta una descripción de la población y muestra objetiva considerada para la ejecución del estudio propuesto.

- En el Capítulo III, se exponen los datos adquiridos en campo, que incluyen información relevante como el conteo vehicular de la avenida Las Torres y la avenida Los Laureles, así mismo se hará el cálculo del tráfico.
- En el Capítulo IV, se presenta un análisis que ofrece una solución que se asemeja al problema real en el campo de estudio, y que se proyecta para mejorar los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas, además se emiten las conclusiones junto con las recomendaciones del proyecto.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Congestión Vehicular

Se origina debido a la fricción entre los vehículos en la circulación de tráfico. Cuando se alcanza un determinado volumen de tráfico, los vehículos pueden circular a velocidades relativamente bajas, lo cual depende de factores como la frecuencia de las intersecciones, los límites de velocidad, entre otros. No obstante, a medida que el flujo de tráfico aumenta, cada vehículo adicional comienza a obstaculizar el movimiento de otros vehículos de manera notable, lo que conduce a la formación de atascos (Panduro, 2022).

1.2. Flujo vehicular

Es una evaluación cualitativa que establece la cantidad de automóviles que atraviesan una intersección durante un período de tiempo definido. Esta medida proporciona una distinción fundamental entre los dos enfoques utilizados, tanto a nivel microscópico como macroscópico. Además, esto permite captar variaciones significativas en el tráfico, incluyendo el flujo de vehículos, la velocidad, la densidad, los intervalos entre vehículos y las separaciones (Floiran & Terrones, 2022).

1.3. Volumen de tráfico

Se alude a la capacidad de carga de los vehículos que circulan por la vía analizada, abarcando tanto los carriles de bajada y subida como los carriles verticales de la intersección analizada. Esta capacidad de vehículos se determina a partir de datos de campo recopilados mediante el monitoreo del movimiento de vehículos dentro del sistema de distribución de carreteras, como intersecciones, puntos específicos, redes y otras ubicaciones relevantes. (Floiran & Terrones, 2022).

1.4. Ciclo Semafórico

Incluso conocido como la distancia de ciclo, describe al tiempo necesario para completar todas las acciones probables en un cruce a través de un ordenamiento completo de las fases del semáforo. Cada fase en el ciclo semafórico representa un conjunto de movimientos sincronizados de los usuarios de la vía, considerando los conflictos y las oportunidades para evitarlos. De igual forma, está determinado por intervalos de tiempo que forman parte de las configuraciones para regular de manera segura el tránsito vehicular y peatonal en las intersecciones. (Floiran & Terrones, 2022).

1.5. Highway Capacity Manual (HCM)

El Manual de Capacidad de Carreteras, conocido por su abreviatura en inglés HCM, representa un extracto de averiguación experimental e hipotético desarrolladas en los E.E.U.U. En su posterior versión de 2010, ofrece un método exhaustivo para la determinación de la cabida y altura de servicio en cruces controladas por semáforos. Dentro de este manual, se muestra una valoración de parámetros fundamentado en datos experimental y modelos de representación, teniendo en cuenta elementos como la conducta del conductor, tipos de vehículos y regulaciones específicas del país de origen (Floiran & Terrones, 2022).

1.5.1. Capacidad en intersecciones semaforizadas

El aforo o capacidad se define como el número superior de cifras móviles o la máxima tasa de movimiento que puede atravesar por los cruces durante una distancia de 15 minutos, teniendo en cuenta las condiciones predominantes de tránsito, las características de la vía y la señalización vigente. Esta capacidad se mide en vehículos por hora y se aplica exclusivamente a los movimientos principales de la intersección. La capacidad de una intersección señalizada se sustenta en el concepto de flujo de saturación, que representa la tasa máxima de abandono que se puede lograr con las colas existentes. (Del Mar & Vásquez, 2019).

1.5.2. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas.

Este se define en función de la demora por control, que es el retraso experimentado por los conductores requeridos a la señalización semafórica que regula la aproximación al cruce. Diversos factores influyen en la demora experimentada por los conductores, incluyendo la geometría de la vía, el tráfico, incidentes, medidas de control y la programación del ciclo y las fases del semáforo (HCM, 2010).

Asimismo, el HCM divide los niveles de servicio en categorías, desde A hasta F, las cuales están relacionados con el tiempo de demora por control y la correlación entre la dimensión de tráfico y la cavidad de la intersección. En la Tabla 1 se presentan los niveles en función a la demora por control, donde, el nivel A representa una operación eficiente con demoras no mayores a 10 segundos por vehículo, mientras que el nivel F indica una operación altamente ineficiente, con demoras significativas, mayores a 80 segundos por vehículo y congestión persistente.

Tabla 1.

Niveles de servicio para intersecciones según el tiempo de demora.

Nivel de servicio	Demora por control (s/vehículo)	Descripción
A	≤ 10	Refleja libre circulación, ciclos cortos y pocas paradas.
B	$> 10 - 20$	Progresión adecuada, ciclos cortos y una cantidad regular de paradas.
C	$> 20 - 35$	Progresión aceptable, ciclos moderados con algunas fallas y paradas regulares.
D	$> 35 - 55$	Congestión notable, ciclos largos con fallas perceptibles y paradas frecuentes.
E	$> 55 - 80$	Progresión desfavorable, ciclos largos con fallas frecuentes y alto volumen de tránsito.
F	> 80	Progresión inaceptable, ciclos muy largos con colas persistentes

Nota. Adaptado de “Highway Capacity Manual 2010”, por Transportation Research Board 2010 (<https://es.scribd.com/document/514495275/ESP-Highway-Capacity-Manual-5th-Edition-HCM-2010-Vol-2>)

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Método

2.1.1. Enfoque de Investigación

El enfoque utilizado en este estudio es cuantitativo, ya que se apoya en mediciones numéricas y un análisis estadístico de los datos recopilados. Inicia con la observación de fenómenos concretos y avanza de manera secuencial y basado en datos estandarizados, utilizando datos normados y procedimientos aprobados por la comunidad científica, como los descritos en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010).

2.1.2. Tipo de Investigación

La investigación aplicada se caracteriza por la toma de acción inmediata con el propósito de abordar problemas prácticos. En este contexto, la intención de la presente investigación fue proponer mejoras en el flujo de vehículos para mitigar la congestión vehicular, en base a la metodología HCM 2010, utilizada específicamente en intersecciones con semáforos.

2.1.3. Nivel de Investigación

El alcance descriptivo se emplea para detallar las características y propiedades fundamentales de la infraestructura vial, incluyendo la condición situación de la geometría, mecanismos de control, volumen vial, particularidad de movimiento y nivel de servicio. En tal sentido, este estudio busca proporcionar una visión detallada de la condición presente de la vía y sus elementos relevantes para abordar la congestión vehicular del sector.

2.1.4. Diseño de Investigación

En un diseño no experimental, la variable independiente no se somete a una manipulación intencional, y no se establece un conjunto de control o experimental. En este estudio se busca identificar mejoras sin una manipulación intencional en el estado actual de las avenidas mediante la aplicación de la metodología HCM 2010.

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

La población de estudio está compuesta por flujos de vehículos que se registran en todo el trayecto de 10 kilómetros de la Autopista Ramiro Prialé ubicada en la ciudad de Lima.

2.2.2. Muestra

La muestra de estudio está compuesta por los flujos de vehículos que se registran en la Autopista Ramiro Prialé en el tramo que abarca desde la Av. Los Laureles hasta la Av. Las Torres, en Lima, la muestra fue estudiada en una semana específica previamente elegida por los investigadores y se realizará durante un tiempo razonable desde las 07:00 am hasta las 21:00 pm entre intervalos de 60 minutos.

2.3. Muestreo

Se eligió por conveniencia, siendo de tipo no probabilístico, lo que implica la elección de casos disponibles para su inclusión en la muestra. Esta selección se apoya en la existencia y proximidad de los vehículos, lo que resulta conveniente para el investigador.

2.4. Procedimientos de recopilación de datos

El procedimiento a desarrollar consiste en tres etapas secuenciales, los cuales abarcan el análisis ambiental, la utilización de herramientas para recopilación de datos, y la recopilación de información. Luego, los resultados obtenidos se compilan, analizan y se pasan a resumir para su evaluación.

Este estudio comienza con la observación de la congestión del tráfico en la autopista seleccionada desde el día lunes al día domingo en los horarios desde las 07:00 a.m. hasta las 13:00 p.m. y desde las 13:00 p.m. hasta las 21:00 p.m. Este estudio se realizó con el propósito de ofrecer mejoras en el servicio mediante la aplicación de las técnicas del HCM 2010.

Posteriormente, se lleva a cabo una capacitación del personal encargado de la recolección de datos, donde se instruye sobre las características en los diferentes vehículos, el uso de tablas de capacidad de llenado, la observación del flujo de tránsito y la aplicación de trazados adecuados.

Finalmente, se efectúan mediciones manuales tanto de vehículos en el sitio, y se realiza el procesamiento de datos en el entorno de oficina. Estas capacidades recopiladas se incorporan

de forma digital, y se utiliza la metodología del HCM 2010 para determinar el nivel de servicio de cada intersección y llevar a cabo su modelo en el software correspondiente.

CAPÍTULO III: DESARROLLO

3.1. Características de la Autopista

OE1: Identificar las características particulares que influyen en la congestión vehicular de la Autopista Ramiro Prialé, dentro del tramo que abarca desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres en la ciudad de Lima.

Para la identificación de las características particulares que influyen en la congestión vehicular se va a hacer mención de las características como el suelo, el diseño geométrico, la señalización y los componentes y las secciones de la vía en la Autopista de la Avenida Ramiro Prialé.

3.1.1. Descripción general

La Autopista Ramiro Prialé se caracteriza por ser una vía de rápido flujo, la cual ha experimentado un aumento significativo en la congestión, especialmente en puntos estratégicos, como las intersecciones con la Av. Los Laureles y la Av. Las Torres. Esta congestión se ha atribuido a las obras que se encuentran paralizadas en la Carretera Central, por lo que, vehículos de todo tipo han optado por desviarse hacia la autopista Ramiro Prialé, que corre de manera paralela a la Carretera Central. La autopista Ramiro Prialé es una vía de particularidad Metropolitana, clasificada dentro de la categoría del tipo Arterial de acuerdo con el Sistema Vial Metropolitano – SVM (Ord. 341 – MML).

Figura 1

Autopista Ramiro Prialé (Av. Los Laureles - Av. Las Torres)



Nota. Adaptado de "[Mapa de Autopista Ramiro Prialé]", por Google Maps, s.f.-a (<https://maps.app.goo.gl/2Lvi35PNvBA7c1j46>)

Tabla 2

Características de las intersecciones.

	Clasificación por demanda	Tipo
Au. Ramiro Prialé	Autopista de Primera Clase	Pavimentado asfáltico
Av. Los Laureles	Carreteras de Primera Clase	Pavimentado asfáltico
Av. Las Torres	Carreteras de Primera Clase	Pavimentado asfáltico

3.1.2. Estado de conservación

El estado de conservación de esta pavimentación es crítico, evidenciando signos de deterioro por fatigas tensionales en forma de fisuras, agrietamientos longitudinales, transversales y mallas tipo piel de cocodrilo en varios tramos. Además, algunos sectores exhiben desgaste con peladuras y disgregaciones debido a la tracción neumática.

3.1.3. Características del suelo

El valor del uso de suelo permitirá dar a conocer la concurrencia de usuarios sobre la zona de estudio, ya sea por comercio, recreación, vivienda, entre otros. La intersección en estudio se sitúa dentro de los distritos de San Juan de Lurigancho y Ate Vitarte, la cual se muestra en la Figura 2. El tipo de suelo predominante es la Zonificación de Equipamiento pues encontramos

el Puente del Río Huaycoloro. También, tenemos otros usos (OU), Zona Residencial de Densidad Alta (RDA) y Zona de Recreación Pública (ZRP).

Figura 2

Vista aérea de tramo de la Av. Ramiro Prialé



Nota. Adaptado de "Vista aérea de la apertura del puente Huaycoloro", por Oscar Farje (<https://andina.pe/agencia/noticia-se-reabrio-transito-autopista-ramiro-prialé-tras-instalacion-puente-metalico-653146.aspx>)

3.1.4. Diseño Geométrico

En este ítem se hace descripción de las características y las dimensiones de las veredas, las bermas, el número de carriles, entre otras especificaciones.

Figura 3

Mapa de prolongación de la Av. Ramiro Prialé

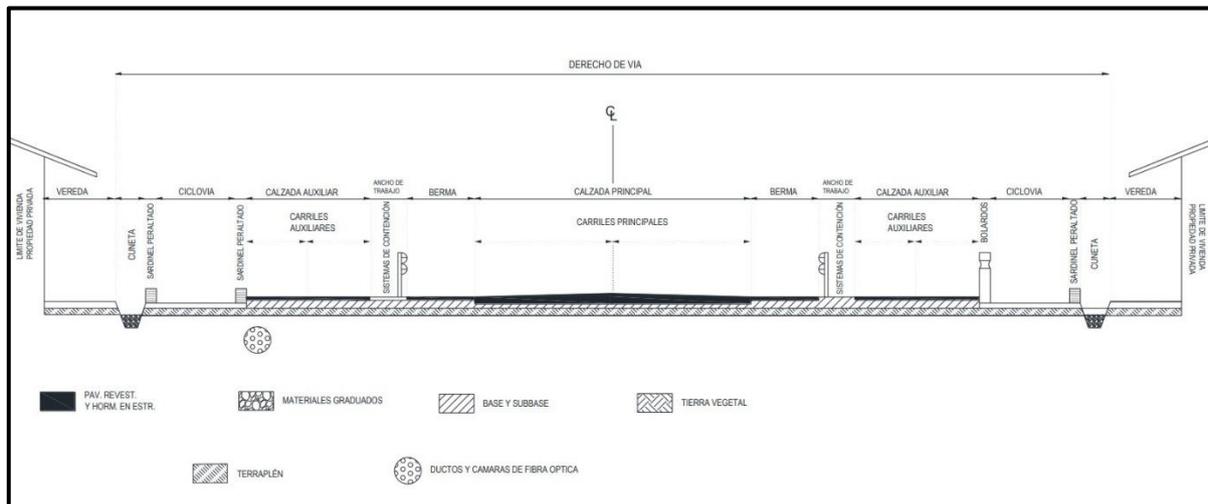


Nota. Adaptado de "Vía Ramiro Prialé", por El Comercio, 2016 ([Ampliación de vía Ramiro Prialé afectará 786 predios | LIMA | EL COMERCIO PERÚ](#))

En la figura 3 se puede visualizar las vías que conforman las intersecciones de la Avenida Ramiro Prialé. A continuación, en la figura 4 y la figura 5 se presentarán las dimensiones de cada sección.

Figura 4

Componentes de una sección típica según MTC

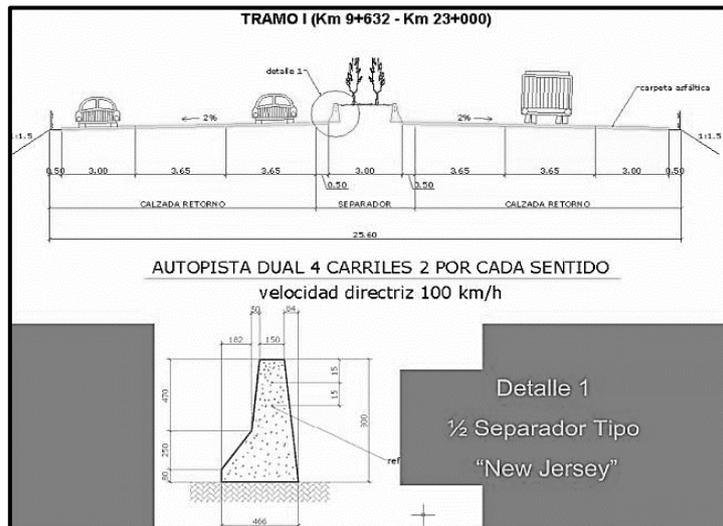


Nota. Adaptado de "Manual de carreteras: diseño geométrico dg – 2018", por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018 ([Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf \(mtc.gob.pe\)](#))

En la figura 4 se puede apreciar los componentes que conforman una sección de calzada, por ejemplo, la berma, rampa, las ciclo vías, el separador central, los separadores laterales y estacionamiento.

Figura 5

Sección típica de calzadas en la Av. Ramiro Prialé



Nota. Adaptado de “Estudio de factibilidad construcción y mantenimiento de carretera central – Tramo autopista Ramiro Prialé”, por Carlos Pajuelo Cubillas, 2007 ([Autopista RPRIALE Lima PERU | PPT \(slideshare.net\)](#))

En la figura 5 se puede apreciar la sección típica desde el tramo I en las progresivas 9+632 km y 23+000 km, el cual es una autopista de 4 carriles, respectivamente conformando 2 carriles por cada sentido en la Autopista Ramiro Prialé.

3.1.5. Pendiente del terreno

Tomando como inicio a la Av. Los Laureles y terminando en la Av. Las Torres tenemos una longitud de autopista de 2.5 Km y una diferencia en niveles de 49 m. lo cual nos da una pendiente menor al 1%. Entonces, aplicando el manual HCM de terrenos, este tramo se clasificaría en Terreno Llano.

Figura 6

Pendiente de terreno tramo Av. Los Laureles – Av. Las Torres.



Nota. Adaptado de “Estudio de factibilidad construcción y mantenimiento de carretera central – Tramo autopista Ramiro Prialé”, por Carlos Pajuelo Cubillas, 2007 ([Autopista RPRIALE Lima PERU | PPT \(slideshare.net\)](#))

3.1.6. Señalización

Según el (Ministerio de Transporte y Comunicación [MTC], 2022) en esta área de investigación se puede encontrar señalización vertical y horizontal, que proporciona a los usuarios información preventiva, informativa y reglamentaria para prevenir todo tipo de incidencias. Se instalan todo tipo de señales dependiendo del recorrido y requerimientos de la zona. Los equipos instalados (ya sean verticales u horizontales) deben cumplir con las normas reguladas por el MTC.

Figura 7

Señales de reglamentación según el MTC



Nota. Adaptado de “Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras”, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018 ([MC-09-16 Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.pdf - Google Drive](#))

En la figura 7 se puede apreciar las señales reglamentarias según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el cual se describen señales preventivas e informativas.

Figura 8

Fotografía de la actual en la señalización de la Av. Ramiro Prialé



Nota. Adaptado de "Vía Ramiro Prialé", por El Comercio, 2016 ([Ampliación de vía Ramiro Prialé afectará 786 predios | LIMA | EL COMERCIO PERÚ](#))

En la figura 8 se pueden apreciar los diferentes tipos de señalizaciones en la Avenida Ramiro Prialé, donde las señales de color azul son informativas y las señales de color rojo son las preventivas.

Figura 9

Fotografía de la actual señalización de la Av. Ramiro Prialé



Nota. Adaptado de " Ampliación Ramiro Prialé – Nueva Autopista Central", por Rutas de Lima, 2018 ([Ramiro Prialé - Rutas de Lima](#))

En la figura 9 se puede apreciar la señalización en una vía de un solo sentido para un carril de material asfaltado en la avenida Ramiro Prialé.

3.1.7. Características geométricas

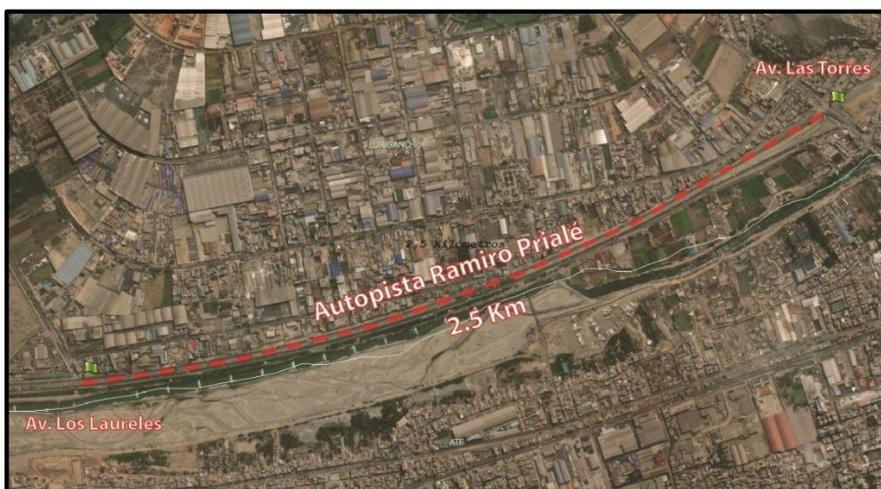
De lo mencionado anteriormente, se puede deducir que la Autopista Ramiro Prialé se extiende desde el Intercambio Vial La Menacho hasta el Empalme Avenida Las Torres con una longitud de 10.00 kilómetros, presenta una superficie de rodadura pavimentada con una carpeta asfáltica de espesor variable, oscilando entre 2 y 4 pulgadas. Asimismo, la topografía de la zona se caracteriza por pendientes superiores al 2%, siendo esta inclinación predominante en la mayor parte de la vía paralela al río Rímac.

El tramo de Av. Los Laureles a la Av. Las Torres tiene una extensión aproximada de 2.5 km. Este es de doble sentido y consta generalmente de tres carriles en cada dirección, lo que sumaría un total de seis carriles en ambos sentidos. Además, presenta un separador central que cuenta con un ancho variable entre 11 y 12 metros.

En este se presencian 2 intersecciones las cuales forman parte del estudio. La primera consta de dos ramales, ya que, se presencia un separador central en la autopista, lo cual impide el paso a la Av. Los Laureles en el sentido Sureste a Noroeste. Por otro lado, la segunda intersección está conformada por el empalme de la Av. las Torres con la Autopista Ramiro Prialé, la cual consta de 4 ramales semaforizados. En tal sentido, se detallan las características principales de las intersecciones en las tablas 3 y 4.

Figura 10

Tramo Av. Los Laureles – Av. Las Torres.



Nota. Adaptado de "[Mapa de Autopista Ramiro Prialé]", por Google Maps, s.f.-b (<https://maps.app.goo.gl/ncqtU3Efn4jD6mXA>)

3.1.8. Intersecciones

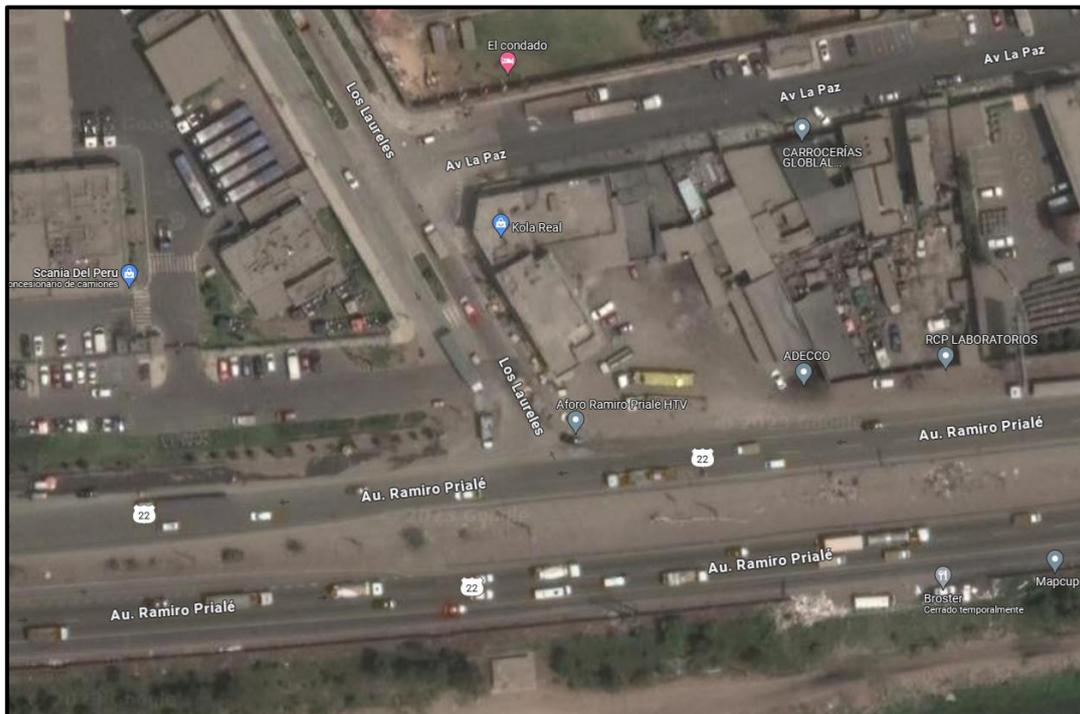
Tabla 3

Descripción de carriles de la intersección 1

INTERSECCIÓN N° 1		
Av. Los Laureles (NO-SE)		
Carriles	C1	C2
Representación		
Ancho de carril (m)	3.00	3.00
Au. Ramiro Prialé (SE-NO)		
Carriles	C1	C1
Representación		
Ancho de carril (m)	2.80	2.80

Figura 11

Intersección 1 (Au. Ramiro Prialé - Av. Los Laureles)



Nota. Adaptado de "[Mapa de Autopista Ramiro Prialé]", por Google Maps, s.f.-c (<https://maps.app.goo.gl/aAcRuYgz4obhVjd89>)

Tabla 4

Descripción de carriles de la intersección 2

INTERSECCIÓN N° 2						
Av. Las Torres						
	NO - SE			SE - NO		
Carriles	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Representación	↓	↓	↘	↑	↑	↑
Ancho de carril (m)	3.30	3.30	3.30	2.70	2.70	2.70
Au. Ramiro Prialé						
	SE - NO			SE - NO		
Carriles	C1	C1	C1	C1	C1	C1
Representación	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Ancho de carril (m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80

Figura 12

Intersección 2 (Au. Ramiro Prialé - Av. Las Torres)



Nota. Adaptado de "[Mapa de Autopista Ramiro Prialé]", por Google Maps, s.f.-a (<https://maps.app.goo.gl/2Lvi35PNvBA7c1j46>)

OE2: Evaluar el aforo vehicular en las intersecciones viales de la Autopista Ramiro Prialé, dentro del tramo que abarca desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres en la ciudad de Lima.

3.2. Aforo vehicular de la Autopista.

Para el desarrollo de este objetivo se considera conveniente hacer el estudio de los vehículos de transporte autorizados, los mismos que se han seleccionado para la obtención de datos de acuerdo con la figura 11, tal como lo clasifica el Reglamento Nacional de Vehículos con D.S. N° 058-2003-MT.

Figura 6

Clases de vehículos de transporte que transitan por la Av. Ramiro Priale

Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.		
M ₁		Vehículos de ocho plazas como máximo (excluida la del conductor) diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
M ₂		Vehículos con más de ocho plazas (excluida la del conductor) cuya masa máxima no supere las 5 toneladas, diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
M ₃		Vehículos con más de ocho plazas (excluida la del conductor) cuya masa máxima supere las 5 toneladas, diseñados y fabricados para el transporte de pasajeros.
M	Especial 	Vehículo destinado a desempeñar una función que requiera disposiciones especiales de la carrocería o del equipo. Esta categoría incluirá los vehículos accesibles en silla de ruedas, autocaravana, blindado, grúa móvil y otros.
N Vehículos de motor con al menos cuatro ruedas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.		
N ₁		Vehículos cuya masa máxima no supere las 3,5 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.
N ₂		Vehículos cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas e inferior a 12 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.
N ₃		Vehículos cuya masa máxima supere las 12 toneladas diseñados y fabricados para el transporte de mercancías.
O Remolques (incluidos semi-remolques).		
O ₁		Remolques con una masa máxima que no supere las 0,75 toneladas.
O ₂		Remolques cuya masa máxima sea superior a 0,75 toneladas e inferior a 3,5 toneladas.
O ₃		Remolques cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas e inferior a 10 toneladas.
O ₄		Remolques cuya masa máxima supere las 10 toneladas.

Nota. Adaptado de “Reglamento Nacional de Vehículos”, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2003 ([Decreto Supremo N° 058-2003-MTC.pdf \(www.gob.pe\)](http://www.gob.pe))

Tabla 5

Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (16/10/2023)

FORMATO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR ESTUDIO DE TRÁFICO																							
TRAMO		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles															ESTACIÓN		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles				
SENTIDO		2		IDA Y VUELTA															CÓDIGO DE LA ESTACIÓN		E-01		
UBICACIÓN		Distrito de Lima - Provincia Lima - Lima															DÍA Y FECHA		LUNES	16	10	23	
DÍA		1																					
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER					
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
TIPOS DE VEHÍCULOS																							
07:00-08:00	IDA	32	8	42	5	45	3			6				3					15				
	VUELTA	42	0	6	4	0	0			0				15					25				
08:00-09:00	IDA	62	14	10	9	8	5			35				2					3				
	VUELTA	63	8	0	9	65	0			0				16					2				
09:00-10:00	IDA	12	14	42	9	0	6			26				15									
	VUELTA	15	35	15	9	0	12			38				1									
10:00-11:00	IDA	19	42	0	16	15	0			2				2									
	VUELTA	2	4	15	16	1	0			15				3					2				
11:00-12:00	IDA	78	2	43	0	1	16			39				1					45				
	VUELTA	81	51	4	1	56	1			1				4					1				
12:00-13:00	IDA	71	32	15	0	35	38			19				35					15				
	VUELTA	72	15	35	26	34	65			62				1									
13:00-14:00	IDA	52	19	35	15	36	1			2				36					12				
	VUELTA	52	39	25	12	4	17			4				15									
14:00-15:00	IDA	34	32	45	4	45	65			49				2									
	VUELTA	35	42	2	26	2	0			12				0					18				
15:00-16:00	IDA	23	19	16	7	45	35			15				0									
	VUELTA	8	2	4	3	2	0			37				16					1				
16:00-17:00	IDA	2	1	25	2	45	65			0				15									
	VUELTA	12	34	16	0	2	0			47				3									
17:00-18:00	IDA	52	1	2	15	8	36			12				0									
	VUELTA	0	15	1	12	8	0			2				4									
18:00-19:00	IDA	15	12	0	22	15	0			1				15					12				
	VUELTA	22	15	15	9	8	0			2				2									
19:00-20:00	IDA	0	0	0	0	0	0			0				0					8				
	VUELTA	0	0	0	0	0	0			0				0									
20:00-21:00	IDA	0	0	0	0	0	0			0				0									
	VUELTA	0	0	0	0	0	0			0				0									
PARCIAL:		856	456	413	231	480	365	0	0	426	0	0	0	206	0	0	0	0	159	0	0		

Tabla 6

Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (17/10/2023)

FORMATO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR ESTUDIO DE TRÁFICO																									
TRAMO		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles														ESTACIÓN		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles							
SENTIDO		2		IDA Y VUELTA																	CÓDIGO DE LA ESTACIÓN		E-01		
UBICACIÓN		Distrito de Lima - Provincia Lima - Lima														DÍA Y FECHA		MARTES	17	10	23				
DÍA		2																							
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER								
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3					
TIPOS DE VEHÍCULOS																									
07:00-08:00	IDA	32	12	15	8	27	5			0					15					22					
	VUELTA	84	5	12	8	32	15			5					23					2					
08:00-09:00	IDA	31	15	9	22	16	15			15					2										
	VUELTA	18	2	23	26	12	8			9					1										
09:00-10:00	IDA	19	4	15	11	9	9			12					24										
	VUELTA	4	2	4	32	8	11			13					1					25					
10:00-11:00	IDA	9	42	8	15	15	8			2					26					2					
	VUELTA	2	23	16	12	32	8			1					27					3					
11:00-12:00	IDA	63	27	4	15	72	12			2					15					3					
	VUELTA	59	32	4	25	9	8			2					4					5					
12:00-13:00	IDA	62	18	15	67	23	26			12					12					8					
	VUELTA	15	62	4	22	22	9			3					1										
13:00-14:00	IDA	56	29	16	15	3	22			22					8					1					
	VUELTA	25	63	2	15	42	12			3					12										
14:00-15:00	IDA	43	3	45	46	22	6			4					1					6					
	VUELTA	18	15	2	15	12	15			52					2					3					
15:00-16:00	IDA	27	32	9	2	3	15			4					0										
	VUELTA	2	15	4	3	35	12			3					0					2					
16:00-17:00	IDA	32	15	12	2	15	15			1					0										
	VUELTA	1	4	27	16	2	0			2					2										
17:00-18:00	IDA	26	15	34	12	12	13			0					0					4					
	VUELTA	21	9	16	9	9	9			3					4										
18:00-19:00	IDA	15	1	12	9	13	16			0					12										
	VUELTA	16	9	12	4	11	15			9					0					1					
19:00-20:00	IDA	0	0	0	0	0	0			0					0										
	VUELTA	0	0	0	0	0	0			0					0										
20:00-21:00	IDA	0	0	0	0	0	0			0					0										
	VUELTA	0	0	0	0	0	0			0					0										
PARCIAL:		680	454	320	411	456	284	0	0	179	0	0	0	0	192	0	0	0	0	87	0	0			

Tabla 7

Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (18/10/2023)

FORMATO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR ESTUDIO DE TRÁFICO																													
TRAMO		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles														ESTACIÓN		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles											
SENTIDO		2		IDA Y VUELTA																CÓDIGO DE LA ESTACIÓN		E-01							
UBICACIÓN		Distrito de Lima - Provincia Lima - Lima																		DÍA Y FECHA		MIERCOLES		18		10		23	
DÍA		3																											
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER											
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3									
TIPOS DE VEHÍCULOS																													
07:00-08:00	IDA	42	12	19	8	12	6									5				12									
	VUELTA	18	9	45	15	12	5									1				13									
08:00-09:00	IDA	35	16	45	6	9	9									3				2									
	VUELTA	45	2	32	15	12	12									4				3									
09:00-10:00	IDA	34	42	31	2	9	12									8													
	VUELTA	33	46	36	22	12	15									2				12									
10:00-11:00	IDA	15	15	15	12	15	12									2				13									
	VUELTA	32	15	9	13	16	13									3				2									
11:00-12:00	IDA	62	16	37	33	17	0									9				4									
	VUELTA	52	16	32	15	17	22									4				42									
12:00-13:00	IDA	45	32	32	15	12	9									1				3									
	VUELTA	63	33	31	42	13	12									16				9									
13:00-14:00	IDA	52	36	16	15	15	1									22				2									
	VUELTA	32	25	31	12	19	15									23				2									
14:00-15:00	IDA	62	3	31	15	12	9									6				2									
	VUELTA	12	46	29	12	22	12									3				4									
15:00-16:00	IDA	19	52	31	6	3	6									2													
	VUELTA	24	15	12	19	12	4									4				2									
16:00-17:00	IDA	15	12	19	6	1	6									0													
	VUELTA	9	4	1	9	2	7									5				3									
17:00-18:00	IDA	3	1	9	9	12	8									1				6									
	VUELTA	9	14	31	32	8	33									4													
18:00-19:00	IDA	1	22	15	6	12	12									0				1									
	VUELTA	25	9	1	0	0	0									2													
19:00-20:00	IDA	0	0	0	0	0	0									0													
	VUELTA	0	0	0	0	0	0									0													
20:00-21:00	IDA	0	0	0	0	0	0									0													
	VUELTA	0	0	0	0	0	0									0													
PARCIAL:		739	493	590	339	274	240	0	0	129	0	0	0	124	0	0	0	0	137	0	0								

Tabla 8

FORMATO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR ESTUDIO DE TRÁFICO																										
TRAMO		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles														ESTACIÓN		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles								
SENTIDO		2		IDA Y VUELTA																CÓDIGO DE LA ESTACIÓN		E-01				
UBICACIÓN		Distrito de Lima - Provincia Lima - Lima																		DÍA Y FECHA		MIERCOLES		18	10	23
DÍA		3																								
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER									
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3						
TIPOS DE VEHÍCULOS																										
07:00-08:00	IDA	42	12	19	8	12	6			0				5				12								
	VUELTA	18	9	45	15	12	5			0				1				13								
08:00-09:00	IDA	35	16	45	6	9	9			3				3				2								
	VUELTA	45	2	32	15	12	12			4				9				3								
09:00-10:00	IDA	34	42	31	2	9	12			12				8												
	VUELTA	33	46	36	22	12	15			13				2				12								
10:00-11:00	IDA	15	15	15	12	15	12			14				2				13								
	VUELTA	32	15	9	13	16	13			0				3				2								
11:00-12:00	IDA	62	16	37	33	17	0			15				9				4								
	VUELTA	52	16	32	15	17	22			6				4				42								
12:00-13:00	IDA	45	32	32	15	12	9			16				1				3								
	VUELTA	63	33	31	42	13	12			12				16				9								
13:00-14:00	IDA	52	36	16	15	15	1			2				22				2								
	VUELTA	32	25	31	12	19	15			12				23				2								
14:00-15:00	IDA	62	3	31	15	12	9			6				6				2								
	VUELTA	12	46	29	12	22	12			3				0				4								
15:00-16:00	IDA	19	52	31	6	3	6			2				0												
	VUELTA	24	15	12	19	12	4			4				0				2								
16:00-17:00	IDA	15	12	19	6	1	6			0				0												
	VUELTA	9	4	1	9	2	7			5				3				3								
17:00-18:00	IDA	3	1	9	9	12	8			0				1				6								
	VUELTA	9	14	31	32	8	33			0				4												
18:00-19:00	IDA	1	22	15	6	12	12			0				0				1								
	VUELTA	25	9	1	0	0	0			0				2												
19:00-20:00	IDA	0	0	0	0	0	0			0				0												
	VUELTA	0	0	0	0	0	0			0				0												
20:00-21:00	IDA	0	0	0	0	0	0			0				0												
	VUELTA	0	0	0	0	0	0			0				0												
PARCIAL:		739	493	590	339	274	240	0	0	129	0	0	0	124	0	0	0	137	0	0						

Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (19/10/2023)

**FORMATO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR
ESTUDIO DE TRÁFICO**

TRAMO	Av. Ramiro Priálé - Av Las Torres- Av Los Laureles	
SENTIDO	2	IDA Y VUELTA
UBICACIÓN	Distrito de Lima - Provincia Lima - Lima	
DÍA	4	

ESTACIÓN	Av. Ramiro Priálé - Av Las Torres- Av Los Laureles			
CÓDIGO DE LA ESTACIÓN	E-01			
DÍA Y FECHA	JUEVES	19	10	23

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
TIPOS DE VEHÍCULOS																				
07:00-08:00	IDA	22	12	15	1	17	2			2				3				2		
	VUELTA	16	12	22	0	0	0			14				1				1		
08:00-09:00	IDA	15	21	31	12	22	1			16				2				2		
	VUELTA	22	15	28	13	11	0			6				12				2		
09:00-10:00	IDA	31	4	27	0	21	5			17				13				3		
	VUELTA	35	9	26	0	0	0			18				15				1		
10:00-11:00	IDA	36	9	26	16	1	0			0				2						
	VUELTA	31	12	22	17	15	0			19				3				2		
11:00-12:00	IDA	32	2	32	21	12	0			2				1				3		
	VUELTA	2	15	16	2	16	15			13				3						
12:00-13:00	IDA	72	3	4	21	17	9			14				2						
	VUELTA	84	9	15	2	2	12			15				1						
13:00-14:00	IDA	26	14	43	22	18	13			21				0						
	VUELTA	26	13	32	19	4	9			3				0						
14:00-15:00	IDA	42	13	15	18	2	4			4				0						
	VUELTA	3	8	14	19	15	0			2				0				3		
15:00-16:00	IDA	23	16	12	12	18	15			12				2						
	VUELTA	9	15	4	2	19	0			26				0				2		
16:00-17:00	IDA	9	16	18	2	9	12			3				0						
	VUELTA	17	3	21	8	2	13			0				1						
17:00-18:00	IDA	15	16	22	15	16	0			12				1						
	VUELTA	19	21	15	15	0	0			0				2						
18:00-19:00	IDA	13	1	15	21	0	0			12				3						
	VUELTA	14	9	9	22	12	6			0				0						
19:00-20:00	IDA	0	0	0	0	0	0			0				0						
	VUELTA	0	0	0	0	0	0			0				0						
20:00-21:00	IDA	0	0	0	0	0	0			0				0						
	VUELTA	0	0	0	0	0	0			0				0						
PARCIAL:		614	268	484	280	249	116	0	0	231	0	0	0	67	0	0	0	21	0	0

Tabla 9

Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (20/10/2023)

FORMATO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR ESTUDIO DE TRÁFICO																								
TRAMO		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles													ESTACIÓN		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles							
SENTIDO		2		IDA Y VUELTA																CÓDIGO DE LA ESTACIÓN		E-01		
UBICACIÓN		Distrito de Lima - Provincia Lima - Lima													DÍA Y FECHA		VIERNES	20	10	23				
DIA		5																						
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER							
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3				
TIPOS DE VEHÍCULOS																								
07:00-08:00	IDA	21	12	1	6	15	2			9				3				3						
	VUELTA	22	17	14	8	19	2			10				1				9						
08:00-09:00	IDA	12	44	15	9	16	1			0				5				2						
	VUELTA	16	21	16	15	21	0			0				5				12						
09:00-10:00	IDA	13	31	12	16	25	6			14				3				3						
	VUELTA	42	21	18	19	24	11			12				4				2						
10:00-11:00	IDA	35	4	12	15	23	12			0				2										
	VUELTA	25	26	14	12	25	13			1				4				2						
11:00-12:00	IDA	26	22	15	9	13	12			2				1				3						
	VUELTA	28	15	16	2	15	1			2				3										
12:00-13:00	IDA	61	31	18	19	31	12			3				3										
	VUELTA	42	62	32	69	49	21			4				2										
13:00-14:00	IDA	42	13	44	19	5	22			2				0										
	VUELTA	18	14	2	14	4	21			3				1										
14:00-15:00	IDA	45	15	9	4	2	20			4				9										
	VUELTA	23	19	2	12	12	19			2				0				2						
15:00-16:00	IDA	21	17	19	16	15	2			3				0										
	VUELTA	16	19	16	3	1	18			3				0				1						
16:00-17:00	IDA	22	9	14	2	13	17			3				0										
	VUELTA	53	4	2	0	2	0			0				1										
17:00-18:00	IDA	16	1	15	12	31	0			0				2										
	VUELTA	16	15	1	0	30	0			6				1										
18:00-19:00	IDA	1	14	9	22	29	0			2				1				5						
	VUELTA	52	15	42	9	12	9			4				6				1						
19:00-20:00	IDA	0	0	0	0	0	0			0				0				0						
	VUELTA	0	0	0	0	0	0			0				0				0						
20:00-21:00	IDA	0	0	0	0	0	0			0				0										
	VUELTA	0	0	0	0	0	0			0				0										
PARCIAL:		668	461	358	312	432	221	0	0	89	0	0	0	57	0	0	0	45	0	0				

Tabla 10

Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (21/10/2023)

FORMATO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR ESTUDIO DE TRÁFICO																													
TRAMO		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles										ESTACIÓN			Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles														
SENTIDO		2		IDA Y VUELTA																CÓDIGO DE LA ESTACIÓN			E-01						
UBICACIÓN		Distrito de Lima - Provincia Lima - Lima																		DÍA Y FECHA		SABADO		21		10		23	
DÍA		6																											
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS			CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER										
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E		>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3									
TIPOS DE VEHÍCULOS																													
07:00-08:00	IDA	52	15	51	0	12	4				6				3														
	VUELTA	39	16	35	0	13	5				8				1														
08:00-09:00	IDA	59	19	36	0	16	6				1				2				2										
	VUELTA	48	22	37	0	17	8				0				3														
09:00-10:00	IDA	61	42	12	9	18	4				3				3														
	VUELTA	61	41	65	12	19	0				1				0														
10:00-11:00	IDA	62	51	72	13	21	5				0				4														
	VUELTA	52	19	45	16	21	6				0				3				3										
11:00-12:00	IDA	65	23	61	19	21	9				2				1					4									
	VUELTA	61	29	36	21	21	8				2				3					4									
12:00-13:00	IDA	36	31	19	43	41	0				4				2					2									
	VUELTA	38	36	31	42	51	8				5				1					1									
13:00-14:00	IDA	52	41	42	41	31	10				2				6														
	VUELTA	44	41	23	36	22	12				3				6														
14:00-15:00	IDA	31	23	24	35	21	15				4				1														
	VUELTA	25	38	59	45	2	16				2				1														
15:00-16:00	IDA	65	23	17	42	13	5				2				5					1									
	VUELTA	52	35	42	39	12	15				4				1					0									
16:00-17:00	IDA	19	26	15	2	16	19				3				0														
	VUELTA	21	16	25	9	22	5				0				3					3									
17:00-18:00	IDA	22	19	32	1	1	5				0				0														
	VUELTA	15	12	19	15	0	29				0				4					2									
18:00-19:00	IDA	62	31	69	16	15	21				0				9														
	VUELTA	61	32	72	11	19	22				15				5														
19:00-20:00	IDA	0	0	0	0	0	0				0				0														
	VUELTA	0	0	0	0	0	0				0				0														
20:00-21:00	IDA	0	0	0	0	0	0				0				0														
	VUELTA	0	0	0	0	0	0				0				0														
PARCIAL:		1103	681	939	467	445	237	0	0	67	0	0	0	0	67	0	0	0	0	22	0	0							

Tabla 11

Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (22/10/2023)

FORMATO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR ESTUDIO DE TRÁFICO																								
TRAMO		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles														ESTACIÓN		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles						
SENTIDO		2		IDA Y VUELTA																CÓDIGO DE LA ESTACIÓN		E-01		
UBICACIÓN		Distrito de Lima - Provincia Lima - Lima																		DÍA Y FECHA	DOMINGO	22	10	23
DÍA		7																						
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER							
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3				
TIPOS DE VEHÍCULOS																								
07:00-08:00	IDA	58	0	19	0	41	6			0				3				3						
	VUELTA	15	31	21	6	42	7			0				1				1						
08:00-09:00	IDA	22	32	19	9	19	1			0				4				4						
	VUELTA	37	29	21	12	12	4			0				1				2						
09:00-10:00	IDA	44	41	22	21	13	4			0				2										
	VUELTA	51	29	41	0	14	4			0				1										
10:00-11:00	IDA	53	19	63	17	16	4			0				3										
	VUELTA	56	36	61	16	17	0			0				2				1						
11:00-12:00	IDA	61	29	39	12	18	14			2				1				3						
	VUELTA	71	16	42	13	19	1			2				4				4						
12:00-13:00	IDA	72	35	41	8	22	9			4				2										
	VUELTA	45	19	42	2	29	5			4				1										
13:00-14:00	IDA	46	42	4	32	33	9			2				8										
	VUELTA	47	36	22	0	4	1			5				0										
14:00-15:00	IDA	19	18	41	4	2	0			4				0										
	VUELTA	21	32	35	9	2	0			2				0										
15:00-16:00	IDA	15	2	36	2	3	1			2				6										
	VUELTA	32	15	42	3	15	0			3				0										
16:00-17:00	IDA	32	22	26	2	1	6			1				0										
	VUELTA	31	4	19	0	2	9			4				3										
17:00-18:00	IDA	32	26	2	26	1	15			2				0				6						
	VUELTA	23	26	1	9	9	12			3				5				8						
18:00-19:00	IDA	21	929	15	9	9	19			0				0										
	VUELTA	15	19	12	12	18	19			9				4										
19:00-20:00	IDA	0	0	0	0	0	0			0				0										
	VUELTA	0	0	0	0	0	0			0				0										
20:00-21:00	IDA	0	0	0	0	0	0			0				0										
	VUELTA	0	0	0	0	0	0			0				0										
PARCIAL:		919	1487	686	224	361	150	0	0	49	0	0	0	51	0	0	0	32	0	0				

Desde la tabla 5 hasta la tabla 11 se detalla el conteo vehicular realizado durante una semana, de lunes a domingo, entre las 07:00 a.m. hasta las 21:00 p.m. Se registró la presencia de bicicletas, motocicletas, automóviles, camionetas y camiones. Respectivamente en la tabla 5 con sentido ida- vuelta se registró un total de 3592 unidades, en la tabla 6 con sentido ida- vuelta se registró un total de 3063 unidades, en la tabla 7 con sentido ida- vuelta se registró un total de 3065 unidades, en la tabla 8 con sentido ida- vuelta se registró un total de 2330 unidades, en la tabla 9 con sentido ida- vuelta se registró un total de 2643 unidades, en la tabla 10 con sentido ida- vuelta se registró un total de 4028 unidades y finalmente en la tabla 11 con sentido ida- vuelta se registró un total de 3959 unidades.

A continuación, en la tabla 11 se realiza la tabla de resumen del conteo vehicular donde se puede observar un total de 22680 unidades.

Tabla 12

Resumen de Conteo Vehicular Av. Las Torres, Av. Los Laureles-Au. Ramiro Prialé (Semanal)

FORMATO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR ESTUDIO DE TRÁFICO																				
TRAMO		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles										ESTACIÓN		Av. Ramiro Prialé - Av Las Torres- Av Los Laureles						
SENTIDO		2 IDA Y VUELTA										CÓDIGO DE LA ESTACIÓN		E-01						
UBICACIÓN		Distrito de Lima - Provincia Lima - Lima										DÍA Y FECHA		SEMANAL						
DIA																				
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
TIPOS DE VEHÍCULOS																				
07:00-08:00	IDA	259	71	162	28	169	28	0	0	23	0	0	0	35	0	0	0	57	0	0
	VUELTA	236	90	155	41	118	34	0	0	37	0	0	0	43	0	0	0	51	0	0
08:00-09:00	IDA	236	161	165	67	106	38	0	0	70	0	0	0	20	0	0	0	15	0	0
	VUELTA	249	99	157	90	150	32	0	0	19	0	0	0	47	0	0	0	21	0	0
09:00-10:00	IDA	214	178	161	68	95	46	0	0	84	0	0	0	68	0	0	0	6	0	0
	VUELTA	241	183	205	94	77	53	0	0	95	0	0	0	24	0	0	0	40	0	0
10:00-11:00	IDA	229	182	196	104	106	41	0	0	18	0	0	0	41	0	0	0	15	0	0
	VUELTA	200	135	182	102	127	40	0	0	36	0	0	0	45	0	0	0	15	0	0
11:00-12:00	IDA	387	121	231	109	154	63	0	0	64	0	0	0	29	0	0	0	65	0	0
	VUELTA	354	174	150	79	153	56	0	0	28	0	0	0	25	0	0	0	56	0	0
12:00-13:00	IDA	419	182	144	173	181	103	0	0	72	0	0	0	57	0	0	0	28	0	0
	VUELTA	359	236	190	205	200	132	0	0	105	0	0	0	23	0	0	0	10	0	0
13:00-14:00	IDA	326	194	200	159	141	78	0	0	53	0	0	0	80	0	0	0	15	0	0
	VUELTA	244	231	137	108	99	87	0	0	33	0	0	0	57	0	0	0	2	0	0
14:00-15:00	IDA	276	107	210	126	106	119	0	0	75	0	0	0	19	0	0	0	8	0	0
	VUELTA	137	200	143	138	67	62	0	0	75	0	0	0	3	0	0	0	30	0	0
15:00-16:00	IDA	193	161	140	87	100	79	0	0	40	0	0	0	13	0	0	0	1	0	0
	VUELTA	143	116	124	72	96	49	0	0	80	0	0	0	17	0	0	0	8	0	0
16:00-17:00	IDA	131	101	129	18	100	140	0	0	11	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0
	VUELTA	144	69	111	42	34	34	0	0	58	0	0	0	16	0	0	0	6	0	0
17:00-18:00	IDA	166	79	116	90	81	77	0	0	26	0	0	0	4	0	0	0	16	0	0
	VUELTA	103	112	84	92	64	83	0	0	14	0	0	0	24	0	0	0	10	0	0
18:00-19:00	IDA	128	1010	135	105	93	68	0	0	15	0	0	0	40	0	0	0	18	0	0
	VUELTA	205	108	163	67	80	71	0	0	39	0	0	0	19	0	0	0	2	0	0
19:00-20:00	IDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
	VUELTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00-21:00	IDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	VUELTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARCIAL:		5579	4300	3790	2264	2697	1613	0	0	1170	0	0	0	764	0	0	0	503	0	0

Tabla 13*Tabla resumen de Tráfico Diario.*

Tráfico Diario											
Día	Sentido	Auto	Station Wagon	Camioneta			Micro	SemiTrailer	Trailer	Camión	Total de vehículos
				Pick up	Panel	Combi		2S3	2T3	3E	
Lunes	Ida	856	456	413	231	480	365	206	159	426	3592
Martes		680	454	320	411	456	284	192	87	179	3063
Miércoles		739	493	590	339	274	240	124	137	129	3065
Jueves		614	268	484	280	249	116	67	21	231	2330
Viernes		668	461	358	312	432	221	57	45	89	2643
Sábado		1103	681	939	467	445	237	67	22	67	4028
Domingo		919	1487	686	224	361	150	51	32	49	3959
Total		5,579	4,300	3,790	2,264	2,697	1,613	764	503	1,170	22,680
Distribución		25%	19%	17%	10%	12%	7%	3%	2%	5%	100.00%

Tabla 14*Tabla de Clasificación Vehicular.*

Tipos de vehículos	Auto	Station Wagon	Camioneta			Micro	SemiTrailer	Trailer	Camión	Total de vehículos
			Pick up	Panel	Combi		2S3	2T3	2E	
IMD diario	797	614	541	323	385	230	109	72	167	3240
FCE	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	0.993	1.292	1.292	1.292	
IMD anual	792	610	538	321	383	229	141	93	216	3323
Distribución	24%	18%	16%	10%	12%	7%	4%	3%	7%	100%
% Vehículos	86%						14%			

Figura 14

Gráfico de distribución vehicular de tráfico diario

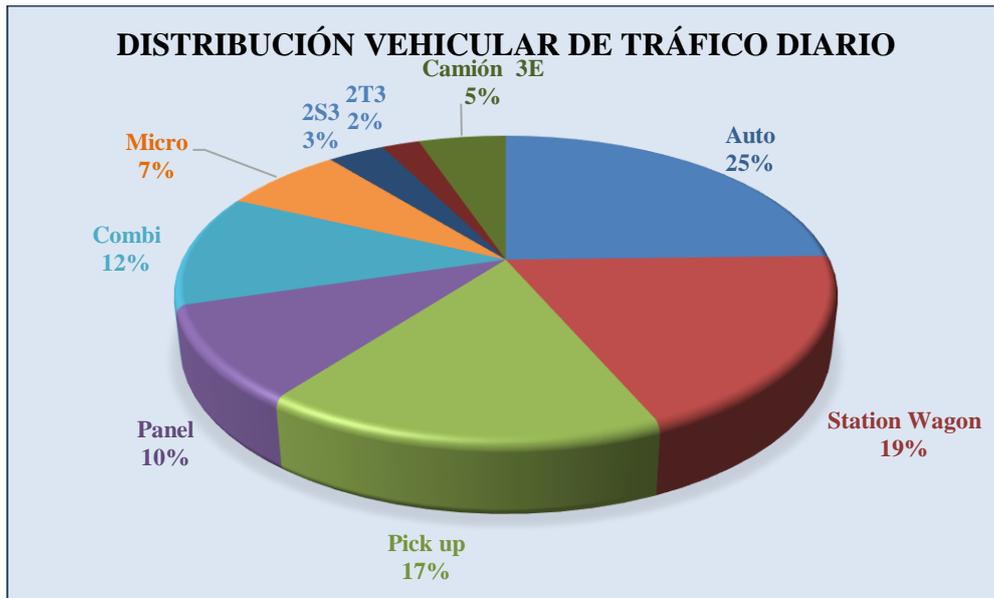
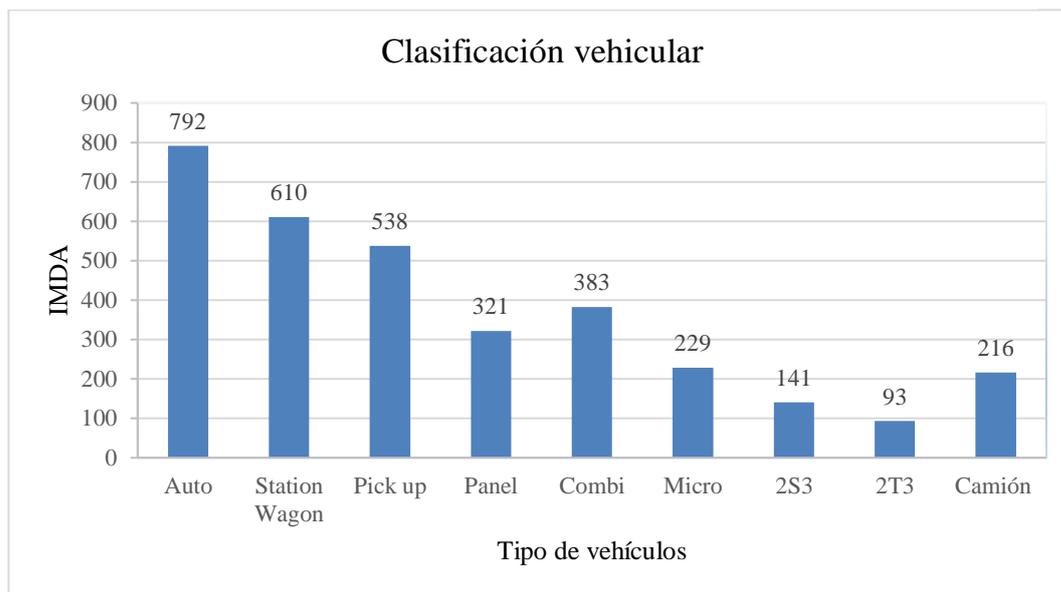


Figura 15

Gráfico de clasificación vehicular



Se puede observar que la mayoría de vehículos presentes en la autopista Ramiro Prialé son autos con 792 unidades, seguido de Station Wagon con 610 unidades y Pick Up con 538 unidades.

Tabla 15*Tabla de Variación Diaria Semanal.*

Semanal											Total	Ligero	Pesado
Hora		Auto	Station Wagon	Camioneta			Micro	SemiTrailer	Trailer	Camión			
				Pick up	Panel	Combi		2S3	2T3	2E			
07:00	08:00	495	161	317	69	287	62	78	108	60	1637	1391	246
08:00	09:00	485	260	322	157	256	70	67	36	89	1742	1480	192
09:00	10:00	455	361	366	162	172	99	92	46	179	1932	1516	317
10:00	11:00	429	317	378	206	233	81	86	30	54	1814	1563	170
11:00	12:00	741	295	381	188	307	119	54	121	92	2298	1912	267
12:00	13:00	778	418	334	378	381	235	80	38	177	2819	2289	295
13:00	14:00	570	425	337	267	240	165	137	17	86	2244	1839	240
14:00	15:00	413	307	353	264	173	181	22	38	150	1901	1510	210
15:00	16:00	336	277	264	159	196	128	30	9	120	1519	1232	159
16:00	17:00	275	170	240	60	134	174	31	6	69	1159	879	106
17:00	18:00	269	191	200	182	145	160	28	26	40	1241	987	94
18:00	19:00	333	1118	298	172	173	139	59	20	54	2366	2094	133
19:00	20:00	0	0	0	0	0	0	0	8	0	8	0	8
20:00	21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En la tabla 15 se puede observar todos los tipos de vehículos que transitan por la autopista Ramiro Prialé se clasifican en tipo de carácter ligero y carácter de tipo pesado. Se puede observar que la mayoría de los vehículos son de tipo carácter ligero.

OE 3: Determinar los factores que se incluyen en la metodología HCM 2010 de la Autopista Ramiro Prialé, dentro del tramo que abarca desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres, con el fin de evaluar la eficiencia y fluidez del tráfico en esa área.

Luego de la recolección de datos en las tablas anteriores, se hará la aplicación de las siguientes fórmulas:

3.3. Cálculo de factores

3.3.1. Cálculo del factor por bloqueo de buses que se detienen en la zona

Figura 16

Fórmula para cálculo por bloqueo

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4Nb}{3600}}{N} \geq 0.050$$

Donde:

N: Número de carriles exclusivo en el grupo de movimiento.

Nb: Número de carriles por sentido.

Por lo tanto:

$$f_{bb} = \frac{5 - \frac{14.4(2)}{3600}}{5} \geq 0.050$$

$$f_{bb} = \frac{4 - \frac{14.4(2)}{3600}}{4} \geq 0.050$$

$$f_{bb} = 0.99 \geq 0.050$$

3.3.2. Cálculo del factor de ajuste por utilización de carril

Figura 17

Fórmula para cálculo del factor de ajuste

$$f_{LU} = \frac{V_g}{V_{g1} * N}$$

Donde:

V_g: demanda para el grupo de movimiento (Veh/h).

V_{g1} : demanda del carril exclusivo con el volumen más alto.

N: Número de carriles exclusivo en el grupo de movimiento.

Por lo tanto:

$$f_{LU} = \frac{400 \text{ veh/h}}{600 \text{ veh/h} * 4}$$

$$f_{LU} = 0.16$$

3.3.3. Cálculo del factor por giro a la derecha del grupo

Figura 18

Fórmula para cálculo del factor por giro a la derecha

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

Donde:

Tabla 16

Factores E_R para carriles.

Tipo de Carril	E_R (Equivalentes ADE para vehículos de giro a la derecha)
Un carril exclusivo o compartido	1.18
Dos o más carriles exclusivos o compartidos	1.33

Por lo tanto:

$$f_{RT} = \frac{1}{1.33}$$

$$f_{RT} = 0.75$$

3.3.4. Cálculo del factor por giro a la izquierda del grupo

Figura 19

Fórmula para cálculo del factor por giro a la izquierda

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

Donde:

Tabla 17

Factores EL para carriles

Sentido a la izquierda carril compartido con presencia de sentido opuesto							
Circulación Opuesto	1	200	400	600	800	1000	1200
E _L	1.4	1.7	2.1	2.5	3.1	3.7	4.5
Sentido a la izquierda carril único con presencia de sentido opuesto							
Circulación Opuesto	1	200	400	600	800	1000	1200
E _L	1.3	1.6	1.9	2.3	2.8	3.3	4.0

Por lo tanto:

$$f_{RT} = \frac{1}{1.9}$$

$$f_{RT} = 0.52$$

3.3.5. Cálculo del factor de peatones para grupos por giro a la izquierda

Figura 20

Fórmula para cálculo del factor de peatones para grupos por giro a la izquierda.

$$V_{pedg} = V_{ped} \frac{C}{g_{ped}} \leq 5000$$

Donde

V_{pedg}: demanda peatones durante el tiempo de verde.

V_{ped}: demanda de peatones en la hora pico (p/h)

C: longitud del ciclo del semáforo (s)

g_{ped}: tiempo de verde para el paso de peatones (s)

OCC_{pedg}: ocupación de peatones en verde.

Por lo tanto:

$$V_{pedg} = 20.5 \frac{91}{44} \leq 5000$$

$$V_{pedg} = 42.39$$

3.3.6. Cálculo del Ámbar (A)

Figura 21

Fórmula para cálculo del factor de peatones para grupos por giro a la izquierda

$$A = t + \frac{V}{2a}$$

Donde:

t: tiempo todo rojo

V: velocidad de aproximación (m/s)

A: desaceleración del vehículo (3.05 m/s²)

Por lo tanto:

$$A = 0.34 \text{ s} + \frac{19.44 \text{ m/s}}{2(3.05 \text{ m/s}^2)}$$

$$A = 3.52 \text{ s}$$

3.3.7. Cálculo de Todo Rojo (TR)

Figura 22

Fórmula para cálculo del Todo Rojo

$$TR = \frac{(W + L)}{V}$$

Donde:

Tabla 18

Velocidad de flujo libre aplicando HCM 2010

Factor	HCM 2010
--------	----------

Velocidad FFS	72.7 km/h
---------------	-----------

Fuente: Extraído de manual HCM 2010.

W=Ancho de la intersección (m)

L=Longitud de vehículo (m)

V=Velocidad de aproximación (m/s)

Por lo tanto:

$$TR = \frac{(3m + 3.75m)}{20.19 \text{ m/s}}$$

$$TR = \frac{6.75m}{19.44 \text{ m/s}}$$

$$TR = 0.34 \text{ s}$$

3.3.8. Tiempo Perdido del ciclo(s)

Figura 23

Fórmula para cálculo del Todo Rojo

$$T_{PC} = \sum_{i=1}^{i=\Phi} (A + TR)i$$

Donde:

A=Tiempo de ámbar por fase (s).

TR=Tiempo todo rojo por fase(s).

Φ = Número de fases.

Por lo tanto:

$$T_{PC} = \sum_{i=1}^{i=\Phi} (3.52s + 0.34s)1$$

$$T_{PC} = 3.86 \text{ s}$$

3.3.9. Razón de flujo crítico por fase

Figura 24

Fórmula para razón de flujo crítico por fase

$$Y_i = \frac{q_i}{Ns_i}$$

Donde:

q_i = Demanda ajustada por fase (ADE/h).

Ns_i = Flujo de saturación ajustado por fase (ADE/h).

Por lo tanto:

$$Y_i = \frac{1.65}{1.67}$$

$$Y_i = 0.98$$

3.3.10. Ciclo óptimo (Webster)

Figura 25

Fórmula para ciclo óptimo

$$C_o = \frac{1.5T_{pc} + 5}{1 - \sum Y_i}$$

Donde:

T_{pc} = Tiempo perdido en ciclo (s).

Y_i =Razón de flujo crítico por fase.

Por lo tanto:

$$C_o = \frac{1.5(3.86) + 5}{1 - 0.98}$$

$$C_o = \frac{10.79}{0.02}$$

$$C_o = 53.95$$

3.3.11. Asignación de tiempos de verde

Figura 26

Fórmula para asignación de tiempos de verde

$$TV = C_o - T_{pc}$$

Donde:

Co: Ciclo óptimo (s).

Tpc: Tiempo perdido en el ciclo(s)

Por lo tanto:

$$TV = \frac{49 s - 5 s}{44 s}$$

3.3.12. Factor de Hora Punta

Figura 27

Fórmula para hallar el Factor de Hora Punta.

$$PFH = \frac{q}{4xq_{15m\acute{a}x}}$$

Donde:

PFH: Factor Hora Punta

q: Intensidad de vehículos mixtos por hora por carril

q_{15m^áx}: Intensidad máxima de vehículos de los 15 minutos más cargados en una hora por carril.

Por lo tanto:

$$PFH = \frac{144}{4x42}$$
$$PFH = 0.857$$

3.3.13. Cálculo de factor hora vehículo

Figura 28

Fórmula para hallar el Factor de Hora Vehículo.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_t(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Por lo tanto:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 2(1.9 - 1) + 1.75(1.33 - 1)}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{3.37}$$
$$f_{HV} = 0.29$$

3.3.14. Cálculo de intensidades

Figura 29

Fórmula para encontrar la intensidad

$$\text{Intensidad (veh/h/carril)} = \frac{\text{volumen(veh/h)}}{PFH \times N \times f_{HV} \times f_c}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/carril)} = \frac{1271}{0.85 \times 4 \times 0.29 \times 1.1}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/carril)} = 1171.86$$

OE 4: Proponer las medidas y acciones que actualmente se deberían de aplicar para el control del flujo vehicular en la Autopista Ramiro Prialé, dentro del tramo que abarca desde la Avenida Los Laureles hasta la Avenida Las Torres, con el propósito de identificar su grado de efectividad y su contribución a la reducción del tráfico.

Para realizar el presente objetivo, se tomó en consideración hacer el cálculo de ESAL a una proyección de 20 años, es decir para el año 2043. El ESAL se define como el Número de Repeticiones de Carga Equivalente de un Eje Simple de Ruedas Duales de Carga Standard tomando en consideración tres tipos de vehículos de clasificación el camión de 02 ejes, Semi Trailer 2S3 y el Trailer 2T3. El proceso mencionado anteriormente se mostrará en la Tabla 19.

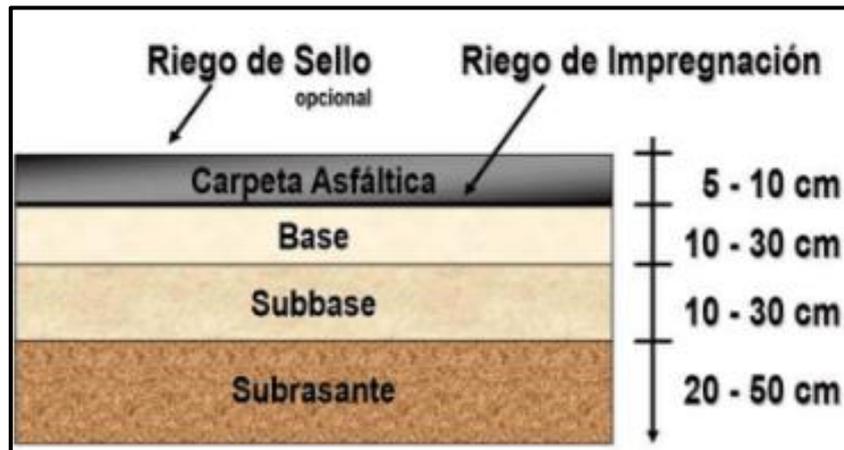
Tabla 19

Cálculo de ESAL (2043) para pavimento flexible.

PAVIMENTO FLEXIBLE																																				
$\text{Factor } Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$ $EE_{\text{dia... carril}} = IMDpi \times Fd \times Fc \times Fvpi \times Fpi$ $Nrep \text{ de } EE_{8,2t} = \Sigma (EE_{\text{dia... carril}} \times Fca \times 365)$																																				
Tipo de Vehículo	Cargas por ejes en Toneladas		DMD _A 2023	Factor camión y Buss				r (%)	n (años)	Fca	Fd	Fc	Fp	EE _{8,2t} Ejea-carril	EE _{8,2t}	EE _{8,2t}																				
	Ejes posteriores			Eje delantero	Ejes posteriores											Total (Fvp)	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
	Tridem				Simple	Tándem	Tridem																													
Camión 2 ejes	C2		216	1.27	3.24		4.50	5.00%	20	33.07	0.50	1.00	1.00	486.44	5.87E+06	1.78E+05	3.64E+05	5.60E+05	7.65E+05	9.81E+05	1.21E+06	1.45E+06	1.70E+06	1.96E+06	2.23E+06	2.52E+06	2.83E+06	3.14E+06	3.48E+06	3.83E+06	4.20E+06	4.59E+06	4.99E+06	5.42E+06	5.87E+06	
Semi Trailer	2S3		141	1.27	2.02	2.02	5.30	5.00%	20	33.07	0.50	1.00	1.00	374.07	4.51E+06	1.37E+05	2.80E+05	4.30E+05	5.88E+05	7.54E+05	9.29E+05	1.11E+06	1.30E+06	1.51E+06	1.72E+06	1.94E+06	2.17E+06	2.42E+06	2.68E+06	2.95E+06	3.23E+06	3.53E+06	3.84E+06	4.17E+06	4.51E+06	
Trailer	2T3		18	1.27	3.24	3.24	2.02	9.76	5.00%	20	33.07	0.50	1.00	1.00	453.26	5.47E+06	1.65E+05	3.39E+05	5.22E+05	7.13E+05	9.14E+05	1.13E+06	1.35E+06	1.58E+06	1.82E+06	2.08E+06	2.35E+06	2.63E+06	2.93E+06	3.24E+06	3.57E+06	3.91E+06	4.28E+06	4.66E+06	5.05E+06	5.47E+06
															1.59E+07																					

Figura 30

Espesores para pavimento flexible de la Autopista Ramiro Prialé



Nota. Adaptado de "Propiedades del asfalto", por Leandro Villarroel, 2016 ([Propiedades del asfalto](#))

De lo anterior se consideró un pavimento flexible con una carpeta asfáltica de 10 cm, con base de 15 centímetros, una subbase de 20 centímetros y una subrasante de 25 centímetros. Los anteriores espesores se propondrán en función al ESAL como proyección a 20 años que se realizó en la tabla 15, por lo que esto se considera como una alternativa de solución de carácter estructural y funcional para la autopista Ramiro Prialé.

En relación a los datos obtenidos en los objetivos desarrollados en párrafos anteriores que hacen referencia a volúmenes, flujos, velocidades y geometría en la intersección, por lo que se hará la propuesta de tres alternativas más.

Para la alternativa 1 (Optimización de tiempos semafóricos), dado que con esto el nivel de saturación tendrá una reducción de 1.58 a 1.25; además el tiempo en demora total tendrá una reducción de 23.12 segundos respecto al valor inicial, teniendo como resultado un nivel de servicio de valor F en las entradas Oeste, Este y Sur, y también un Nivel de Servicio E en el ingreso Norte; respetando el nivel de servicio F existente.

Para la opción 2 (Restringir los vehículos de 3 ruedas), se presenta un grado de saturación con una reducción de 58 segundos respecto al valor inicial; así como también el tiempo en demora total tendrá una reducción de 111.31 segundos respecto del valor inicial, lo que nos da como resultado un nivel de servicio D en los accesos Sur y Este, por otra parte en el lado Norte un nivel de servicio C y en el ingreso Oeste un nivel de servicio E; teniendo mejoría en el nivel de servicio del cruce D.

En la opción 3 (Modificación de sección vial – Aumento de carril), el nivel de congestión presentará una reducción de 0.39 respecto del valor inicial; además la demora total tendrá una disminución de 164 segundos a 134 segundos, dando como resultado el nivel de servicio F en los ingresos Sur, Oeste y Este y un nivel de servicio E en el ingreso Norte; manteniendo el nivel de servicio F.

Con relación a la mejor propuesta aplicando las opciones 1 y 2, se tendrá como resultado que el grado de saturación tendrá una disminución de 135.1 segundos, el tiempo perdido total tendrá una reducción 124.91 segundos respecto al valor inicial, resultando un nivel de servicio D en los ingresos Sur, Oeste y Este, además un nivel de servicio C en el ingreso Norte.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Cuando se realizó la identificación de las características particulares que influyen en la congestión vehicular de la Autopista Ramiro Prialé, entre los resultados se determinó que la presencia de diferentes centros públicos que existe en el área de estudio es una variable importante del comportamiento del tránsito, debido a que se genera viajes de rutina que pueden determinar en cierta medida el comportamiento del flujo de tránsito.

Otro factor que genera el congestionamiento vehicular es la propia zonificación propia de la zona genera mayor cantidad de tráfico especialmente en los días de semana (lunes y domingo) entre las horas de 07:00 am, 09:00 am y 05:00 pm. Otro factor que también se puede identificar como influyente es que las avenidas Las Torres y Los Laureles solo cuentan con un máximo de dos sentidos y un mínimo de un sentido, el cual solo tiene el ancho de calzada, pero excluye otros componentes que según el IMP deben de considerarse como la berma, separadores centrales y separadores laterales.

Por último, la señalización también es otro factor que influye en la congestión vehicular, ya que en muchos de los tramos y/o progresivas a lo largo de toda la Autopista Ramiro Prialé solo cuentan con pocas señales informativas, preventivas y en muchos de estos tramos ni siquiera cuentan con la señalización de flechas de color blanco en la superficie de rodadura de la calzada.

Cuando se analizó las características de la zona de estudio, esto era fundamental para calcular o sincronizar la capacidad sin permitir que los flujos de tráfico operaran en determinados momentos. Otro factor son las capacidades vehiculares, los cuales son datos importantes para comprender el nivel de servicio de la intersección analizada. Por tanto, se debe considerar la formación teórica y práctica de los empleados asignados a esta tarea. Considerar sólo uno de ellos puede dar lugar a una recogida de datos incorrecta. El resultado es un análisis de intersecciones poco realistas, es por ello que cuando se realizó el conteo vehicular para las avenidas de Las Torres y Los Laureles, se pudo identificar que los vehículos con mayor flujo vehicular en la Autopista Ramiro Prialé son las bicicletas, las motos lineales, las camionetas pick up o también rurales y los camiones.

El proceso de conteo se realizó durante una semana en las avenidas mencionadas considerando la dirección de NO-SE Y SE-NO. El horario elegido comprendió entre las 07:00 am hasta las 09:00 pm.

De lo anterior se puede observar que en la tabla 12 de resultados finales, la mayor cantidad de flujo vehicular durante la semana radica entre las horas de 07:00 am á 11:00 am 12:00 pm á 15:00 h. y 18:00 h. De lo anterior se hace énfasis en la tabla 11 donde se realiza la tabla de resumen del conteo vehicular con un total de 22680 unidades.

También se puede observar que el mayor índice de vehículos corresponde a la clasificación de autos, Station Wagon y camionetas donde la mayoría de vehículos presentes en la autopista Ramiro Prialé son autos con 792 unidades, seguido de Station Wagon con 610 unidades y Pick Up con 538 unidades.

Así mismo en la tabla 15 se puede observar que los autos y Station Wagon pertenecen a la categoría de vehículos de tipo ligero.

Como parte de las medidas y acciones de mejora que se consideraron para dar solución al congestionamiento vehicular en la autopista Ramiro Prialé, hemos podido identificar la nueva propuesta de un pavimento flexible con una carpeta asfáltica de 0.10 m, una base de 0.15 m, una subbase de 0.20 m y una subrasante de 0.25 m.

Otras de las medidas identificadas radicaron en la optimización de los tiempos semafóricos con la cual el nivel de saturación de la autopista mencionada tendrá una reducción de 1.65 a 1.27; así mismo la demora total tendrá una reducción de 164.81 segundos a 148.30 segundos. Para la restricción del vehículo trimoto con la cual la autopista mencionada tendrá una reducción de 1.65 a 1.00; así mismo la demora total tendrá una reducción de 164.81 segundos a 44.5 segundos.

Finalmente, con el aumento de los carriles el grado de saturación tendrá una reducción de 1.65 a 1.26; así mismo la demora total tendrá una reducción de 164.81 segundos a 134 segundos.

Según estudios realizados se pudo determinar que el modelo de capacidad calibrado HCM 2010, es el modelo más adecuado y representativo porque la correlación de la curva de ajuste es alta, 0,9747, en comparación con los modelos de calibración restantes.

El modelo de capacidad calibrado HCM 2010, con una confiabilidad de 97% para tramos normales de carretera con curvas de ajustes que se han desarrollado tomando en consideración el comportamiento local de los segmentos básicos en función de la velocidad y la intensidad.

RECOMENDACIONES

Basado en la investigación de tráfico realizada de la Au. Ramiro Prialé, este nos pudo admitir hacer la propuesta de medidas y/o acciones que se basan en la implementación de la metodología HCM, por lo cual se sugiere la utilización del prototipo de capacidad calibrado HCM 2010, para ambas distancias principales de la autopista Ramiro Prialé, ya que esta posee una adecuada confiabilidad al 97%.

A su vez cuando se realiza la verificación del prototipo del HCM 2010 calibrado aplicándolo en los recorridos principales de cualquier autopista representado por Rutas de Lima SAC se advierte que el uso del HCM 2000 solo muestra relevancia dentro de un nivel de servicio D, sin embargo, con el uso del modelo HCM 2010 calibrado nos muestra que esos valores se localizarían dentro de un nivel de servicio E.

De lo anterior, se recomienda utilizar el modelo de capacidad calibrado HCM 2010 en futuros compromisos viales en Lima, porque de esta manera se obtienen resultados de capacidad de acuerdo a las limitaciones locales y se implementan acciones preventivas ya que habría resultados de capacidad autentico para el nivel de servicio deseado.

REFERENCIAS

- Aarón, M. A., Gómez, C. A., Fontalvo, J., & Gómez, A. J. (2019). Análisis de la Movilidad Vehicular en el Departamento de La Guajira usando Simulación. El Caso de Riohacha y Maicao. *Información tecnológica*, 30(1), 321-332. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000100321>
- Asociación Automotriz del Perú (2023) LIMA SE CONVIERTE EN LA CIUDAD CON MAYOR CONGESTIÓN VEHICULAR DE AMÉRICA LATINA. <https://aap.org.pe/lima-se-convierte-en-la-ciudad-con-mayor-congestion-vehicular-de-america-latina-informe-tom-tom-world-air-quaility/>
- Carlos Pajuelo Cubillas. (2007). Estudio de factibilidad construcción y mantenimiento de carretera central – Tramo autopista Ramiro Prialé. [Autopista RPRIALE Lima PERU | PPT \(slideshare.net\)](#)
- Del Mar, & Vásquez. (2019). Propuesta para la reducción del congestionamiento vehicular en las avenidas La Marina y Faustino Sánchez Carrión, desde la Av. Antonio José de Sucre hasta la Av. Gregorio Escobedo, mediante el uso del software Synchro 8
- Dorado-Zaldivar, E. (2021). La gestión vinculada a la construcción de la carretera central en Holguín. *Ciencias Holguín*, 27(2), 15-27.
- El Comercio. (2016). Vía Ramiro Prialé. [Ampliación de vía Ramiro Prialé afectará 786 predios | LIMA | EL COMERCIO PERÚ](#)
- Floiran, A., & Terrones, L. (2022). Propuesta de mejoras basada en la metodología HCM 2010 para la reducción de la congestión vehicular en las intersecciones de las avenidas Pablo Casals, América Oeste y Mansiche, Trujillo-2022. <https://hdl.handle.net/11537/32264>
- Google Maps. (s.f-a). [Mapa de Autopista Ramiro Prialé]. Recuperado el 14 de setiembre de 2023, de <https://maps.app.goo.gl/2Lvi35PNvBA7c1j46>
- Google Maps. (s.f-b). [Mapa de Autopista Ramiro Prialé]. Recuperado el 14 de setiembre de 2023, de <https://maps.app.goo.gl/ncqtU3Efn4jD6mXA>
- Google Maps. (s.f-c). [Mapa de Autopista Ramiro Prialé]. Recuperado el 14 de setiembre de 2023, de <https://maps.app.goo.gl/aAcRuYgz4obhVjd89>

- Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2023). *Flujo vehicular por unidades de peaje*. Recuperado 15 septiembre del 2023, de <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/04-informe-tecnico-flujo-vehicular-feb-2023.pdf>
- Villarroel, L (2016). Propiedades del asfalto. [Propiedades del asfalto](#)
- Maldonado, M., Herz, M., & Galarraga, J. (2012). Modelación de operación en carreteras argentinas y recomendaciones de ajustes al Manual de Capacidad HCM 2010. *Transportes*, 51-61
- Mc Cubbin, R. (2023, abril 21). SJL: reportan gran congestión vehicular en autopista Ramiro Prialé por accidente de tránsito. La República. <https://larepublica.pe/sociedad/2023/04/20/sjl-reportan-gran-congestion-vehicular-en-autopista-ramiro-Prialé-por-accidente-de-transito-chosica-el-agustino-nvb-1383920>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de carreteras: diseño geométrico dg – 2018, 189. [Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf \(mtc.gob.pe\)](#)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras, 71. [MC-09-16 Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.pdf - Google Drive](#)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2003). Reglamento nacional de vehículos. [Decreto Supremo N° 058-2003-MTC.pdf \(www.gob.pe\)](#)
- Oscar Farje (2017). Vista aérea de la apertura del puente Huaycoloro. <https://andina.pe/agencia/noticia-se-reabrio-transito-autopista-ramiro-priale-tras-instalacion-puente-metalico-653146.aspx>
- Panduro, C. (2022). Evaluación de la congestión vehicular en un tramo del Jr. Ancash entre la Av. Plácido Jiménez y el óvalo La Paz, aplicando la metodología HCM 2010. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/6255>
- Rincón, M. A., Vargas, W. E., González, C. J., Chala, J. D., & Rivas, M. (2011). Análisis de las velocidades de operación en los carriles mixtos de las troncales del transporte masivo

en bogotá–hacia una propuesta de aumento de la velocidad máxima permitida. Revista de Topografía AZIMUT, 3, 47-55. <http://hdl.handle.net/11349/25753>

Rutas de Lima. (2018). Ampliación Ramiro Prialé – Nueva Autopista Central. [Ramiro Prialé - Rutas de Lima](#)

Thenoux, G., & Soledad, L. (2004). Aplicación y Calibración del Highway Capacity Manual versión 2000(HCM200) en una autopista chilena del departamento de Ingeniería y Gestión de la construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile, 8.

Transportation Research Board. (2010). Highway Capacity Manual 2010. Washington DC, U.S.A. <https://es.scribd.com/document/514495275/ESP-Highway-Capacity-Manual-5th-Edition-HCM-2010-Vol-2>

ANEXOS

Anexo 1

Tipos y Descripciones de vehículos ligeros y pesados.

Tipo	Características	Descripción
Vehículo Ligero	Vehículo Ligero	Automóvil
	Station Wagon	Colectivos
	Camioneta Pick up	SUV 4 x 4
	Camioneta Panel	Camioneta Cerrada de carga
	Camioneta Rural	Combi
	Microbús	Coaster y Micro livianos
Vehículo Pesado	Bus	Buses de 2 y 3 ejes
	C2	Camión de 2 ejes (2 ejes simples)
	C3	Camión de 3 ejes (1 eje simple y 1 eje doble)

C4	Camión de 4 ejes (1 eje simple y 1 eje triple)
Camión Cisterna	Camión de 2 ejes (2 ejes simples)
T2S1 (2S1)	Semi-trailer (3 ejes simples)
T2S2 (2S2)	Semi trailer (3 ejes, 2 ejes simples y 1 eje doble)
T2S3 (2S3)	Semi trailer (3 ejes, 2 ejes simples y 1 eje triple)
T3S2 (3S2)	Semi trailer (3 ejes, 1 eje simple y 2 ejes dobles)
T3S3 (3S3)	Semi trailer (3 ejes, 1 eje simple y 1 eje doble y 1 eje triple)
C2R2 (2T2)	Trailer (Camión C2 + Carreta de 2 ejes simples)
C3R3 (2T3)	Trailer (Camión C2 + Carreta de 2 eje, 1 simple y 1 doble)
C3R2 (3T2)	Trailer (Camión C3 + Carreta de 2 ejes simples)
C3R3 (3T3)	Trailer (Camión C3 + Carreta de 2 ejes, 1 simple y 1 doble)

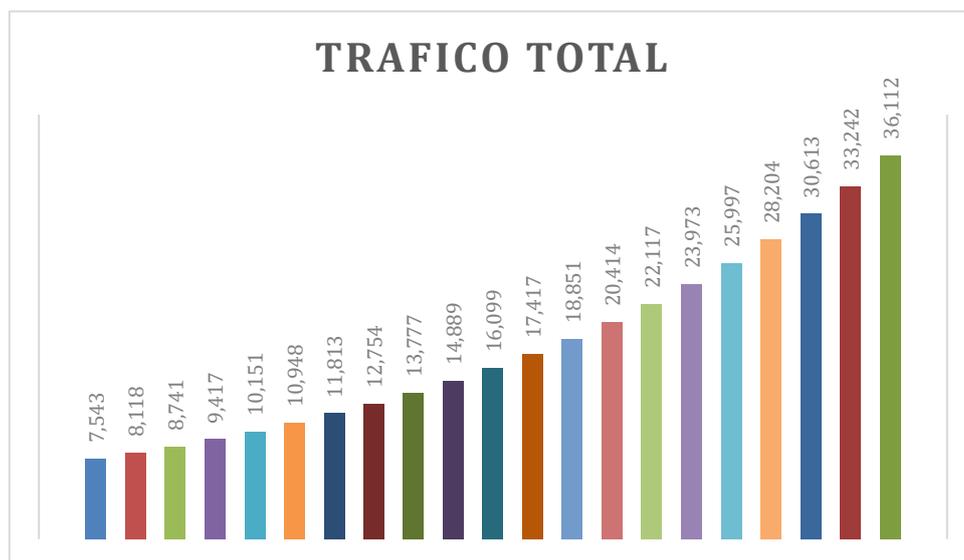
Anexo 2

Tráfico total al año 2023.

Tráfico total										
Año	Auto	Station Wagon	Camioneta			Micro	SemiTrailer	Trailer	Camión 2E	Total de vehículos
			Pick up	Panel	Combi		2S3	2T3		
2023	1,798	958	867	485	1,008	767	433	334	895	7,543
2024	1,935	1,031	933	522	1,085	825	466	359	963	8,118
2025	2,083	1,110	1,005	562	1,168	888	501	387	1,037	8,741
2026	2,244	1,196	1,083	606	1,258	957	540	417	1,117	9,417
2027	2,419	1,289	1,167	653	1,356	1,031	582	449	1,204	10,151
2028	2,609	1,390	1,259	704	1,463	1,112	628	485	1,298	10,948
2029	2,815	1,500	1,358	760	1,579	1,200	677	523	1,401	11,813
2030	3,039	1,619	1,466	820	1,704	1,296	731	565	1,513	12,754
2031	3,283	1,749	1,584	886	1,841	1,400	790	610	1,634	13,777
2032	3,548	1,890	1,712	958	1,990	1,513	854	659	1,766	14,889
2033	3,837	2,044	1,851	1,035	2,151	1,636	923	713	1,909	16,099
2034	4,151	2,211	2,003	1,120	2,327	1,770	999	771	2,066	17,417
2035	4,492	2,393	2,167	1,212	2,519	1,916	1,081	834	2,236	18,851
2036	4,865	2,592	2,347	1,313	2,728	2,074	1,171	904	2,421	20,414
2037	5,271	2,808	2,543	1,422	2,955	2,247	1,268	979	2,623	22,117
2038	5,713	3,043	2,756	1,542	3,203	2,436	1,375	1,061	2,843	23,973
2039	6,195	3,300	2,989	1,672	3,474	2,642	1,491	1,151	3,083	25,997
2040	6,721	3,580	3,243	1,814	3,769	2,866	1,617	1,248	3,345	28,204
2041	7,295	3,886	3,520	1,969	4,091	3,111	1,756	1,355	3,631	30,613
2042	7,922	4,220	3,822	2,138	4,442	3,378	1,906	1,471	3,942	33,242
2043	8,606	4,584	4,152	2,322	4,826	3,670	2,071	1,599	4,283	36,112

Anexo 3

Gráfico tendencia a aumento de Tráfico total al año 2023



Anexo 4

Gráfico de tabla 15: Variación diaria semanal.

