

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elías Aguirre
con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Renatto Stephano Velasquez Lucanas

ASESOR

Roberto Carlos Castillo Velarde

<https://orcid.org/0000-0002-9992-6596>

Chiclayo, 2026

**Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elías
Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo**

PRESENTADA POR

Renatto Stephano Velasquez Lucanas

**A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de**

INGENIERIO CIVIL

APROBADA POR

**Segundo Guillermo Carranza Cieza
PRESIDENTE**

**Ruben Eli Estrada Chunga
SECRETARIO**

**Roberto Carlos Castillo Velarde
VOCAL**

DEDICATORIA

Dedico este logro con todo mi amor y gratitud a mis padres, quienes son la base de mi vida.

A mi padre, Luis Alberto Velásquez Lezama, mi pilar fundamental en todo lo que soy. Cada uno de mis logros es reflejo de su ejemplo, esfuerzo y amor incondicional. Gracias por ser mi guía, por enseñarme el valor del trabajo, la responsabilidad y la constancia, y por nunca dejar de creer en mí.

A mi madre, María Haydee Lucanas Matta, por su amor infinito, su comprensión en los momentos difíciles y por estar siempre a mi lado con palabras de aliento. Su fortaleza, dulzura y sacrificio me han inspirado a no rendirme y a luchar por mis sueños.

A mi hija, Lucianna Catalina Velásquez Samamé, razón de mi esfuerzo diario y fuente inagotable de motivación. Todo lo que hago es por y para ti.

A todos ellos, dedico con el corazón esta meta cumplida, fruto del amor, el esfuerzo y la unión familiar.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos mis profesores e ingenieros de la carrera de Ingeniería Civil, quienes contribuyeron con su enseñanza y experiencia a mi formación profesional.

De manera especial, agradezco al Ing. Roberto Castillo Velarde, mi asesor de tesis, por su orientación, paciencia y compromiso durante todo el desarrollo del trabajo.

Asimismo, al profesor metodológico, Dr. Ing. López Carranza Atilio Rubén, por su constante apoyo y guía académica.

Extiendo también mi gratitud a todos mis compañeros y amigos universitarios, quienes con su ayuda, compañerismo y ánimo, hicieron de esta etapa una experiencia valiosa y enriquecedora.

A cada persona que, de una u otra manera, formó parte de este proceso, les agradezco profundamente por acompañarme en el camino hacia este importante logro profesional y personal.

TURNITIN

Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry - Elías Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo.do...

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Document Details

Submission ID

trn:oid::3117:521385598

Submission Date

Nov 1, 2025, 2:30 AM GMT-5

Download Date

Nov 1, 2025, 5:30 AM GMT-5

File Name

Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry - Elías Aguirre con enfoque HCM y propue...docx

File Size

226.4 KB

78 Pages

34,963 Words

190,567 Characters



Page 1 of 94 - Cover Page

Submission ID trn:oid::3117:521385598



Page 2 of 94 - Integrity Overview

Submission ID trn:oid::3117:521385598

14% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

12% Internet sources

2% Publications

11% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

ÍNDICE

RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN.....	17
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	23
ANTECEDENTES.....	23
ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	23
ANTECEDENTES NACIONALES.....	24
ANTECEDENTES LOCALES	26
BASES TEÓRICAS.....	28
CIRCULACIÓN VEHICULAR	28
NUDOS VIALES E INTERSECCIONES	31
FLUJO VEHICULAR Y DEMANDA.....	33
ENFOQUE DEL HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM) EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS	36
SINCRONIZACIÓN SEMAFÓRICA	42
AFORO Y RECOLECCIÓN DE DATOS.....	43
SIMULACIÓN DE TRÁFICO CON SUMO	45
SEGURIDAD VIAL.....	46
AUTORIDAD Y GESTIÓN DEL TRÁNSITO URBANO EN CHICLAYO ..	47
RED VIAL URBANA DE CHICLAYO.....	49
MATERIALES Y METODOS.....	52
MATERIALES.....	52
MATRICES.....	54
MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	54

MATRIZ DE CONSISTENCIA	55
FLUJOGRAMA.....	56
METODOLOGIA.....	57
Alcance de la investigación: Explicativa	57
Tipo de investigación: Aplicativa.....	57
Diseño de la investigación: Cuantitativo Experimental.....	57
POBLACIÓN Y MUESTRA	58
POBLACIÓN.....	58
MUESTRA.....	58
MUESTREO	59
TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	59
TECNICAS	59
INSTRUMENTOS	60
METODOS PARA EL TRABAJO DE CAMPO, RECOLECCION DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN GABINETE.....	61
OBJETIVO: REALIZAR UN INVENTARIO VIAL DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL NUDO VIAL SALAVERRY – ELÍAS AGUIRRE.	61
OBJETIVO: OBTENER LOS DATOS SOBRE EL FLUJO VEHICULAR Y LA SINCRONIZACIÓN SEMAFÓRICA PARA HALLAR EL IMD EN EL NUDO VIAL SALAVERRY – ELÍAS AGUIRRE	67
OBJETIVO: EVALUAR LA DEMANDA ACTUAL Y PROYECTADA DE LAS AVENIDAS Y CALLES ALIMENTADORAS AL NUDO VIAL SALAVERRY – ELÍAS AGUIRRE	80
OBJETIVO: DETERMINAR LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA CIRCULACIÓN VEHICULAR DEL NUDO VIAL SALAVERRY – ELÍAS AGUIRRE Y SUS VÍAS ALIMENTADORAS UTILIZANDO EL ENFOQUE HCM.....	81

OBJETIVO: PROPUESTA DE UN NUEVO FLUJO VEHICULAR, SINCRONIZACIÓN DE SEMÁFOROS Y APROVECHAMIENTO DE LOS ESPACIOS QUE MEJORE LA CIRCULACIÓN VEHICULAR EN EL NUDO VIAL SALAVERRY-ELÍAS AGUIRRE.....	82
OBJETIVO: EVALUAR LA EFECTIVIDAD DE LAS MEJORAS PROPUESTAS MEDIANTE SIMULACIONES CON SOFTWARE ESPECIALIZADO Y COMPARAR LOS RESULTADOS CON EL ESTADO ACTUAL DEL TRÁFICO	83
RESULTADOS Y DISCUSIONES	105
RESULTADOS	105
RESULTADOS OBTENIDOS DEL INVENTARIO VIAL DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL NUDO VIAL SALAVERRY-ELIAS AGUIRRE (OBJETIVO 1).....	105
RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL FLUJO VEHICULAR Y LA SINCRONIZACIÓN SEMAFÓRICA PARA HALLAR EL IMD EN EL NUDO VIAL SALAVERRY – ELÍAS AGUIRRE (OBJETIVO 2).....	116
RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACION DE LA DEMANDA ACTUAL Y PROYECTADA DEL NUDO VIAL Y VÍAS ALIMENTADORAS (OBJETIVO 2).....	127
RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN HCM EN EL NUDO VIAL Y VÍAS ALIMENTADORAS (OBJETIVO 4).....	131
PROPUESTAS DE MEJORAS: REDISEÑO DEL FLUJO VEHICULAR Y SINCRONIZACIÓN SEMAFÓRICA (OBJETIVO 5)	150
EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE LAS MEJORAS MEDIANTE SIMULACIONES SUMO (OBJETIVO 6)	160
DISCUSIONES	161
DISCUSIÓN DEL OBJETIVO GENERAL	161
DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECIFICO 1	162

DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECIFICO 2	163
DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECIFICO 3	164
DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECIFICO 4	165
DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECIFICO 5	166
DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECIFICO 6	167
CONCLUSIONES	169
RECOMENDACIONES	173
REFERENCIAS	175
ANEXOS	179
CONFORMIDAD DE ASESOR	179

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1: Nudo vial Salaverry - Elías Aguirre.....	21
Fig. 2: Congestionamiento Vehicular en el nudo principal	22
Fig. 3: circulación vehicular en la vía expresa - lima Perú	29
Fig. 4: interacción entre componentes del tránsito urbano	30
Fig. 5: tipos de intersecciones viales.....	32
Fig. 6: tipos de Semáforos	43
Fig. 7: conteo vehicular visual en tiempo real.....	44
Fig. 8: sumo gui.....	45
Fig. 9: policía de tránsito pnp ejerciendo el control del tránsito.....	48
Fig. 10: chiclayo	50
Fig. 11: avenida salaverry	51
Fig. 12. avenida José Leonardo Ortiz	51
Fig. 13. Avenida Eufemio Lora y Lora	52
Fig. 14: tesista en el cruce vehicular de análisis.....	62
Fig. 15: tomando la medida de carril de aproximación – av. salaverry	63
fig. 16: tomando la medida de carril de aproximación – av. lora y lora.....	63
Fig. 17: tomando la medida de carril de aproximación – av. jlo.....	64
Fig. 18: primera propuesta como toma de muestra (trípode + Cámara).....	67
Fig. 19: vista de la Cámara en la primera propuesta	68
Fig. 20: Muestra de la primera propuesta a través de un aplicativo móvil (captura de pantalla).....	68
Fig. 21: Angulo de visión preliminar desde el club de tiro	69
Fig. 22: fachada del club de tiro "Elías Aguirre"	69
Fig. 23: afiche del horario de atención en la puerta del club.....	70

FIG. 24: toma de medidas para la elaboración del soporte de la cámara	71
FIG. 25: Vista preliminar desde la fachad del club de tiro	71
Fig. 26: Señalización de posición y Angulo de visión de la Cámara	72
Fig. 27: posición final de la Cámara para toma de muestra.....	72
Fig. 28: imagen de la cámara en proceso de grabación a través de un app	73
Fig. 29: selfie del tesista habiendo culminado la instalación	74
Fig. 30: Cámara instalada en fachada del club de tiro	74
Fig. 31: imagen de la toma muestra en los días de prueba a través del aplicativo móvil turno mañana.....	76
Fig. 32: imagen de la toma muestra en los días de prueba a través del aplicativo móvil turno noche.....	76
Fig. 33: imagen de la toma muestra en los días de prueba a través del aplicativo móvil turno tarde	76
Fig. 34: proceso de simulacion.....	84
Fig. 35: proceso de simulacion.....	84
Fig. 36: proceso de simulación.....	85
Fig. 37: proceso de simulación.....	85
Fig. 38: proceso de simulación.....	85
Fig. 39: proceso de simulación.....	86
Fig. 40: proceso de simulación.....	86
Fig. 41: proceso de simulación.....	86
Fig. 42: proceso de simulación.....	87
Fig. 43: proceso de simulación.....	87
Fig. 44: proceso de simulación.....	88
Fig. 45: proceso de simulación.....	88

Fig. 46: proceso de simulación.....	89
Fig. 47: proceso de simulación.....	89
Fig. 48: proceso de simulación.....	89
Fig. 49: proceso de simulación.....	90
Fig. 50: proceso de simulación.....	90
Fig. 51: proceso de simulación.....	90
Fig. 52: proceso de simulación.....	91
Fig. 53: proceso de simulación.....	91
Fig. 54: proceso de simulación.....	92
Fig. 55: proceso de simulación.....	92
Fig. 56: proceso de simulación.....	92
Fig. 57: proceso de simulación.....	93
Fig. 58: proceso de simulación.....	93
Fig. 59: proceso de simulación.....	93
Fig. 60: proceso de simulación.....	94
Fig. 61: proceso de simulación.....	94
Fig. 62: proceso de simulación.....	95
Fig. 63: proceso de simulación.....	95
Fig. 64: proceso de simulación.....	96
Fig. 65: proceso de simulación.....	96
Fig. 66: proceso de simulación.....	96
Fig. 67: proceso de simulación.....	97
Fig. 68: proceso de simulación.....	97
Fig. 69: proceso de simulación.....	97

Fig. 70: proceso de simulación.....	98
Fig. 71: proceso de simulación.....	98
Fig. 72: proceso de simulación.....	99
Fig. 73: proceso de simulación.....	99
Fig. 74: proceso de simulación.....	99
Fig. 75: proceso de simulación.....	100
Fig. 76: proceso de simulación.....	100
Fig. 77: proceso de simulación.....	101
Fig. 78: proceso de simulación.....	101
Fig. 79: proceso de simulación.....	102
Fig. 80: proceso de simulación.....	102
Fig. 81: proceso de simulación.....	103
Fig. 82: proceso de simulación.....	103
Fig. 83: cruce vehicular respecto al norte.....	106
Fig. 84: aproximación av. lora y lora - 3 carriles.....	107
Fig. 85: aproximación av. José leonardo Ortiz - 2 carriles.....	107
Fig. 86: aproximación av. Salaverry - 2 carriles.....	108
Fig. 87: giro exclusivo a la derecha de lora y lora a Salaverry.....	108
fig. 88: cruce de peatones en la av. jlo.....	109
Fig. 89: mal estado de la capa asfáltica - avenida Salaverry.....	111
Fig. 90: señalando la falta de señalización horizontal (pase peatonal).....	112
Fig. 91: Observando el mal estado de las veredas.....	112
Fig. 92: paradero formal, pero sin control año 2014 (aun existía).....	113
Fig. 93: Desaparición del paradero año 2024 a la actualidad.....	113

Fig. 94: captura de pantalla de las carpetas de la muestra recolectada	116
Fig. 95: diseño geométrico actual - av. salaverry	151
Fig. 96: diseño geométrico proyectado - av. salaverry	152
Fig. 97: diseño geométrico actual - av. jlo	152
Fig. 98: diseño geométrico proyectado - av. jlo.....	153
Fig. 99: plan de desvío - ruta salaverry a jlo	154
Fig. 100: plan de desvío - ruta salaverry a lora & lora	155
Fig. 101: plan de desvío - ruta jlo a salaverry	155
Fig. 102: plan de desvío - ruta jlo a elias aguirre.....	156
Fig. 103: plan de desvío - ruta lora & lora a salaverry	157
Fig. 104: plan de desvío - ruta lora & lora a elias aguirre	158
Fig. 105: giro protegido en av. salaverry y jlo.....	159

LISTA DE TABLAS

Tabla I: Niveles de servicio en intersecciones TWSC	41
Tabla II: matriz de operacionalizacion de variables.....	54
Tabla III: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	55
Tabla IV: conteo vehicular dia miercoles (24 hrs).....	117
Tabla V: conteo vehicular de los días lun-mie- vie en los rangos establecidos resaltando el turno y/o rango de mayor demanda (mañana)	118
Tabla VI: identificación de la hora y día de mayor demanda en el rango más demandado (mañana).....	118
Tabla VII: conteo vehicular desagregado en la hora critica avenida José leonardo Ortiz.....	119
Tabla VIII: conteo vehicular desagregado en la hora critica – av. salaverry.....	120
Tabla IX: conteo vehicular del cruce 1 durante la hora critica	123
Tabla X: conteo vehicular del cruce 2 durante la hora critica	124
Tabla XI: conteo vehicular del cruce 3 durante la hora critica	125
Tabla XII: flujo de servicio ajustado por cada tipo de movimiento	139
Tabla XIII: tabla resumen de análisis operacional en los 6 movimientos más críticos	148

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo brindar un análisis del Nivel de Servicio en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre mediante el enfoque del Highway Capacity Manual (HCM) y proponer mejoras para lograr reducir los problemas de tráfico vehicular en la ciudad de Chiclayo. La metodología aplicada en este caso fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental. Se usaron técnicas como la de observación directa, conteo vehicular por video y una simulación con el software SUMO. Se realizó un inventario vial del nudo en estudio y la recopilación de datos relevantes como el flujo vehicular, tiempos de las fases semafóricas. En base a los resultados obtenidos, se pudo evidenciar que el nudo vial operaba en niveles de servicio E y F en su rango horario más crítico, de la mano con tiempos de demora promedio mayores a 55 segundos por vehículo, todo por causa de un mal estado de la infraestructura vial, deficiencias en el plan de gestión vial y falta de fiscalización de las normas de tránsito. Las propuestas de mejora contemplaron rediseños geométricos en los carriles, planes de desvío y apertura cambios en la sincronización semafórica, donde a través de un software de simulación, se obtuvieron mejoras con la reducción de más del 30% en las demoras por vehículo y optimizando el nivel de servicio global a C. La presente investigación demostró que con un análisis en base al HCM y proponiendo mejoras apoyadas en una simulación vía software, resultan en herramientas útiles para afrontar y mejorar problemáticas como el tráfico vehicular urbano como la del nudo vial Salaverry–Elías Aguirre.

Palabras clave: HCM, nivel de servicio, congestión vehicular, simulación, Chiclayo.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the Level of Service at the Salaverry–Elías Aguirre road junction using the Highway Capacity Manual (HCM) approach and to propose improvements to reduce traffic congestion in the city of Chiclayo. The applied methodology was of an applied type, with a quantitative approach and experimental design. Techniques such as direct observation, video-based traffic counting, and simulation using the SUMO software were employed. A road inventory of the studied junction was carried out, along with the collection of key data such as traffic flow and traffic signal phase times. Based on the results obtained, it was determined that the junction operated at Levels of Service E and F during its most critical hours, with average vehicle delays exceeding 55 seconds, mainly due to poor road infrastructure, deficiencies in traffic management plans, and lack of enforcement of traffic regulations. The improvement proposals included geometric redesigns of lanes, diversion plans, and adjustments to traffic light synchronization. Through simulation software, these measures achieved over 30% reduction in vehicle delay and improved the overall Level of Service to C. This research demonstrated that analyses based on the HCM, complemented with software-based simulation, serve as effective tools to address and mitigate urban traffic problems such as those present at the Salaverry–Elías Aguirre junction.

Keywords: HCM, level of service, traffic congestion, simulation, Chiclayo.

INTRODUCCIÓN

En el mundo, la existencia del parque automotor ha ido en un constante crecimiento rápido y junto con la expansión urbana de forma descontrolada ha generado problemas graves de tráfico vehicular, esto con gran énfasis particularmente en las grandes metrópolis y capitales del mundo. Según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), los problemas de tráfico vehicular no solo recaen en las pérdidas económicas debido al aumento de los tiempos de espera, sino también este problema acarrea y daña directamente a la salud de la sociedad por la misma contaminación gases en la aglomeración de automóviles y los accidentes de tránsito en estos contextos [41]. Bajo este panorama, se debe encontrar proyectos que solucionen y mejoren el tránsito vehicular para lograr un transporte sostenible y eficiente. El enfoque del Highway Capacity Manual (HCM) es tomado en cuenta en estudios a nivel global sobre tráfico vehicular para posteriormente proponer mejoras en las capacidades de la infraestructura vial con el fin de obtener una mejor eficiencia del tráfico en zonas con congestión [1]. En países como India, particularmente en Nueva Delhi, el aumento desmedido del parque automotor y la limitada capacidad de las vías principales han generado demoras promedio de más de 25 minutos por cada 10 kilómetros recorridos, ubicándola entre las ciudades con mayor congestión vehicular del mundo, según el TomTom Traffic Index 2023 [43].

En el contexto de Perú, los problemas de congestión vehicular han llegado a límites muy graves, donde resalta de manera desfavorable la capital Lima. Según el AAP en su "Ranking de Congestión Vehicular" de enero de 2024, colocan a Lima como la Ciudad con el peor tráfico vehicular a nivel de Latinoamérica. Las diferentes características del tráfico vehicular en Lima generan que un viaje promedio de 10km llegue a tiempos de 28 minutos con 30 segundos, este dato es verdaderamente alto al promedio que se tenía hace algunos años [42]. Todo este problema es a causa del pésimo estado de las vías, el mal cálculo de las fases del semáforo, el aumento del parque automotor y la falta de un plan vial eficiente municipal. Luego del cese del confinamiento por la pandemia del Covid, se reanudaron de las actividades cotidianas de la población lo cual generó un mayor uso de los vehículos y posteriormente congestión vehicular con ello en las vías urbanas principales. Debido a lo suscitado, el aplicar un análisis del tráfico vehicular en base al Highway Capacity Manual (HCM) puede ser una importante opción para con este análisis

luego proponer solucionar estos problemas y mejorar la gestión del tráfico en ciudades como Lima y otras áreas metropolitanas del país [1].

Particularmente Chiclayo, ciudad al norte de Perú, hace frente a este problema de tráfico vehicular en sus distintas arterias e intersección importantes. Este panorama se da por una mala planificación urbana y vial la cual es conocida y reclamada por la población, desde el gran número de vehículos de transporte público y privado, informalidad y pésimo estado de las vías. Todo esto genera consecuencias graves en el normal desarrollo de las condiciones de vida, por las pérdidas de tiempo, aumento de la contaminación entre otras. En base a lo explicado el Plan de Ordenamiento de Rutas de Chiclayo, detalla que la falta de un sistema eficiente que regule el transporte provoco el colapso de rutas y un rápido deterioro de la infraestructura vial perjudicando directamente en la satisfacción de las necesidades actuales de la población [39].

Bajo el panorama general de congestión vehicular que se presenta en Chiclayo, un punto crítico lo constituye el nudo vial conformado por las avenidas Salaverry, Elías Aguirre y Eufemio Lora y Lora. En dicho cruce circulan flujos considerables de transporte público, privado y de carga mediana, lo que representa un desafío para la infraestructura del nudo en estudio, caracterizada por su geometría reducida y una semaforización poco eficiente frente a la demanda actual. Como consecuencia, se producen atascamientos constantes, demoras en los tiempos de viaje, mayor consumo de combustible y un aumento en el riesgo de accidentes de tránsito. La problemática se agrava debido a que estas vías funcionan como ejes de conectividad hacia calles alimentadoras cercanas, lo que incrementa la congestión en la zona. Este contexto no solo impacta negativamente en la movilidad diaria de los usuarios, sino también en las actividades económicas y sociales del centro de la ciudad, por lo que resulta urgente realizar un análisis técnico que determine el nivel de servicio del nudo vial y plantee alternativas de mejora.

Ante la situación descrita, surge la necesidad de determinar si el enfoque del Highway Capacity Manual (HCM) permite analizar de manera adecuada el nivel de servicio en el nudo vial conformado por las avenidas Salaverry, Elías Aguirre y Eufemio Lora y Lora, en la ciudad de Chiclayo. A través de dicho análisis se busca obtener un diagnóstico técnico que sirva como base para plantear propuestas de mejora orientadas a optimizar la circulación vehicular en este punto crítico de la ciudad [1].

El principal propósito que toma como justificante este estudio es la necesidad vital de abordar el problema del tráfico vehicular en el nudo vial Salaverry-Elías Aguirre, el cual es uno de los más caóticos en congestión de la Ciudad de Chiclayo. Esta intersección es conexas de distintas avenidas de gran importancia en el sistema de transporte urbano de la ciudad pero que debido a los problemas de exceso de vehículos y deficiencia en la gestión de esta generan problemas en la sociedad afectando directamente a su correcto desarrollo social y la calidad de vida de los ciudadanos.

En la relevancia teórica, este estudio tiene como fin el brindar soluciones a los problemas de de seguridad y congestión del tráfico. En base a lo anterior se quiere llenar el vacío con conocimiento sobre la gestión del tráfico vehicular en intersecciones de relevancia urbana en una ciudad como Chiclayo. Aplicando la metodología del Highway Capacity Manual (HCM), podremos obtener data y análisis de vital importancia para el análisis de la capacidad vial y el correcto desempeño de las vías lo que está directamente relacionado al desarrollo académico en la rama de Ingeniería de tráfico y de transporte [1].

En la justificación metodológica, la aplicación del enfoque HCM brindara un análisis integral de los datos relacionados al tráfico vehicular en la intersección y sus vías que la conforman. Hacer una evaluación del estado actual y proyectado de este objeto de estudio es vital para identificar las falencias de esta infraestructura para desarrollar soluciones viables y efectivas en esta investigación [1].

En la justificación práctica, el tráfico vehicular junto a los problemas de seguridad vial en la intersección Salaverry-Elías Aguirre y sus avenidas afluentes e efluentes generan un aumento en los tiempos de espera, niveles contaminación ambiental altos y accidentes de tránsito. Realizar una evaluación de este sector nos brindará identificará soluciones de manera practica que mejoren la movilidad urbana para obtener una gestión del tráfico eficiente en esta intersección, y de la misma manera en otros sectores de la urbe.

En la justificación económica, la congestión vehicular en el nudo vial Salaverry-Elías Aguirre y sus vías alimentadoras ha generado un impacto directo en la economía de la sociedad a causa de los largos tiempos de transporte y el aumento en los costos de este servicio. Estas demoras afectan la productividad de los trabajadores y elevan los gastos en combustible, lo que impacta tanto a las empresas locales como a los ciudadanos. La mejora en la eficiencia del tráfico, mediante la implementación de soluciones, no solo

reducirá estos costos, sino que también contribuirá a optimizar el flujo comercial en la ciudad, impulsando su desarrollo económico.

En la relevancia social, el mejoramiento del tráfico vehicular y la seguridad en la intersección de estudio conllevará a una consecuencia positiva directamente relacionada a la calidad de vida de la población de Chiclayo. La reducción de los tiempos de desplazamiento, la mejora en la seguridad vial y la disminución de los niveles de contaminación contribuirán a un entorno urbano más eficiente y seguro para toda la comunidad.

En este sentido, el estudio tiene como objetivo general analizar el nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elías Aguirre mediante el Enfoque HCM y proponer mejoras que permitan optimizar la circulación vehicular en Chiclayo. Para alcanzar esta meta, se plantean objetivos específicos que incluyen realizar un inventario vial de las condiciones actuales del nudo, evaluar la demanda actual y proyectada de las avenidas y calles alimentadoras, obtener datos de flujo vehicular y sincronización semafórica para calcular el IMD, así como determinar los niveles de servicio de la circulación vehicular utilizando el Enfoque HCM. Asimismo, se busca proponer un nuevo esquema de flujo vehicular, acompañado de la sincronización de semáforos y un mejor aprovechamiento de los espacios, y finalmente evaluar la efectividad de dichas mejoras mediante simulaciones con software especializado, comparando los resultados con la situación actual del tráfico.

Fernández y Rengifo [9] llevaron a cabo un análisis de la problemática del tráfico vehicular en un punto clave de una intersección en La Libertad utilizando HCM y software de simulación. Al proponer soluciones como imponer restricciones de tráfico y reorganizar los flujos, pudieron alcanzar reducción en los tiempos de congestión de vehículos. Mendoza [14], también hizo una propuesta en base a un plan de gestión vial para Chiclayo, donde se propuso mejorar la infraestructura y los semáforos para reducir la congestión en áreas clave de la ciudad. Ambos trabajos son fundamentales para comprender cómo la aplicación de HCM y una mejor gestión urbana pueden optimizar el tráfico en las intersecciones congestionadas.

Los puntos determinantes que generan y causan los problemas de tráfico vehicular son el acelerado crecimiento del parque automotor, falta de inversión en la infraestructura vial y la poca gestión pública en el tráfico vehicular por parte de las autoridades reguladoras. Bajo este contexto se genera un estado donde las vías de tránsito no logran soportar el

tráfico que pasa por ellas generando aumento de tiempos de espera, sobre desgaste de combustible y aumento de la inseguridad social [9].

En este contexto, esta investigación se plasma en el "Análisis del Nivel de Servicio en el Nudo Vial Salaverry-Elías Aguirre con Enfoque HCM y Propuestas de Mejora, Chiclayo", donde se realizará un enfoque del Highway Capacity Manual (HCM) para realizar un profundo análisis que nos determine la capacidad vial en la intersección y vías alimentadoras que están en estudio. Este enfoque nos brindara herramientas necesarias para evaluar las condiciones de tráfico en las vías e intersecciones, lo que permite identificar los rasgos problemáticos para así poder brindar y desarrollar soluciones con efecto optimo [1].

FIG. 1: NUDO VIAL SALAVERRY - ELÍAS AGUIRRE



Fuente: Google Maps

FIG. 2: CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN EL NUDO PRINCIPAL



Fuente: Google Maps

REVISIÓN DE LA LITERATURA

ANTECEDENTES

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

A. Musa [3] en su artículo “Sustainable Traffic Management for Smart Cities Using Internet-of-Things-Oriented Intelligent Transportation Systems (ITS): Challenges and Recommendations” (2023), tuvo como objetivo principal proponer un marco sostenible de gestión del tráfico en ciudades inteligentes mediante IoT e ITS. Se trató de una investigación de tipo aplicada con enfoque descriptivo y explicativo, ya que analizó problemas de congestión y planteó un modelo conceptual de soluciones. La metodología se basó en la recopilación de datos en tiempo real a través de sensores y dispositivos conectados, procesados con algoritmos de aprendizaje automático y computación en la nube. Entre las soluciones planteadas se incluyen la predicción de resultados de tráfico, la optimización de rutas, la gestión de estacionamientos y la promoción del transporte público con bajas emisiones. Los resultados mostraron una reducción significativa de la congestión, mejoras en la movilidad y disminución de emisiones contaminantes. La relación con la presente tesis radica en que este estudio demuestra cómo la integración de tecnologías avanzadas y sostenibles puede aplicarse como referente para mejorar la circulación vehicular y mitigar impactos ambientales en el nudo vial de Chiclayo [3].

A. Baghestani [4] en su investigación “Evaluating the Traffic and Emissions Impacts of Congestion Pricing in New York City” (2020), tuvo como objetivo principal analizar los efectos del cobro por congestión en el comportamiento de viaje y en las emisiones en Manhattan. Se trató de un estudio de tipo cuantitativo con enfoque explicativo y experimental, ya que simuló escenarios de tarificación y midió sus efectos sobre la movilidad y el ambiente. La metodología empleó un modelo de demanda basado en actividades (NYBPM) combinado con el software PPS-AQ para simular distintos escenarios de tarificación, considerando variaciones en la generación de viajes, elección modal y desempeño de la red. Como soluciones se aplicaron esquemas de cobro por cordón con tarifas de 5, 10, 15 y 20 dólares, evaluando su impacto sobre la movilidad y el medio ambiente. Los resultados demostraron reducciones de hasta 32% en las horas de retraso, disminución del 30% en los viajes en vehículos privados y del 40% en taxis, además de un aumento del 6% en el uso del transporte público y una reducción de 17,5% en emisiones contaminantes. La relación con la presente tesis se evidencia en que este

estudio confirma cómo medidas de gestión de la demanda pueden mejorar la eficiencia vial y reducir impactos ambientales, lo cual resulta aplicable al caso del nudo vial Salaverry–Elías Aguirre en Chiclayo [4].

ANTECEDENTES NACIONALES

D. Quispe y W. Soto [5] en su tesis “Rediseño vial y microsimulación de la avenida Eduardo de Habich entre las calles Michael Fort y Charles Sutton” (2019), tuvieron como objetivo analizar y mejorar las condiciones de circulación de peatones, ciclistas y automóviles en un tramo urbano de Lima. La investigación fue de tipo aplicada con enfoque descriptivo y explicativo, ya que buscó diagnosticar la problemática existente y evaluar propuestas de rediseño mediante simulación. La metodología comprendió observaciones directas, recolección de flujos vehiculares y peatonales, análisis de semaforización y geometría de la vía, así como la modelación con el software VISSIM. Como soluciones se plantearon la eliminación de carriles, inclusión de ciclovías unidireccionales, ampliación de veredas, reubicación de paraderos y rediseño de fases semaforicas. Los resultados evidenciaron reducción de tiempos de viaje peatonal entre 8% y 30%, reducción del 35% en los tiempos de viaje vehicular en sentido oeste-este, y disminución de colas de hasta 44% en calles secundarias. Este antecedente se relaciona con la presente tesis porque muestra la efectividad del rediseño geométrico y la microsimulación como herramientas para mejorar la circulación en intersecciones urbanas congestionadas [5].

A. Mendoza y C. Mendoza [6] en su tesis “Análisis del flujo vehicular y los niveles de servicio en el Puente Grau y sus vías aledañas en la ciudad de Arequipa – 2019” (2020), buscaron evaluar el desempeño de uno de los principales accesos de la ciudad y proponer alternativas de mejora. Fue una investigación de tipo aplicada, con enfoque descriptivo y cuantitativo. La metodología consistió en la recolección de datos de campo (conteo vehicular, velocidades y peatones), el cálculo de niveles de servicio según el HCM 2010 y la simulación con el software PTV Vissim. Como soluciones se plantearon canalización de flujos, instalación de paraderos formales, control del transporte público y semaforización. Los resultados indicaron que las vías presentaban niveles de servicio deficientes debido al exceso de transporte público y falta de señalización, pero las simulaciones mostraron que las medidas propuestas mejoraban significativamente la circulación. La relación con la tesis actual es directa, ya que demuestra la utilidad de

combinar el enfoque HCM con herramientas de micro simulación para proponer mejoras en intersecciones urbanas congestionadas [6].

C. Pereda y M. Montoya [7] en su tesis “Estudio y optimización de la red vial Avenida América Sur, tramo Prolongación César Vallejo – Avenida Ricardo Palma, Trujillo” (2018), tuvieron como objetivo general evaluar el tráfico vehicular en un tramo crítico de la ciudad de Trujillo para proponer soluciones a la congestión y mejorar el nivel de servicio. Fue una investigación de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y descriptivo, dado que se basó en la recopilación de datos de tránsito y su análisis conforme al Highway Capacity Manual (HCM). La metodología incluyó conteos vehiculares en horas punta, estudio de tiempos de semáforos, medición de velocidades y cálculo de niveles de servicio. Como soluciones se plantearon ajustes de semaforización y reorganización vial. Los resultados mostraron que las vías operaban en niveles de servicio C, D y E, confirmando la deficiencia del sistema y la necesidad de mejoras estructurales. La relación con la tesis actual se centra en el uso del HCM y en el análisis de demanda vehicular en vías urbanas, lo que aporta un referente metodológico aplicable al nudo vial Salaverry–Elías Aguirre [7].

R. Fernández y T. Ticlla [8] en su artículo “Análisis de la condición de transitabilidad y nivel de intervención de las carreteras del distrito de Chota” (2020), tuvieron como objetivo evaluar el estado de transitabilidad y el grado de intervención requerido en seis carreteras principales de dicho distrito. Se trató de una investigación de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y descriptivo, al basarse en diagnóstico de campo con instrumentos técnicos del MTC. La metodología consistió en inspecciones visuales, mediciones con GPS y cámaras, y el procesamiento de fichas técnicas con apoyo de Microsoft Excel. Las soluciones propuestas fueron acciones de mantenimiento rutinario, conservación periódica y rehabilitación según el grado de deterioro. Los resultados evidenciaron que cinco carreteras estaban en estado regular o malo, requiriendo rehabilitación o mantenimiento, y solo una en buen estado. Este estudio se relaciona con la presente tesis porque evidencia la importancia de evaluar la transitabilidad y definir intervenciones viables en la infraestructura vial para garantizar un servicio adecuado a los usuarios urbanos [8].

S. Fernández y J. Rengifo [9] en su tesis “Análisis y propuesta de solución al congestionamiento vehicular en la intersección de la Avenida Huamán con la calle 28 de

Julio, Víctor Larco Herrera – La Libertad” (2023), tuvieron como objetivo principal evaluar la congestión en dicha intersección y proponer alternativas de solución. Fue una investigación de tipo aplicada con enfoque descriptivo y cuantitativo. La metodología incluyó conteos vehiculares en horas punta durante siete días, levantamiento de características geométricas y modelamiento con el Manual de Capacidad de Carreteras HCM-2010, específicamente con la metodología Two-Way Stop Controlled (TWSC), apoyado en el software Synchro 11.0. Como soluciones se propusieron restricciones al ingreso de vehículos pesados y desvío de ciertos movimientos hacia calles alternas. Los resultados mostraron que la intersección presentaba inicialmente un nivel de servicio F con demoras de 149.4 seg/veh, que se redujeron a 32.9 seg/veh (nivel de servicio D) tras aplicar la propuesta, alcanzando una mejora del 78%. Este antecedente se relaciona con la presente tesis porque aplica el enfoque HCM y la simulación para plantear soluciones viables en intersecciones críticas urbanas, similar al caso del nudo vial Salaverry–Elías Aguirre en Chiclayo [9].

ANTECEDENTES LOCALES

J. Condori y R. Zuñiga [10] en su tesis “Análisis comparativo del método HCM 2010 y MTC 2018 del flujo vehicular en la intersección Av. Leguía y Panamericana Norte, Chiclayo” (2022), tuvieron como objetivo principal evaluar y comparar el nivel de servicio de dicha intersección mediante ambos métodos. La investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y descriptivo. La metodología incluyó aforos vehiculares con fichas de campo, uso de videocámaras y modelación con el software VISSIM 2023. Como soluciones se planteó la implementación de un sistema de semaforización y ordenamiento de paraderos. Los resultados mostraron que el nivel de servicio inicial era F, pero con la propuesta de semaforización se mejoró a C, evidenciando la utilidad de integrar métodos internacionales y nacionales para evaluar la capacidad vial. Este antecedente se relaciona con la tesis actual porque utiliza el HCM como herramienta comparativa y demuestra la efectividad de la simulación en intersecciones urbanas críticas [10].

M. Nureña [11] en su tesis “Evaluación y propuestas para mitigar la congestión vehicular en la avenida Sáenz Peña, distrito de Chiclayo 2019” (2021), tuvo como objetivo analizar las causas del congestionamiento en dicha avenida y proponer soluciones viables. Fue una investigación aplicada con enfoque cuantitativo y descriptivo. La metodología

consistió en estudios de tráfico en intersecciones clave, levantamiento topográfico, encuestas y tabulación de datos en tablas. Como soluciones se propusieron la eliminación de paraderos informales, la coordinación de ciclos semafóricos, redireccionamiento de flujos y la construcción de un anillo vial perimetral. Los resultados evidenciaron que la principal causa del congestionamiento era la informalidad y la mala gestión del transporte público, y que las medidas propuestas reducían significativamente la saturación. Este antecedente se vincula con la tesis actual porque analiza una de las avenidas alimentadoras del nudo vial en estudio y propone medidas técnicas que también son aplicables en Chiclayo [11].

T. Rodríguez [12] en su tesis “Evaluación del tránsito y propuesta para disminuir la congestión vehicular en el entorno de la avenida Salaverry” (2023), tuvo como objetivo identificar las deficiencias de tránsito en la zona y plantear medidas de solución. Fue una investigación de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y descriptivo. La metodología empleó conteos vehiculares, encuestas, análisis de niveles de servicio según el HCM e Invermet, y el modelamiento con PTV Vissim. Entre las soluciones se plantearon la instalación de islas direccionales, un puente peatonal, sincronización semafórica, mejoramiento de señalización y la implementación de transporte masivo. Los resultados mostraron que la avenida presentaba niveles de servicio deficientes, pero con la aplicación de las propuestas se lograron mejoras significativas en el flujo vehicular. Este antecedente se relaciona directamente con la tesis actual porque estudia la misma avenida Salaverry en Chiclayo, lo que aporta información contextual relevante [12].

L. Acosta [13] en su tesis “Propuesta vial para mejorar la transitabilidad vehicular en la intersección de las avenidas Prolongación Francisco Bolognesi y José Leonardo Ortiz, Chiclayo” (2020), tuvo como objetivo principal diseñar alternativas geométricas que mejoren la transitabilidad en una intersección crítica de la ciudad. La investigación fue de tipo aplicada con diseño no experimental y enfoque cuantitativo. La metodología incluyó estudios de tráfico, levantamiento topográfico y simulación vehicular con PTV Vissim. Como soluciones se propusieron dos alternativas geométricas, siendo la primera la más efectiva por mejorar la distribución del flujo y la señalización. Los resultados mostraron una reducción promedio del 52.07% en tiempos de viaje y del 1.46% en distancia de recorrido respecto a la situación actual. Este antecedente se relaciona con la

tesis actual porque aplica rediseños geométricos y simulación en intersecciones de Chiclayo, al igual que lo que se busca en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre [13].

L. Mendoza [14] en su tesis “La gestión de tránsito urbano para reducir la congestión vehicular en la ciudad de Chiclayo” (2023), tuvo como objetivo principal proponer un plan de gestión de tránsito urbano que permita disminuir la congestión vehicular en la ciudad. Se trató de una investigación de tipo básica con enfoque cuantitativo y diseño no experimental descriptivo con propuesta. La metodología incluyó encuestas aplicadas a 100 peatones y conductores, evaluando dimensiones de eficiencia, eficacia y factores humano y ambiental relacionados a la congestión, complementadas con el procesamiento de datos mediante software estadístico SPSS y Excel. Como soluciones se plantearon el mejoramiento de la infraestructura vial, la construcción de vías alternas, la implementación de un sistema semafórico moderno en el óvalo Belaunde y acciones de educación vial y fiscalización. Los resultados indicaron que el 51% de los encuestados percibía un nivel alto de congestión y el 49% un nivel medio, lo que confirma la magnitud del problema; además, se concluyó que la deficiencia de señalización y semaforización, así como el mal estado de las pistas, son los principales factores de ineficiencia. Este antecedente se relaciona con la presente tesis porque aborda directamente la problemática de congestión en Chiclayo y aporta propuestas concretas de gestión vial que pueden complementar el análisis y diseño de soluciones para el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre [14].

BASES TEÓRICAS

CIRCULACIÓN VEHICULAR

Concepto de circulación vehicular

La circulación vehicular se entiende como el desplazamiento coordinado de unidades motorizadas dentro de una red vial, resultado de la interacción entre la infraestructura física, el conductor y el entorno operativo. Este proceso tiene como finalidad asegurar la movilidad eficiente, continua y segura de los usuarios, aplicando principios de ingeniería de tránsito que regulan el flujo, la capacidad y la prioridad de paso en cada vía. En el contexto urbano de Chiclayo, esta interacción se ve afectada por la saturación de intersecciones como el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, donde el exceso de vehículos

y la deficiente regulación semafórica reducen significativamente la eficiencia de circulación vehicular [15].

FIG. 3: CIRCULACIÓN VEHICULAR EN LA VÍA EXPRESA - LIMA PERÚ



Fuente: PERU 21 – Sitio Web

Factores que afectan la circulación

El comportamiento del flujo vehicular está condicionado por factores geométricos, operativos y de control que determinan la eficiencia del tránsito urbano. Los factores geométricos comprenden el número y ancho de carriles, radios de giro, pendientes y visibilidad; los operativos se relacionan con la composición vehicular, maniobras de cambio de carril y velocidades promedio; mientras que los factores de control incluyen la señalización, los tiempos semafóricos y la fiscalización policial. La interacción de estos componentes define la capacidad efectiva de la vía y su nivel de servicio (LOS). En el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, las deficiencias geométricas y la falta de coordinación semafórica generan altos valores de saturación, reduciendo la fluidez y provocando congestión recurrente [16].

Componentes del tránsito urbano

El tránsito urbano está conformado por cuatro componentes fundamentales: los peatones, considerados los usuarios más vulnerables; los conductores, encargados de la operación y control del vehículo; los vehículos, que presentan diferencias en tamaño, potencia y comportamiento dinámico; y las autoridades de control, responsables de la regulación y fiscalización de la circulación mediante normas, dispositivos y presencia operativa. La interacción entre estos elementos define la eficiencia global del sistema de transporte urbano y, por tanto, la calidad del servicio vial. En el caso del nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, la coexistencia de vehículos ligeros, pesados y transporte público, sumada a la limitada fiscalización en horas punta, agrava los conflictos de cruce y la pérdida de capacidad operativa [17].

FIG. 4: INTERACCIÓN ENTRE COMPONENTES DEL TRÁNSITO URBANO



Fuente: Quito Informa – Sitio Web

Clasificación de vías urbanas según normativa peruana

En el contexto nacional, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) establece la clasificación de las vías urbanas en tres categorías: arteriales, colectoras y locales, según su jerarquía funcional y el tipo de servicio que ofrecen al sistema de transporte. Las vías arteriales permiten la circulación de altos volúmenes vehiculares a mayores velocidades y conectan sectores principales de la ciudad; las colectoras distribuyen el flujo entre las arterias y las vías locales; y estas últimas brindan acceso directo a las áreas residenciales o comerciales. Esta jerarquía define las condiciones geométricas mínimas, la capacidad operativa y las prioridades de circulación que deben considerarse en el diseño y planificación urbana [18]. En el caso de Chiclayo, la Avenida Salaverry cumple la función de vía colectora principal hacia el centro urbano, mientras que José Leonardo Ortiz y Eufemio Lora y Lora actúan como arteriales alimentadoras del nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, lo que explica su elevada carga vehicular en horas pico.

Fluidez, capacidad y congestión

La fluidez se define como el grado de continuidad del tránsito vehicular sin interrupciones significativas en su desplazamiento. La capacidad vial representa el volumen máximo de vehículos que una vía puede soportar bajo condiciones operativas y geométricas específicas, mientras que la congestión ocurre cuando la demanda supera dicha

capacidad, generando demoras, colas y disminución de la velocidad promedio. Estos tres parámetros —fluidez, capacidad y congestión— son interdependientes y constituyen los indicadores base del análisis operacional en el Highway Capacity Manual (HCM). En el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, la excesiva demanda de transporte público y la limitada longitud de almacenamiento en los accesos generan interrupciones continuas del flujo, evidenciando un estado de congestión propio de niveles de servicio E o F según la clasificación del HCM [19].

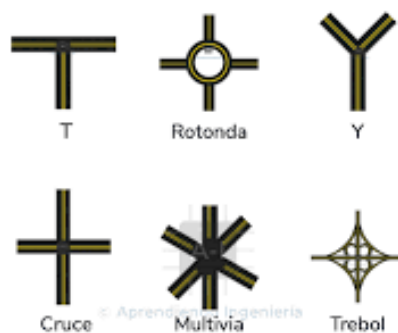
NUDOS VIALES E INTERSECCIONES

Definición de nudo vial

Un nudo vial se define como el espacio de interconexión entre dos o más vías en el cual confluyen flujos vehiculares y peatonales que se desplazan en diferentes direcciones. En estas zonas se producen maniobras de cruce, incorporación y giro que, sin un control adecuado, originan conflictos de tránsito, pérdidas de capacidad y demoras significativas. El análisis de un nudo vial permite identificar las condiciones operativas de la infraestructura, evaluar su nivel de servicio y plantear soluciones geométricas o semafóricas que optimicen el desempeño del sistema vial. En la ciudad de Chiclayo, el nudo formado por las avenidas Salaverry, Elías Aguirre y Eufemio Lora y Lora constituye un punto crítico de conectividad urbana, donde la superposición de flujos y la falta de sincronización semafórica evidencian un estado de saturación constante [20].

Tipos de intersecciones urbanas

Las intersecciones urbanas se clasifican de acuerdo con tres criterios principales: su geometría, su nivel de cruce y su tipo de control. Según la geometría, pueden presentarse en forma de “T”, en cruz, en “Y” o múltiples, dependiendo del número y orientación de los accesos. En cuanto al nivel, se dividen en intersecciones a nivel —donde los flujos se cruzan en el mismo plano— y a desnivel, cuando se emplean pasos elevados o inferiores para eliminar conflictos directos. Finalmente, el tipo de control puede ser semaforizado, con señal de prioridad o no controlado, según la necesidad de regular los movimientos. La selección del tipo de intersección depende del volumen de tránsito, la jerarquía funcional de las vías y las condiciones del entorno urbano. En zonas con alta demanda vehicular, como el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, las intersecciones semaforizadas son indispensables para gestionar flujos opuestos y minimizar los puntos de conflicto entre los distintos movimientos [21].

FIG. 5: TIPOS DE INTERSECCIONES VIALES

Fuente: Aprendiendo Ingeniería – FanPage fb.

Elementos geométricos de las intersecciones

Los elementos geométricos que definen el desempeño de una intersección incluyen el número y ancho de carriles, los radios de giro, las pendientes, la visibilidad y la longitud de almacenamiento en los accesos. Cada uno de estos factores influye directamente en la capacidad de maniobra, la seguridad vial y la continuidad del flujo vehicular. Un diseño geométrico adecuado debe minimizar los puntos de conflicto, garantizar condiciones de visibilidad suficientes y permitir giros con radios compatibles con el tipo de vehículo predominante. En el Perú, el *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018* establece los parámetros mínimos para el diseño de intersecciones seguras y confortables, considerando aspectos como el ancho de carril, el radio mínimo de giro y la longitud de transición. En el caso del nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, la presencia de carriles estrechos y radios de giro reducidos limita la fluidez del tránsito y provoca acumulación de colas en los accesos durante las horas pico [18].

Factores operativos y conflictos vehiculares

Los factores operativos que condicionan el comportamiento del tránsito en un nudo vial comprenden la composición vehicular, la magnitud y distribución de los giros, la presencia de peatones y el grado de cumplimiento de las normas de tránsito. Cada uno de estos elementos incide en la eficiencia del flujo y en la seguridad de la intersección. Los conflictos más comunes se generan en los giros a la izquierda sin carriles exclusivos, en los cruces peatonales no demarcados y en los cambios de carril intempestivos, situaciones que incrementan los tiempos de demora y disminuyen la capacidad efectiva de la vía. En el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, la mezcla de mototaxis, transporte público y

vehículos particulares, junto con la ausencia de señalización horizontal y carriles de giro diferenciados, agrava estos conflictos operativos y produce un flujo inestable con demoras superiores a los valores aceptables según el HCM [23].

Evaluación según normas y manuales técnicos

La evaluación técnica de intersecciones se desarrolla conforme a las metodologías establecidas por el *Highway Capacity Manual (HCM)*, que determina el nivel de servicio (LOS) a partir de la demora promedio experimentada por los vehículos en cada grupo de carril. Este parámetro refleja la eficiencia operacional y el grado de saturación de la intersección, clasificándolo en categorías de la A a la F según el desempeño observado. De manera complementaria, en el contexto nacional, el *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor* del MTC (2016) define los criterios técnicos para el diseño, instalación, operación y sincronización de semáforos en zonas urbanas, priorizando la seguridad y continuidad del flujo vehicular. La integración de ambos lineamientos —el enfoque analítico del HCM y la normativa del MTC— permite evaluar de forma precisa la operación del nudo vial Salaverry–Elías Aguirre y sustentar técnicamente las propuestas de mejora semafórica y geométrica [24].

FLUJO VEHICULAR Y DEMANDA

Concepto de flujo vehicular

El flujo vehicular se define como el número de vehículos que atraviesa un punto o tramo de una vía dentro de un intervalo de tiempo determinado, expresado generalmente en vehículos por hora (veh/h). Este parámetro representa la base del análisis de tránsito, ya que cuantifica la magnitud del movimiento vehicular y permite evaluar la capacidad de la infraestructura frente a la demanda existente. Su correcta determinación es esencial para el dimensionamiento de intersecciones, la sincronización de semáforos y la programación de mejoras operacionales. En el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, la elevada frecuencia de paso de unidades motorizadas durante las horas punta refleja un nivel de saturación que sobrepasa la capacidad de los accesos principales, justificando la necesidad de un análisis detallado bajo el enfoque del Highway Capacity Manual (HCM) [15].

Variables básicas del flujo: volumen, velocidad y densidad

El comportamiento del tránsito se describe a partir de tres variables fundamentales: el volumen, la velocidad y la densidad. El volumen representa el número de vehículos que pasa por una sección de la vía en una unidad de tiempo; la velocidad expresa la rapidez promedio de desplazamiento de los vehículos; y la densidad indica la cantidad de unidades presentes por unidad de longitud vial. La relación entre estas tres variables se representa en la denominada *curva fundamental del flujo*, que permite identificar el punto de máxima capacidad de una vía y los rangos de operación previos a la congestión. Esta relación es esencial para el análisis del nivel de servicio (LOS) según el HCM, ya que a medida que la densidad aumenta y el volumen se aproxima a la capacidad, la velocidad promedio disminuye notablemente. En el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, la elevada densidad vehicular observada durante las horas críticas evidencia la pérdida de fluidez y la proximidad al umbral de saturación del sistema [20].

Clasificación vehicular y equivalencia PCE

En el análisis del tránsito urbano se debe considerar la heterogeneidad del parque vehicular que circula por una vía, ya que cada tipo de vehículo genera distintos efectos sobre la capacidad y la velocidad de operación. Para uniformizar los cálculos y facilitar la comparación entre distintos flujos, el *Highway Capacity Manual (HCM)* introduce el concepto de *Passenger Car Equivalent (PCE)*, que convierte los vehículos pesados, autobuses, mototaxis o motocicletas en unidades equivalentes de automóvil liviano. Esta conversión permite expresar el flujo total en términos homogéneos (vehículos equivalentes por hora) y aplicar los procedimientos del HCM con mayor precisión. En el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, donde circula una mezcla significativa de transporte público, mototaxis y vehículos particulares, el uso de factores PCE resulta indispensable para reflejar de manera realista la capacidad efectiva de cada acceso [24].

Índice Medio Diario (IMD)

El Índice Medio Diario (IMD) representa el promedio de vehículos que transitan por una vía durante un día típico, calculado a partir de aforos continuos o muestrales realizados en periodos representativos. Este parámetro constituye un indicador fundamental para estimar la magnitud de la demanda actual y proyectar los volúmenes futuros en estudios de tránsito y transporte. En el Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) establece metodologías específicas para la obtención del IMD en el *Manual de*

Carreteras: Tránsito, Capítulo 5 (2018), que define los procedimientos de extrapolación temporal y los factores de corrección por tipo de día. En el presente estudio, la determinación del IMD permitió identificar los rangos horarios de máxima demanda en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, sirviendo como base para los cálculos de capacidad y los análisis de nivel de servicio bajo el enfoque del HCM [18].

Hora pico o crítica

La hora pico, también denominada hora crítica, corresponde al intervalo del día en el que se concentra la mayor demanda vehicular, generalmente coincidente con los periodos de ingreso o salida laboral y escolar. La identificación precisa de este intervalo permite determinar la capacidad requerida de las vías, dimensionar adecuadamente los grupos de carril y optimizar la programación semafórica para mantener niveles de servicio aceptables. Según el *Highway Capacity Manual (HCM, 2016)*, el análisis operacional debe realizarse utilizando el volumen horario representativo del 15 % del flujo diario total, denominado *Volumen Horario de Diseño (VHD)*, ya que refleja de manera realista las condiciones de saturación del sistema. En el caso del nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, la hora pico identificada entre las 07:00 y 08:00 horas concentra la mayor intensidad vehicular del día, constituyéndose en el periodo de evaluación principal para la aplicación del HCM y la simulación en SUMO [21].

Proyección de la demanda vehicular

La proyección de la demanda vehicular se desarrolla con el propósito de estimar el comportamiento del flujo una vez implementadas las mejoras geométricas y operacionales propuestas. Este proceso permite anticipar la eficiencia del sistema vial bajo condiciones optimizadas y determinar la sostenibilidad de las soluciones planteadas. La evaluación compara los resultados obtenidos en el escenario base —que representa las condiciones actuales— con los del escenario mejorado, aplicando técnicas de simulación y los lineamientos metodológicos del *Highway Capacity Manual (HCM)* y del *Transportation Research Board (TRB)*. A partir de esta comparación se identifican las variaciones en capacidad, demora promedio y nivel de servicio (LOS), estableciendo el grado de efectividad de las intervenciones proyectadas. En el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, este análisis permitió cuantificar los beneficios esperados de las propuestas de

restricción vehicular, priorización del transporte público y ajuste de tiempos semafóricos, estimando reducciones superiores al 50 % en la carga total durante la hora crítica [1].

ENFOQUE DEL HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM) EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Concepto general del HCM

El Highway Capacity Manual (HCM), publicado por la Transportation Research Board (TRB), constituye una guía técnica internacionalmente reconocida para la evaluación de la capacidad y el nivel de servicio en vías e intersecciones. Su aplicación permite cuantificar la calidad operacional de un sistema vial bajo diferentes condiciones geométricas, de control y demanda. [20]

El HCM propone un marco metodológico que combina parámetros de flujo, capacidad y retardo, con el objetivo de determinar el nivel de servicio (LOS), definido como una medida de desempeño que representa las condiciones de movilidad y confort percibidas por los usuarios de la vía. [21]

Capacidad y nivel de servicio en el HCM

La capacidad vial se define como el número máximo de vehículos que pueden circular por una vía o grupo de carriles durante un periodo determinado y bajo condiciones específicas de operación. Cuando la demanda se aproxima a la capacidad, se incrementan la demora y la longitud de cola, afectando el nivel de servicio. [24]

El nivel de servicio (LOS), expresado mediante letras de la A a la F, califica cualitativamente la eficiencia operacional de una vía o intersección. El nivel A corresponde a condiciones de flujo libre y mínima interferencia, mientras que el nivel F indica saturación o congestión extrema. El parámetro base que determina el LOS en intersecciones semaforizadas es la demora promedio por vehículo, la cual refleja el tiempo adicional que un conductor experimenta debido al control del tránsito. [24]

Variables fundamentales del modelo HCM

El análisis del desempeño en intersecciones semaforizadas según el HCM considera las siguientes variables básicas:

v : volumen vehicular observado (veh/h).

v_s : flujo de servicio ajustado (veh/h).

c : capacidad por grupo de carril (veh/h).

$X = v/c$: grado de saturación.

d : demora promedio por vehículo (s/veh).

LOS: nivel de servicio (A–F).

Estas variables permiten describir cuantitativamente la eficiencia de la circulación vehicular y sirven de base para evaluar la necesidad de mejoras geométricas o de control. [21]

Nota: El HCM desarrolla procedimientos específicos para distintos tipos de intersecciones: semaforizadas, no semaforizadas (controladas por señal de alto o *stop*), y rotondas. En la presente investigación se aplica exclusivamente la metodología correspondiente a intersecciones semaforizadas, dado que el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre cuenta con control lumínico activo.

Procedimiento para determinar el nivel de servicio según el HCM (intersecciones semaforizadas)

Identificación de movimientos vehiculares

Se identifican los movimientos que intervienen en cada aproximación (rectos, giros a la derecha e izquierda). Para cada movimiento se registra el volumen horario vehicular observado (v), expresado en vehículos/hora o vehículos equivalentes/hora. [21]

Cálculo del flujo de servicio ajustado (v_s)

El flujo de servicio ajustado corresponde al volumen vehicular convertido a equivalentes de autos livianos, considerando la presencia de vehículos pesados que influyen negativamente en la capacidad de la vía. Este ajuste permite homogenizar los volúmenes registrados y facilita la comparación entre distintos movimientos. [21]

Paso 1: Determinación del volumen total observado (v)

Se obtiene a partir del conteo vehicular efectuado en campo para cada movimiento o aproximación, expresado en vehículos por hora (veh/h).

$$v = \text{Volumen total Observado (veh/h)}$$

Paso 2: Cálculo del porcentaje de vehículos pesados (PT)

Se determina la proporción de vehículos pesados respecto al total de la muestra. Este valor considera unidades como buses, camiones, combis y camionetas de carga.

$$PT = \frac{VH}{v}$$

donde:

- VH : número de vehículos pesados observados.
- v : volumen total registrado.

Paso 3: Obtención del factor por vehículos pesados (f_{HV})

El Highway Capacity Manual (HCM) establece que el ajuste por pesados se realiza mediante el siguiente factor de corrección:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + PTx(E - 1)}$$

donde:

- PT : proporción de vehículos pesados (en forma decimal),
- E : factor de equivalencia de vehículos pesados (PCE), que representa cuántos autos livianos equivale un vehículo pesado. Para zonas urbanas con control semafórico, se recomienda adoptar $E = 2$.

Paso 4: Cálculo del flujo de servicio ajustado (v_s)

Una vez obtenido el factor de corrección, el flujo ajustado se calcula como:

$$v_s = \frac{v}{f_{HV}}$$

donde:

- v_s : flujo de servicio ajustado (veh/h),
 - v : volumen total observado,
- f_{HV} : factor de corrección por pesados.

Este parámetro refleja el flujo real que circularía si todos los vehículos presentaran el mismo comportamiento operativo, constituyendo el punto de partida para los cálculos posteriores de capacidad, grado de saturación y demora promedio en la intersección. [21][24]

Determinación de la capacidad por carril (c)

La capacidad por carril (c) se obtiene a partir del flujo de saturación base (S_0) ajustado por diversos factores que reflejan las condiciones reales de operación del tránsito. El *Highway Capacity Manual (HCM)* establece que $S_0 = 1900 \text{ veh/h /carril}$ para un carril estándar urbano que cumple las condiciones ideales: ancho de 3.6 m o más, ausencia de giros, sin interferencia peatonal ni vehículos de transporte público. [21]

Cuando estas condiciones no se cumplen completamente, se aplican factores de corrección:

$$S = S_0 \times f_w \times f_p \times f_{LT} \times f_{other}$$

donde:

- S_0 : flujo de saturación base (veh/h/carril).
- f_w : factor por ancho de carril (< 3.6 m reduce la capacidad).
 - f_p : factor por presencia de peatones.
- f_{LT} : factor por giros a la izquierda o derecha compartidos.
- f_{other} : factor por otras interferencias locales (vehículos estacionados, desorden vial, educación del conductor, etc.).

En intersecciones urbanas como las de Chiclayo, se adoptan valores típicos: $f_w = 0.94$ (ancho de 3.3 m), $f_p = 1.0$ (sin peatones), $f_{LT} = 1.0$ (carril exclusivo), y $f_{other} = 0.75$ (interferencias urbanas).

El flujo de saturación ajustado se calcula entonces como:

$$S = 1900 \times 0.94 \times 1 \times 1 \times 0.75 = 1339.5 \text{ veh/h}$$

Finalmente, la capacidad efectiva del grupo de carril (c) se obtiene aplicando la proporción de tiempo verde efectivo (g) respecto al ciclo total (C):

$$c = s \times (g/C)$$

donde:

- g : tiempo verde efectivo (s),
- C : duración del ciclo semafórico (s).

Cálculo del grado de saturación (X)

El grado de saturación (X) mide la relación entre el flujo vehicular ajustado y la capacidad disponible del grupo de carril. Indica el nivel de utilización del tiempo verde y la cercanía del flujo a la capacidad límite. [21]

$$X = \frac{v_s}{s \times (g/C)}$$

donde:

- v_s : flujo de servicio ajustado (veh/h),
- S : flujo de saturación ajustado (veh/h/carril),
 - g/C : relación verde/ciclo.

Un valor de $X < 1.0$ representa condiciones estables (flujo aceptable), mientras que valores superiores a 1.0 indican congestión o demanda que excede la capacidad del carril.

En el caso analizado, se obtuvo $X = 1.70$, lo cual evidencia un flujo saturado y retardo significativo en la operación semafórica.

Cálculo de la demora promedio por vehículo (d)

La demora promedio representa el tiempo adicional que cada vehículo experimenta debido a la regulación semafórica y la interacción con otros flujos. El HCM establece que la demora total se compone de tres partes: demora uniforme d_1 , demora incremental d_2

y demora residual d_3 . En aplicaciones prácticas, cuando las colas se disipan entre ciclos, el término d_3 puede despreciarse. [21]

$$d = d_1 + d_2$$

Demora uniforme (d_1)

Corresponde al tiempo perdido por los ciclos de semáforo y se calcula mediante:

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

Demora incremental (d_2)

Considera la variación del flujo y las llegadas aleatorias de vehículos:

$$d_2 = \frac{900 \times (X - 1) + (X - 1)^2}{C}$$

La suma de ambas demoras proporciona el retardo total promedio por vehículo:

$$d = d_1 + d_2$$

Ejemplo de aplicación:

$$d_1 = 22 \quad d_2 = 7.95 \quad d = d_1 + d_2 = 29.75 \text{ seg/veh}$$

Determinación del nivel de servicio (LOS)

El *Highway Capacity Manual* clasifica el nivel de servicio (LOS) según el valor de la demora promedio (d):

TABLA I: NIVELES DE SERVICIO EN INTERSECCIONES TWSC

Nivel	Demora promedio (s/veh)	Condición de flujo
A	≤ 10	Flujo libre
B	$> 10 - 20$	Ligera demora
C	$> 20 - 35$	Flujo estable
D	$> 35 - 55$	Congestión moderada
E	$> 55 - 80$	Cercano a la saturación
F	> 80	Saturación o colapso

Fuente: Highway Capacity Manual – HCM (Transportation Research Board)

En el movimiento analizado se obtuvo una demora promedio $d = 29.75 \text{ seg/veh}$ que corresponde al Nivel de Servicio C, indicando una condición de flujo estable con ligeras restricciones durante la fase roja.

Evaluación del desempeño global de la intersección

Finalmente, se obtiene el promedio ponderado de las demoras por movimiento o aproximación, permitiendo determinar el nivel de servicio total del nudo vial analizado.

SINCRONIZACIÓN SEMAFÓRICA**Concepto y función de los semáforos**

Los semáforos son dispositivos de control del tránsito utilizados para regular la circulación vehicular y peatonal en intersecciones, asignando el derecho de paso de manera alternada. Su propósito principal es mejorar la seguridad vial, reducir los conflictos de cruce y aumentar la eficiencia del flujo vehicular en zonas urbanas. [24]

Ciclo semafórico y tiempos de fase

El ciclo semafórico corresponde al tiempo total que tarda en completarse una secuencia de indicaciones de luz verde, ámbar y roja para todos los movimientos de la intersección. Cada fase del ciclo debe diseñarse considerando la demanda de vehículos, los tiempos de aceleración y despeje, y la longitud de la cola acumulada. Un dimensionamiento adecuado evita pérdidas de capacidad y congestión. [21]

Fases protegidas y no protegidas

Las fases protegidas permiten el movimiento exclusivo de ciertos flujos sin interferencia de otros, como los giros a la izquierda bajo luz verde dedicada. En cambio, las fases no protegidas permiten el movimiento simultáneo con flujos opuestos, aumentando el riesgo de conflicto. El HCM recomienda su aplicación según los volúmenes y patrones de tránsito observados. [20]

Coordinación y optimización de tiempos

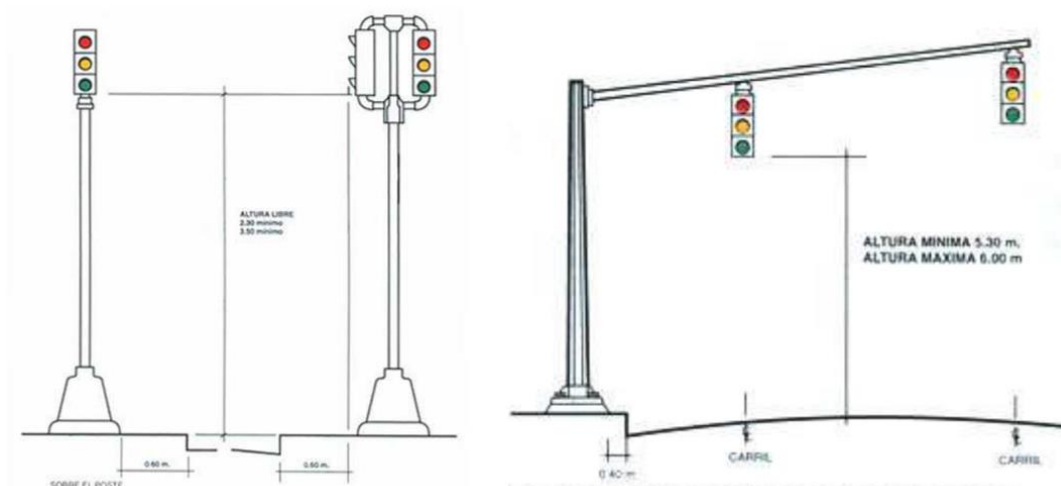
La sincronización semafórica consiste en coordinar los ciclos de varios semáforos consecutivos para favorecer la fluidez del tránsito a lo largo de un corredor vial. La coordinación busca generar “olas verdes”, reduciendo las detenciones y el consumo de

combustible. En el Perú, el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor establece los criterios técnicos para la programación y ajuste de tiempos de verde, ámbar y rojo en las avenidas principales. [18]

Importancia del control semafórico en la eficiencia del flujo vehicular

Una adecuada sincronización semafórica contribuye directamente a mejorar el nivel de servicio (LOS) de las intersecciones, al disminuir la demora promedio y aumentar la velocidad de operación. La optimización de tiempos permite además reducir emisiones contaminantes y mejorar la movilidad peatonal y del transporte público en zonas urbanas densamente pobladas. [25]

FIG. 6: TIPOS DE SEMÁFOROS



Fuente: MTC - Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

AFORO Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Concepto de aforo vehicular

El aforo vehicular es el procedimiento mediante el cual se cuantifica el número de vehículos que transitan por una vía durante un periodo determinado. Este registro constituye la base del análisis de tránsito, ya que permite conocer el volumen real de circulación y caracterizar la demanda según tipo de vehículo y dirección de movimiento. [18]

Métodos de conteo vehicular

Existen diferentes métodos para realizar el conteo vehicular: manual, mediante observadores con fichas de registro; semiautomático, utilizando cámaras de video; y automático, con sensores o lazos inductivos. En proyectos urbanos, el conteo por video es ampliamente utilizado por su precisión y la posibilidad de revisión posterior del flujo captado. [21]

FIG. 7: CONTEO VEHICULAR VISUAL EN TIEMPO REAL



Fuente: UNDiario – Sitio Web

Determinación de la hora pico

La hora pico se determina identificando el periodo de mayor volumen vehicular dentro del día. Se calcula comparando los registros horarios obtenidos y seleccionando aquel que representa el 15 % más alto del flujo diario. Este indicador permite centrar el análisis en el momento más crítico de la operación vial. [24]

Tipos de muestreo aplicados en tránsito

En ingeniería de transporte se emplean distintos tipos de muestreo. El probabilístico se aplica cuando se conoce la población total de vehículos, mientras que el no probabilístico por conveniencia se usa en estudios urbanos donde se busca representar condiciones típicas. En ambos casos, la selección de días y horarios debe reflejar el comportamiento real del tránsito. [25]

Técnica de observación directa

La observación directa permite registrar los flujos vehiculares y peatonales de manera inmediata, identificando patrones de congestión, comportamiento del conductor y problemas de infraestructura. Este método, combinado con registros audiovisuales, asegura la fiabilidad y trazabilidad de los datos recolectados. [23]

Instrumentos utilizados en campo y gabinete

Los instrumentos empleados en la obtención de datos incluyen fichas de registro, cronómetros, cámaras portátiles y software de procesamiento. En el gabinete, la información se analiza mediante programas especializados que permiten transformar los conteos en volúmenes horarios y promedios ponderados, conforme a los criterios del MTC y la FHWA. [16]

SIMULACIÓN DE TRÁFICO CON SUMO

Concepto y finalidad del software SUMO

El Simulation of Urban Mobility (SUMO) es un software de simulación microscópica de tráfico que permite modelar el comportamiento de vehículos, peatones y transporte público dentro de una red vial. Desarrollado por el German Aerospace Center (DLR), su objetivo es analizar la eficiencia del tránsito, los tiempos de viaje y el impacto de distintas estrategias de control o rediseño urbano. [26]

FIG. 8: SUMO GUI



Fuente: SUMO GUI – Sitio Web

Características principales y licencia de uso

SUMO es un programa de código abierto y licencia libre (Eclipse Public License), lo que permite su uso académico y profesional sin restricciones. Entre sus principales características destacan su precisión en el modelado de interacciones vehiculares, la

posibilidad de importar redes desde plataformas GIS u OpenStreetMap, y su compatibilidad con lenguajes de programación como Python. [27]

Aplicaciones en estudios de tránsito urbano

El software SUMO se utiliza ampliamente en la ingeniería de transporte para simular la circulación en intersecciones, corredores y zonas urbanas completas. Permite evaluar escenarios con diferentes volúmenes, configuraciones geométricas y esquemas semafóricos, proporcionando indicadores de velocidad promedio, retardo, longitud de colas y emisiones contaminantes. [28]

Vinculación con el enfoque HCM

Los resultados obtenidos con SUMO pueden compararse o calibrarse según los criterios de desempeño del Highway Capacity Manual (HCM), especialmente en lo referente al nivel de servicio (LOS) y la demora promedio por vehículo. De este modo, la simulación complementa los cálculos analíticos del HCM al ofrecer una visualización dinámica del comportamiento del tráfico. [24]

Validación académica e institucional

SUMO es reconocido internacionalmente por instituciones como la Federal Highway Administration (FHWA) y la European Commission como una herramienta válida para la investigación en movilidad urbana. Su adopción en universidades e institutos de transporte de todo el mundo respalda su confiabilidad como medio de análisis en proyectos de diseño y gestión del tránsito. [29]

SEGURIDAD VIAL

Concepto de seguridad vial

La seguridad vial se define como el conjunto de políticas, normas, medidas y acciones orientadas a prevenir accidentes de tránsito y reducir sus consecuencias. Busca proteger la vida y la integridad de los usuarios de la vía mediante el diseño adecuado de la infraestructura, la regulación del comportamiento humano y la correcta gestión del tránsito. [30]

Usuarios vulnerables: peatones y ciclistas

Los peatones, ciclistas y motociclistas son considerados usuarios vulnerables por su mayor exposición al riesgo y la ausencia de una estructura de protección. La Organización

Mundial de la Salud (OMS) señala que estos grupos representan más del 50 % de las víctimas de accidentes de tránsito en zonas urbanas, lo que resalta la necesidad de infraestructuras seguras y accesibles. [31]

Factores de riesgo en intersecciones

Las intersecciones urbanas concentran gran parte de los conflictos viales debido a la convergencia de flujos vehiculares y peatonales. Entre los factores de riesgo más comunes se encuentran el exceso de velocidad, el incumplimiento de señales, el mal diseño geométrico y la deficiente visibilidad. Los organismos internacionales recomiendan la gestión integral de velocidades y el rediseño de puntos críticos como medidas prioritarias. [32]

Infraestructura segura y señalización peatonal

El diseño de una infraestructura vial segura implica la incorporación de pasos peatonales visibles, rampas accesibles, señalización adecuada y alumbrado público eficiente. El Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor del MTC establece criterios de ubicación y dimensiones para garantizar la seguridad de los peatones y ciclistas en entornos urbanos. [18]

Importancia de la educación y control del tránsito

La seguridad vial no depende únicamente del diseño físico, sino también de la educación y el control efectivo de las normas. Las campañas de sensibilización, junto con la supervisión de la Policía de Tránsito, contribuyen a modificar conductas de riesgo como el uso del celular, la falta de cinturón de seguridad y el consumo de alcohol al conducir. [33]

AUTORIDAD Y GESTIÓN DEL TRÁNSITO URBANO EN CHICLAYO

Marco legal y competencias institucionales

La gestión del tránsito urbano en el Perú se sustenta en el Reglamento Nacional de Tránsito (D.S. N.º 016-2009-MTC) y en la Ley Orgánica de Municipalidades (Ley N.º 27972). Estas normas asignan a las municipalidades provinciales la competencia para planificar, organizar y regular el tránsito en su jurisdicción. En Chiclayo, dicha responsabilidad recae en la Municipalidad Provincial de Chiclayo (MPCh), que dicta disposiciones locales y ejecuta políticas de movilidad urbana. [34][35]

Ordenanzas municipales y normativa local

Las ordenanzas emitidas por la MPCh complementan el reglamento nacional al adaptar la normativa a las condiciones locales de circulación. Estas regulan aspectos como sentidos de vías, zonas rígidas, transporte público, horarios de carga y descarga, y gestión de estacionamientos. Su aplicación permite ordenar la circulación y atender las particularidades del tráfico urbano de la ciudad. [38]

Rol de la Policía Nacional del Perú

La División de Tránsito y Seguridad Vial de la Policía Nacional del Perú (PNP) se encarga del control operativo del tránsito, haciendo cumplir las normas nacionales y municipales. Su función incluye la regulación en intersecciones críticas, la fiscalización del transporte urbano y la atención de emergencias viales, garantizando la seguridad en horas de máxima demanda vehicular. [36]

FIG. 9: POLICÍA DE TRÁNSITO PNP EJERCIENDO EL CONTROL DEL TRÁNSITO



Fuente: www.Andina.pe

Sistema de señalización y control semafórico

La señalización en Chiclayo se rige por los criterios del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor del MTC (2016), que define las especificaciones de diseño, color, tamaño y ubicación de señales verticales, horizontales y luminosas. La MPCh es la entidad encargada de instalar y mantener la infraestructura semafórica, mientras que la PNP asegura su cumplimiento en la práctica. [18]

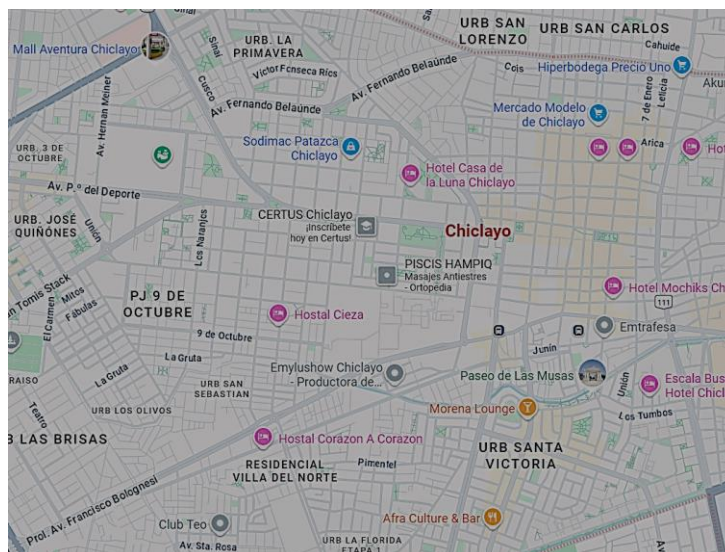
Coordinación institucional y desafíos actuales

La gestión del tránsito en Chiclayo depende de la coordinación entre el MTC, la MPCh y la PNP. Sin embargo, la falta de modernización tecnológica, la escasa fiscalización y el crecimiento del parque automotor generan dificultades para mantener niveles de servicio adecuados. La aplicación de sistemas inteligentes y políticas de movilidad sostenible representa un reto urgente para la ciudad. [37]

RED VIAL URBANA DE CHICLAYO

La infraestructura vial para el transporte urbano de la ciudad de Chiclayo está compuesta por avenidas y arteriales que conectan las zonas de relevancia mayor en la ciudad hacia las áreas de con mayor presencia de comercios y residenciales. Entre las vías de mayor importancia tenemos a el nudo vial Salaverry-Elías Aguirre, una intersección determinante para la conexión de varias avenidas importantes, como la Av. José Leonardo Ortiz y la Av. Eufemio Lora y Lora [39].

Según lo establecido en el Plan Regulador de Rutas de Transporte Urbano de la Provincia de Chiclayo, las avenidas en mención tienen un papel importante en la distribución del tráfico vehicular en el entorno de la ciudad. La Avenida Salaverry y la Avenida Elías Aguirre son arterias colectoras que dirigen el flujo vehicular desde zonas oeste con dirección al área central de Chiclayo, mientras que la Avenida José Leonardo Ortiz y la Avenida Eufemio Lora y Lora llevan la labor de alimentar el tráfico hacia el nudo vial desde la zona norte y sur [39] [40].

FIG. 10: CHICLAYO

Fuente: Google Maps

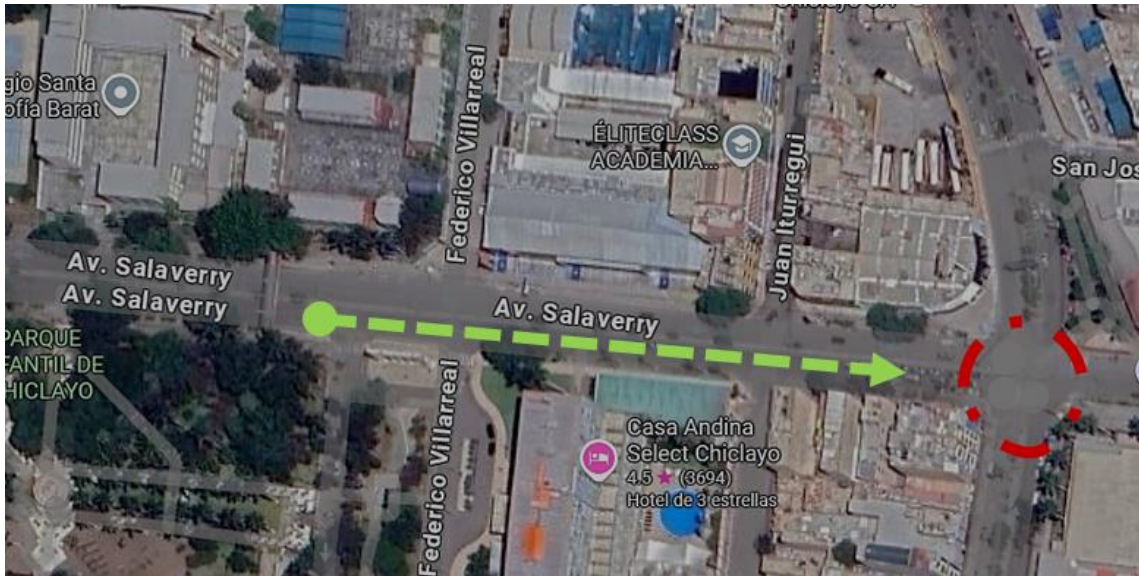
Nudo vial Salaverry-Elías Aguirre

El entorno del nudo vial Salaverry-Elías Aguirre es una de las áreas de mayor congestión vehicular de Chiclayo, conecta vías principales. En el cruce de la Av. Salaverry con la Av. José Leonardo Ortiz, también conocida como el "Banco de la Nación", se obtuvo datos de flujo vehicular de aproximadamente 1,800 vehículos por hora, siendo de los puntos con mayor caos de congestión del área urbana [13]. Esta intersección sirve como un punto determinante para conllevar una distribución correcta del tráfico a la zona central de la ciudad, ya que se interceptan vehículos de diferentes zonas, lo que acarrea problemas significativos de congestión y tiempos de espera ineficientes.

Avenida Salaverry

Esta avenida es una de las principales en Chiclayo y actúa como una vía colectora hacia el centro de la ciudad. Conecta toda el área oeste de la ciudad, siendo determinante al ser una ruta directa al centro urbano. Esta avenida también se enlaza con otras vías importantes, como la Avenida Elías Aguirre. Según datos de estudio, la Avenida Salaverry acarrea un elevado tránsito de flujo vehicular, netamente en su cruce con la Avenida José Leonardo Ortiz, donde el tráfico alcanza los 1,800 vehículos por hora en horas pico de mayor congestión [39].

FIG. 11: AVENIDA SALAVERRY



FUENTE: Google Maps

Avenida José Leonardo Ortiz

La Av. José Leonardo Ortiz es otra vía importante que se involucra en el flujo vehicular hacia el nudo vial Salaverry-Elías Aguirre. Esta avenida presenta un volumen de tráfico elevado, específicamente en su cruce con la Avenida Salaverry, lo que contribuye a los problemas de congestión en el nudo vial. A lo largo de su recorrido, la avenida conecta varias áreas compuestas por residenciales y comercios con el centro de la ciudad [39].

FIG. 12. AVENIDA JOSÉ LEONARDO ORTIZ



FUENTE: Google Maps

Avenida Eufemio Lora y Lora

Esta es una vía arterial importante que actúa como ingreso y salida de vehículos hacia el centro de Chiclayo como una alternativa a la Avenida Salaverry. Los datos obtenidos por estudios en su cruce con la Avenida Francisco Cuneo Salazar muestran un flujo de aproximadamente 1,400 vehículos por hora, lo que nos demuestra que es lleva la función de vía alimentadora del nudo vial [39].

FIG. 13. AVENIDA EUFEMIO LORA Y LORA



FUENTE: Google Maps

MATERIALES Y METODOS

MATERIALES

El desarrollo de la presente investigación requirió de diversos materiales, equipos y herramientas que permitieron ejecutar adecuadamente las actividades de campo y gabinete, garantizando la obtención de datos precisos y confiables. En esta etapa se hizo uso de instrumentos tecnológicos, dispositivos de registro y software especializados, los cuales facilitaron tanto la recopilación como el procesamiento de la información necesaria para alcanzar los objetivos planteados.

Durante el trabajo de campo se empleó una cámara tipo vigilancia para exteriores, instalada en la fachada del Club de Tiro Elías Aguirre, que permitió registrar de manera continua el flujo vehicular en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre durante veintiún días. Asimismo, se utilizó una cámara de equipo móvil iPhone para la toma de fotografías complementarias, un trípode metálico para la instalación temporal de cámaras en las vías alimentadoras y un cronómetro digital para el registro de los tiempos semafóricos. Se contó también con cintas métricas de acero de treinta metros para las mediciones

geométricas, útiles de apuntes, planillas de campo y fichas impresas de registro, destinadas al inventario vial, conteo vehicular y levantamiento de tiempos semafóricos.

En gabinete, los datos recolectados fueron procesados con el apoyo de una laptop equipada con software de ingeniería y análisis, como AutoCAD para la elaboración de planos y esquemas geométricos, Microsoft Excel para la sistematización de tablas y cálculos estadísticos, SUMO (Simulation of Urban Mobility) para la simulación del tráfico vehicular y el Highway Capacity Manual (HCM) para la evaluación del nivel de servicio y desempeño operacional de la intersección. Adicionalmente, se emplearon herramientas digitales como Google Maps y Google Street View, que facilitaron la verificación de las condiciones reales de la vía y la validación complementaria de los datos observados en campo.

Todos estos materiales y recursos fueron indispensables para desarrollar la investigación de manera ordenada, precisa y sustentada, asegurando la calidad metodológica de los resultados obtenidos y la fiabilidad de los análisis efectuados en cada etapa del estudio.

MATRICES

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

TABLA II: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

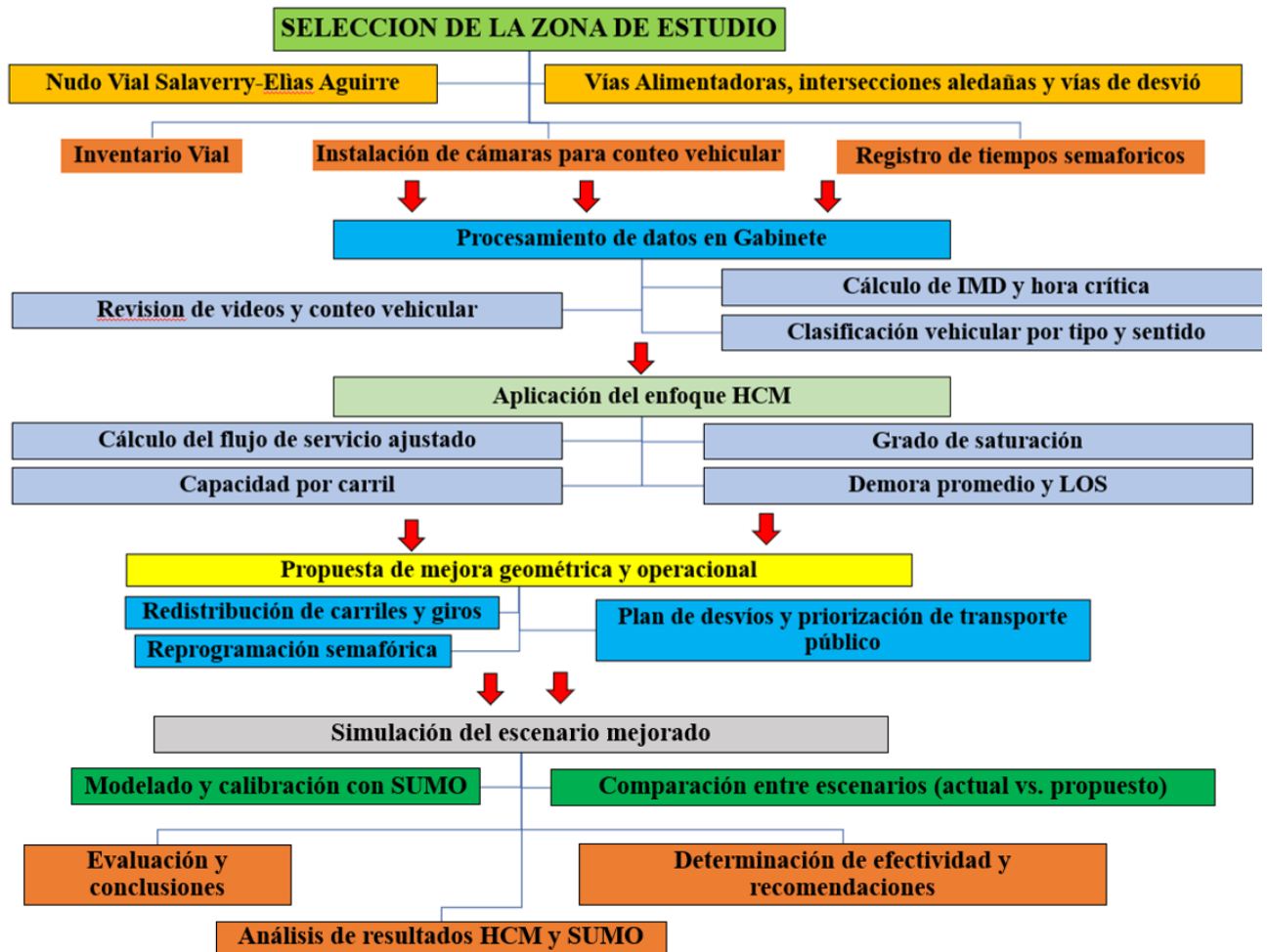
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE: ENFOQUE HCM	El Highway Capacity Manual (HCM) es un conjunto de directrices que ayuda a evaluar la capacidad y el rendimiento de las infraestructuras viales. Proporciona herramientas para analizar factores como el flujo vehicular, la velocidad y el nivel de servicio, permitiendo identificar problemas de tráfico y diseñar soluciones efectivas para mejorar la circulación.	La aplicación del HCM consiste en analizar el flujo vehicular y otros parámetros de rendimiento en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, para evaluar la capacidad de las vías y proponer mejoras en el diseño.	Inventario vial	Ancho de calzada	metros	De razón	Fichas de registro – Inventario vial
				Nº de carriles	unidades	De razón	Fichas de registro – Inventario vial
				Tipo de pavimento	Asfalto Concreto	Nominal	Fichas de registro – Inventario vial
				Estado del pavimento	Bueno Regular Malo	Ordinal	Fichas de registro – Inventario vial
				Señalización V. y H.	unidades	De razón	Fichas de registro – Inventario vial
				Rampas peatonales	unidades	De razón	Fichas de registro – Inventario vial
				Semáforos	unidades	De razón	Fichas de registro – Tiempos semafóricos
				Pasos peatonales	unidades	De razón	Fichas de registro – Inventario vial
				Paraderos	unidades	De razón	Fichas de registro – Inventario vial
Postes	unidades	De razón	Fichas de registro – Inventario vial				
DEPENDIENTE: NIVEL DE SERVICIO	El Nivel de Servicio (LOS) es una medida cualitativa en ingeniería de tráfico que evalúa la calidad del flujo vehicular en una intersección o carretera, clasificándose en una escala de A (excelente) a F (congestión severa), según la experiencia del usuario en términos de velocidad, comodidad y tiempos de espera.	El Nivel de Servicio se medirá en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre en Chiclayo mediante el enfoque HCM, utilizando parámetros como la densidad vehicular, velocidad promedio y tiempos de espera durante las horas pico, para determinar el rendimiento actual de la intersección.	Demanda actual	Composición vehicular	%	De razón	Fichas de conteo vehicular
				Volumen de tráfico	Veh/hr	De razón	Fichas de conteo vehicular
				Capacidad de vías	Veh/hr/car	De razón	HCM
			Flujo vehicular	IMD	Veh/día	De razón	Fichas de registro – Conteo vehicular
				Nivel de servicio	(A–F)	Ordinal	HCM y SUMO
			Sincronización semafórica	Tiempos de espera	seg	De razón	Fichas de registro – Tiempos semafóricos
Propuesta de mejora	Efectividad	%	De razón	Resultados de simulación SUMO			

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TABLA III: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO					
Análisis del Nivel de Servicio en el Nudo Vial Salaverry-Elias Aguirre con Enfoque HCM y Propuestas de Mejora, Chiclayo.					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA	
GENERAL	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE	TIPO DE ESTUDIO	
¿Permitirá analizar el enfoque HCM el nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre, Chiclayo, para proponer mejoras?	Analizar el nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con Enfoque HCM y proponer mejoras, Chiclayo.	El Enfoque HCM permitirá analizar el nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre en Chiclayo, y proponer mejoras Chiclayo.	Enfoque HCM	Aplicativa - Explicativa	
	ESPECIFICOS			Orienta la aplicación del conocimiento hacia la resolución de problemas específicos en la sociedad o el sector productivo.	
	Realizar un inventario vial de las condiciones actuales del nudo vial Salaverry-Elias Aguirre.		DEPENDIENTE	DISEÑO	
	Evaluar el estudio de la demanda actual y proyectada de las avenidas y calles alimentadoras al nudo vial Salaverry-Elias Aguirre.				
	Obtener los datos sobre el flujo vehicular y la sincronización semafórica para hallar el IMD en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre.		Nivel de Servicio	Experimental - Cuantitativa	
	Determinar los niveles de servicio d la circulación vehicular del nudo vial Salaverry-Elias Aguirre y sus vías alimentadoras utilizando el enfoque HCM.				Se caracteriza por la manipulación deliberada de una o más variables relacionadas con las causas para medir su efecto en otra variable de interés.
	Proponer un nuevo flujo vehicular, sincronización de los semáforos y aprovechamiento de los espacios que mejore la circulación vehicular en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre.				
Evaluar la efectividad de las mejoras propuestas mediante simulaciones con software especializado y comparar los resultados con el estado actual del tráfico.					

FLUJOGRAMA



METODOLOGIA

Alcance de la investigación: Explicativa

La investigación tuvo un alcance explicativo, ya que se enfocó en identificar y analizar las causas del problema de la circulación vehicular en el nudo vial Salaverry-Elías Aguirre, en la ciudad de Chiclayo. A través de la aplicación del *Highway Capacity Manual* (HCM), se sustentaron las razones de cómo las características geométricas de las vías, el flujo vehicular y la sincronización semafórica influyeron en el nivel de servicio de la intersección.

Tipo de investigación: Aplicativa

El estudio fue de tipo aplicativo, dado que aplicó el conocimiento hacia la necesidad de proponer soluciones en un contexto real y específico. En consecuencia, la investigación se desarrolló con el propósito de plantear mejoras para la circulación vehicular basadas en los parámetros deficientes identificados en el diagnóstico vial.

Diseño de la investigación: Cuantitativo Experimental

La investigación se llevó a cabo bajo un diseño cuantitativo experimental. Según Gabriel, Castro, Valverde e Indacochea (2017), un diseño experimental se caracteriza por la manipulación deliberada de una o más variables relacionadas con las causas, con el fin de medir su efecto en otra variable de interés. En este caso, se observó el estado actual del nudo vial, se recolectaron datos mediante inventarios viales y conteos vehiculares, y posteriormente se simuló escenarios de mejora a partir de la modificación de variables específicas, tales como el flujo vehicular, la sincronización de los semáforos y el aprovechamiento de espacios viales, con el objetivo de evaluar los efectos generados en base a las propuestas planteadas.

La investigación utilizó un enfoque cuantitativo, ya que los datos recolectados pasaron por un proceso de análisis estadístico y porcentual. Según Veloz (2016), el enfoque cuantitativo implica que los datos recolectados sean procesados de manera precisa para obtener resultados que faciliten la investigación del problema. En este estudio, los conteos vehiculares, levantamientos topográficos y simulaciones computacionales se analizaron siguiendo este enfoque. Asimismo, se emplearon herramientas como el HCM y el software SUMO, lo que permitió validar las mejoras propuestas mediante un análisis estadístico detallado.

POBLACIÓN Y MUESTRA

POBLACIÓN

La población de este estudio estuvo conformada por todos los vehículos motorizados que circularon por el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre y sus principales vías alimentadoras (Av. Salaverry con C. Bernardo Alcedo, Av. J.L. Ortiz con C. Manuel María Izaga y Av. Lora y Lora con C. San José), en la ciudad de Chiclayo. Se incluyeron las categorías de vehículos livianos, transporte público y vehículos pesados.

MUESTRA

La muestra se definió mediante un proceso escalonado de selección:

Registro preliminar: Se efectuaron grabaciones durante 21 días continuos, obteniéndose una base amplia de observación de la circulación vehicular.

Selección de semana típica: De este registro se eligió una semana de 7 días consecutivos (lunes a domingo) para representar el comportamiento entre días hábiles y fin de semana.

Día base (miércoles): Dentro de esta semana se seleccionó el miércoles 9 de abril como día base, realizándose un conteo continuo de 24 horas. Este procedimiento permitió identificar con precisión los tres rangos horarios de mayor carga vehicular: mañana (06:00–09:00 h), mediodía (11:00–14:00 h) y tarde (16:00–19:00 h).

Validación en días adicionales: Una vez definidos los tres rangos horarios críticos en el miércoles, se efectuaron conteos comparativos en los días lunes y viernes, pero únicamente en dichos rangos, lo que permitió contrastar y validar la representatividad de los resultados.

Determinación de la hora crítica: Del análisis conjunto de los 9 registros (lunes, miércoles y viernes en los tres rangos horarios) se estableció que la hora más crítica correspondió al viernes de 07:00 a 08:00 h, en la cual se registró el máximo flujo vehicular con 4,468 vehículos.

De esta manera, la muestra final estuvo conformada por los vehículos observados en las horas críticas identificadas, garantizando que los análisis se centren en los periodos de

máxima congestión, fundamentales para el cálculo del IMD y la evaluación de la capacidad operacional del nudo.

MUESTREO

En la presente investigación se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que la selección de los periodos de análisis no respondió al azar, sino a criterios técnicos y prácticos. Inicialmente se registraron 21 días continuos de observación, de los cuales se escogió una semana representativa (lunes a domingo). Dentro de esta semana, el miércoles fue seleccionado como día base para realizar un conteo completo de 24 horas, lo que permitió identificar los tres rangos horarios más cargados (mañana, mediodía y tarde). Posteriormente, dichos rangos fueron contrastados en los días lunes y viernes, con el fin de validar la representatividad de la información. Finalmente, del análisis comparativo se estableció que la hora crítica correspondió al viernes de 07:00 a 08:00 h, con un flujo de 4,468 vehículos, constituyéndose en la base para la determinación del IMD y el nivel de servicio.

Este tipo de muestreo es consistente con lo establecido en el Highway Capacity Manual (HCM), que recomienda enfocar los estudios de capacidad en los periodos de máxima demanda, ya que estos definen el desempeño real de una intersección.

TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

TECNICAS

TENICA N°1: OBSERVACION DIRECTA

Se aplicó la técnica de observación directa para el levantamiento de datos relacionados con el flujo y el comportamiento vehicular en el nudo vial Salaverry-Elías Aguirre y sus vías alimentadoras. Esta técnica permitió identificar la dinámica de la circulación durante las horas de mayor congestión, así como la interacción entre los diferentes tipos de vehículos y peatones.

TENICA N°2: SIMULACION O MODELACION SOFTWARE

Se empleó la técnica de simulación computacional para modelar distintos escenarios de mejora en el nudo vial, basados en el *Highway Capacity Manual* (HCM). Con el uso de software especializado SUMO, se proyectaron y analizaron los efectos de medidas como

la optimización de la sincronización semafórica, la reorganización de flujos vehiculares y el aprovechamiento de espacios, lo que permitió evaluar su impacto en el nivel de servicio de la intersección.

INSTRUMENTOS

Los instrumentos empleados en el desarrollo de la investigación variaron según el tipo de información que se necesitó obtener.

Para la elaboración del inventario vial se utilizó una ficha de registro específica (presentada en los anexos), junto con útiles de apuntes para consignar observaciones complementarias y una cámara de equipo móvil iPhone, la cual permitió registrar de manera visual las condiciones geométricas y físicas de las vías analizadas.

En el caso del conteo vehicular se empleó una ficha de registro diseñada para dicho fin (anexos), además de útiles de apuntes y una cámara tipo vigilancia para exteriores, que facilitó la grabación continua del flujo vehicular durante los periodos de observación.

Para la obtención de los tiempos semafóricos y otras características relevantes se recurrió a una ficha de registro de tiempos semafóricos, volumen y flujo peatonal (anexos), complementada con un cronómetro para la medición precisa de los ciclos semafóricos, además de los útiles de apuntes correspondientes.

Durante el análisis del tráfico vehicular, los datos recolectados fueron procesados mediante una laptop equipada con los recursos necesarios, aplicando los lineamientos del Highway Capacity Manual (HCM) para determinar la capacidad, nivel de servicio y desempeño operacional del nudo vial.

Finalmente, para la simulación del tráfico mediante software especializado, se utilizó una laptop con el programa SUMO Traffic, incorporando los resultados del conteo vehicular y demás parámetros obtenidos del análisis previo, lo que permitió modelar el comportamiento real del flujo vehicular bajo distintas condiciones de operación.

METODOS PARA EL TRABAJO DE CAMPO, RECOLECCION DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN GABINETE

OBJETIVO: REALIZAR UN INVENTARIO VIAL DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL NUDO VIAL SALAVERRY – ELÍAS AGUIRRE.

El desarrollo del primer objetivo se llevó a cabo con el propósito de levantar y sistematizar información técnica sobre las condiciones geométricas, operativas y físicas del nudo vial conformado por las avenidas Salaverry, Elías Aguirre, Lora y Lora y José Leonardo Ortiz, en la ciudad de Chiclayo. Para ello se aplicó la técnica de observación directa, complementada con la verificación digital mediante imágenes satelitales y de campo, lo que permitió obtener un registro detallado de los elementos existentes y su disposición en cada acceso.

La recolección de datos se efectuó durante la hora crítica previamente determinada, mediante un plan de trabajo que incluyó observaciones presenciales, grabaciones de video y mediciones directas. Para el desarrollo de la actividad se emplearon diversos instrumentos, entre ellos una cámara de equipo móvil iPhone utilizada para la captura de fotografías en campo, una cámara de video tipo vigilancia para exteriores destinada al registro audiovisual continuo del flujo vehicular y peatonal, un cronómetro empleado para registrar los ciclos y fases semafóricas, fichas de registro de inventario vial, conteo vehicular y tiempos semafóricos elaboradas en formato impreso, útiles de apuntes y planillas de campo, así como una laptop con software HCM y SUMO, utilizada para la organización, validación y sistematización digital de la información.

Los datos obtenidos fueron procesados y organizados en gabinete mediante los programas Microsoft Excel y AutoCAD Civil 3D, elaborándose planos y esquemas que representaron la geometría del cruce. Asimismo, se efectuó una verificación digital con Google Street View, que permitió confirmar la disposición de carriles, semaforización y mobiliario urbano observados en campo.

INVENTARIO VIAL

FIG. 14: TESISTA EN EL CRUCE VEHICULAR DE ANÁLISIS



Fuente: Propia del tesista

Número de carriles por aproximación

Se realizó el levantamiento del número de carriles en cada acceso mediante observación directa y verificación digital. Las mediciones fueron registradas en fichas de campo y posteriormente verificadas en gabinete.

Tipo de carriles (giros exclusivos)

Se identificaron los tipos de carriles y posibles giros exclusivos mediante observación directa en campo y apoyo de material audiovisual. Las configuraciones se documentaron en fichas técnicas y fueron digitalizadas para su validación posterior.

Ancho promedio de carriles

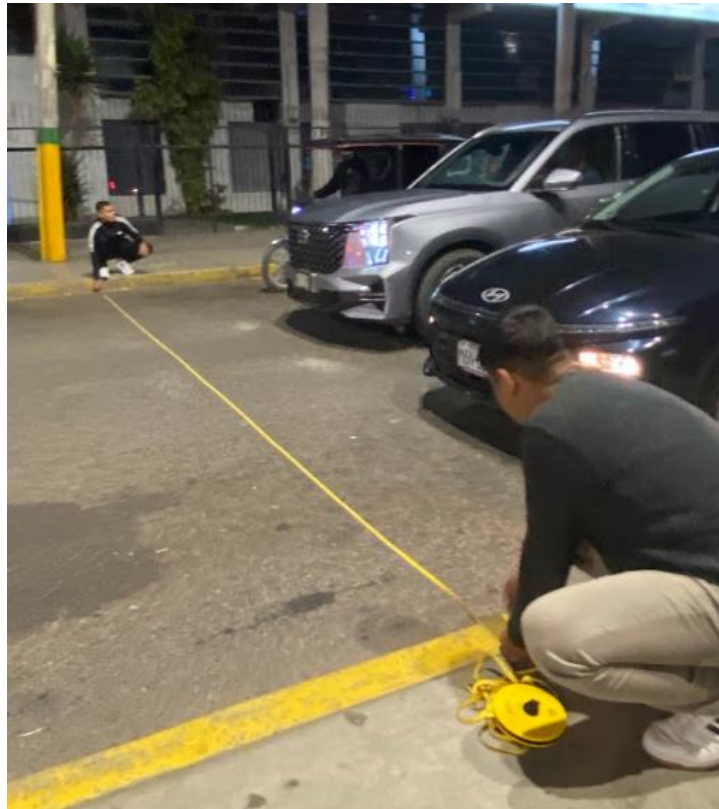
Se realizó la medición de los anchos de carriles en cada aproximación del cruce. Las mediciones se efectuaron con cinta métrica y fueron corroboradas mediante revisión digital. Los valores obtenidos fueron sistematizados en hojas electrónicas.

FIG. 15: TOMANDO LA MEDIDA DE CARRIL DE APROXIMACIÓN – AV. SALAVERRY

Fuente: Propia del tesista

FIG. 16: TOMANDO LA MEDIDA DE CARRIL DE APROXIMACIÓN – AV. LORA Y LORA

Fuente: Propia del tesista

FIG. 17: TOMANDO LA MEDIDA DE CARRIL DE APROXIMACIÓN – AV. JLO

Fuente: Propia del tesista

Pendiente

Se efectuó una inspección visual y revisión topográfica básica para identificar la pendiente de las vías que convergen en el nudo vial. Las observaciones fueron registradas en fichas de campo y verificadas con apoyo de software digital.

Longitud de almacenamiento para giros

Se determinó la longitud de almacenamiento y canalización de giros mediante observación directa y análisis de videos grabados. La información fue documentada en planillas técnicas y validada en gabinete.

Presencia de peatones

Durante las grabaciones audiovisuales se observó el comportamiento de los peatones en los diferentes accesos del cruce. Se registraron los tiempos de cruce y las condiciones del entorno peatonal, consignándose en las fichas respectivas para su análisis posterior.

Infraestructura de ciclistas o triciclos

Se verificó la existencia y condiciones de la infraestructura destinada a ciclistas o triciclos mediante observación directa y verificación digital. Las evidencias visuales se integraron en los registros metodológicos.

Duración del ciclo semafórico total (C)

Se empleó un cronómetro digital para registrar las duraciones de las fases semafóricas en cada aproximación del cruce. Los tiempos fueron anotados en las fichas de campo y tabulados posteriormente en gabinete.

Tiempo verde efectivo (g) por movimiento

Los tiempos verdes efectivos se determinaron para cada acceso mediante observación directa y análisis de las grabaciones, registrándose en las planillas técnicas correspondientes.

Fases protegidas y no protegidas

Las fases semafóricas de cada movimiento se identificaron mediante la observación de campo y el análisis de videos. Los movimientos con fases protegidas o no protegidas fueron documentados en las fichas de inventario vial.

DATOS COMPLEMENTARIOS POR AVENIDA

Avenida Salaverry

Se inspeccionaron los elementos de infraestructura vial tales como pavimento, señalización horizontal y vertical, veredas, rampas y mobiliario urbano, registrando toda la información en fichas técnicas respaldadas con fotografías metodológicas.

Avenida Lora y Lora

Se efectuó la observación y registro de los componentes físicos y operativos de la vía, incluyendo pavimento, señalización, veredas, rampas y elementos urbanos, documentándose el proceso en fichas de inventario vial.

Avenida José Leonardo Ortiz

Se realizó la observación directa de los elementos viales y de infraestructura, registrando sus características y condiciones en las fichas correspondientes para su posterior sistematización.

INVENTARIO COMPLEMENTARIO EN CRUCES ALEDAÑOS Y VÍAS DE DESVÍO

De manera complementaria al inventario del nudo principal, se efectuó un levantamiento en los cruces aledaños más influyentes sobre la circulación vehicular. Estos fueron los cruces de la avenida Salaverry con la calle Bernardo Alcedo, la avenida José Leonardo Ortiz con la calle Manuel María Izaga y la avenida Eufemio Lora y Lora con la calle San José. En dichos puntos se registraron los parámetros geométricos y operativos esenciales para el análisis integral, considerando el número de carriles, el ancho promedio de carril y los tiempos semafóricos. Los registros se realizaron mediante observación directa y apoyo audiovisual, siguiendo la misma metodología aplicada en el nudo principal, y se verificaron posteriormente en gabinete con herramientas digitales.

Además, se llevó a cabo un levantamiento adicional de las calles incluidas en los planes de desvío propuestos para la simulación. En estas vías se evaluó el número y el ancho de carriles, parámetros que sirvieron como base para la modelación y verificación del comportamiento vehicular en los escenarios simulados. Los datos se obtuvieron mediante observación de campo y revisión digital, garantizando su correspondencia con las condiciones reales de circulación.

SÍNTESIS

El procedimiento metodológico desarrollado permitió obtener un conjunto de registros técnicos verificables que describen la situación geométrica, operativa y física del nudo vial, así como la de sus intersecciones y vías complementarias. La aplicación de la técnica de observación directa, junto con el uso de instrumentos de medición y herramientas digitales, garantizó la fiabilidad y consistencia de los datos recolectados. Estos insumos constituyen la base fundamental para el análisis operacional con el enfoque del Highway Capacity Manual (HCM), abordado en los siguientes objetivos.

OBJETIVO: OBTENER LOS DATOS SOBRE EL FLUJO VEHICULAR Y LA SINCRONIZACIÓN SEMAFÓRICA PARA HALLAR EL IMD EN EL NUDO VIAL SALAVERRY – ELÍAS AGUIRRE

COORDINACIONES PRELIMINARES Y PLANIFICACIÓN LOGÍSTICA

El proceso de trabajo de campo para la presente investigación comenzó el día 18 de marzo, con una fase preliminar centrada en la planificación logística y en la búsqueda de una estrategia eficiente para la recolección de datos vehiculares. El objetivo principal en esta etapa fue definir un método que permitiera obtener una muestra representativa del comportamiento del tráfico en el nudo vial Salaverry - Elías Aguirre sin la necesidad de realizar un monitoreo presencial permanente durante las 24 horas del día.

FIG. 18: PRIMERA PROPUESTA COMO TOMA DE MUESTRA (TRÍPODE + CÁMARA)



Fuente: Propia del tesista

Inicialmente, se consideraron diversas alternativas para la recolección de datos, como el conteo vehicular manual a pie de vía, el uso de aplicaciones móviles de conteo, y la instalación de sensores de tráfico. Sin embargo, estas opciones presentaban limitaciones importantes, principalmente por la necesidad de recursos humanos y económicos, así como por la falta de precisión y cobertura temporal continua.

FIG. 19: VISTA DE LA CÁMARA EN LA PRIMERA PROPUESTA

Fuente: Propia del tesista

FIG. 20: MUESTRA DE LA PRIMERA PROPUESTA A TRAVÉS DE UN APLICATIVO MÓVIL (CAPTURA DE PANTALLA)

Fuente: Propia del tesista

Frente a estas limitaciones, se optó por una solución intermedia: el uso de una cámara de video instalada en un punto estratégico con visibilidad panorámica del cruce. Para ello, se realizó una inspección en campo de los alrededores del nudo vial, con el propósito de identificar un punto elevado y seguro desde donde se pudiera registrar el flujo vehicular durante varios días consecutivos.

Durante esta inspección se identificó, en una de las esquinas del cruce, la fachada del Club de Tiro Elías Aguirre de Chiclayo como un lugar potencialmente adecuado para instalar la cámara.

FIG. 21: ANGULO DE VISIÓN PRELIMINAR DESDE EL CLUB DE TIRO



Fuente: Google Maps

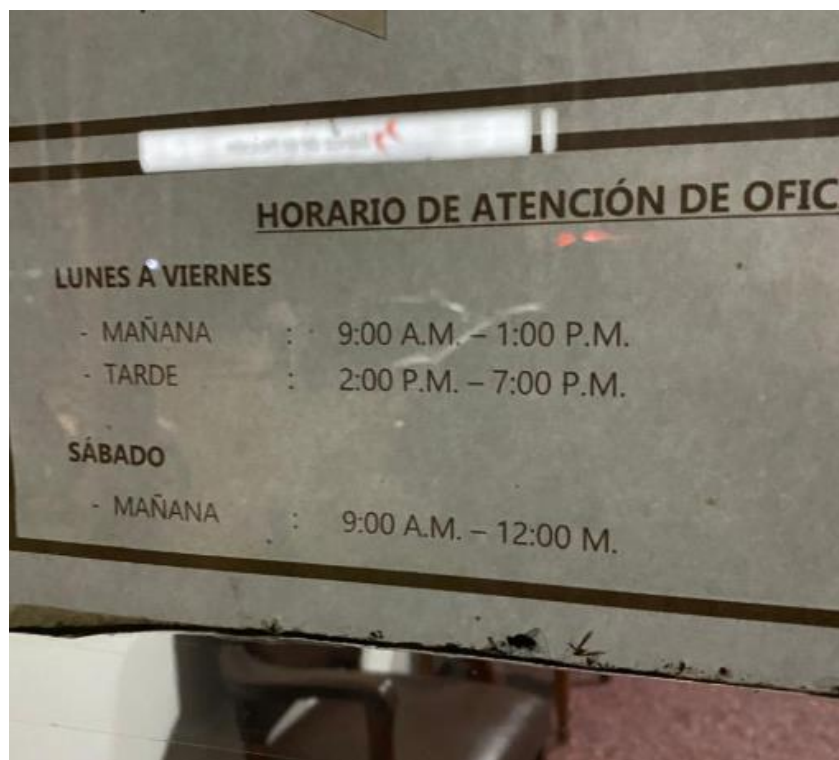
FIG. 22: FACHADA DEL CLUB DE TIRO "ELÍAS AGUIRRE"



Fuente: Google Maps

El día 1 de abril, el investigador se presentó personalmente en las instalaciones del club y gestionó la solicitud formal para utilizar parte de su infraestructura. Se entregó una carta de solicitud en la cual se explicaban los fines académicos del proyecto y se solicitaba permiso para instalar un dispositivo de grabación en su fachada durante un periodo de aproximadamente tres semanas.

FIG. 23: AFICHE DEL HORARIO DE ATENCIÓN EN LA PUERTA DEL CLUB



Fuente: Propia del tesista

El viernes 4 de abril se recibió una respuesta favorable por parte de la administración del club, otorgando la autorización solicitada. A partir de ello, el sábado 5 de abril se realizó una segunda visita al lugar con el objetivo de inspeccionar el punto exacto de instalación, tomar medidas para la fijación del equipo y evaluar las condiciones de grabación (iluminación, visibilidad, ángulo de enfoque, etc.).

FIG. 24: TOMA DE MEDIDAS PARA LA ELABORACIÓN DEL SOPORTE DE LA CÁMARA

Fuente: Propia del tesista

FIG. 25: VISTA PRELIMINAR DESDE LA FACHAD DEL CLUB DE TIRO

Fuente: Propia del tesista

Finalmente, el lunes 7 de abril se procedió con la instalación del equipo de grabación. Durante los días 7 y 8 de abril se realizaron pruebas técnicas para verificar la correcta operatividad de la cámara, confirmando que el ángulo de grabación cubría adecuadamente el área de estudio y que la calidad del video era suficiente para realizar el conteo vehicular posterior. Superadas las pruebas, se dio inicio a la grabación oficial de la muestra el día martes 9 de abril.

INSTALACIÓN Y PRUEBAS DE GRABACIÓN

La instalación de la cámara se efectuó el lunes 7 de abril, una vez obtenida la autorización formal del Club de Tiro Elías Aguirre. El proceso de instalación incluyó la fijación segura del dispositivo en una zona elevada de la fachada del club, garantizando tanto la estabilidad del equipo como la cobertura visual del cruce.

FIG. 26:SEÑALIZACIÓN DE POSICIÓN Y ANGULO DE VISIÓN DE LA CÁMARA



Fuente: Propia del tesista

Se utilizaron materiales de soporte que permitieran mantener la cámara en posición fija durante todo el periodo de grabación, sin interferencias ni movimientos que afectaran la calidad del video. La ubicación elegida ofrecía una vista panorámica clara de las vías que convergen en el nudo vial, permitiendo registrar los movimientos de los vehículos provenientes de las diferentes aproximaciones.

FIG. 27:POSICIÓN FINAL DE LA CÁMARA PARA TOMA DE MUESTRA



Fuente: Propia del tesista

Durante los días 7 y 8 de abril se llevaron a cabo jornadas de prueba. En estas jornadas se verificó la alineación del lente, la capacidad de la cámara para grabar durante periodos prolongados y la nitidez de imagen necesaria para la posterior identificación y conteo de los vehículos. También se comprobó que las condiciones de iluminación durante diferentes momentos del día (mañana, mediodía, tarde y noche) fueran adecuadas para la visibilidad del flujo vehicular.

FIG. 28: IMAGEN DE LA CÁMARA EN PROCESO DE GRABACIÓN A TRAVÉS DE UN APP



Fuente: Propia del tesista

Se identificaron algunos ajustes menores en el ángulo del lente, los cuales fueron corregidos el mismo día. Además, se realizaron grabaciones de prueba de 1 a 2 horas de duración, las cuales se revisaron cuadro por cuadro para evaluar la claridad de los vehículos en movimiento y su clasificación aproximada.

Al finalizar las pruebas y validar la funcionalidad del sistema de grabación, se concluyó que las condiciones eran óptimas para iniciar la recolección definitiva de la muestra. Por ello, se determinó el martes 9 de abril como fecha de inicio formal de la grabación continua para el análisis de tránsito en el cruce bajo estudio.

FIG. 29: SELFIE DEL TESISTA HABIENDO CULMINADO LA INSTALACIÓN



Fuente: Propia del tesista

FIG. 30: CÁMARA INSTALADA EN FACHADA DEL CLUB DE TIRO



Fuente: Propia del tesista

GRABACIÓN DE LA MUESTRA GENERAL

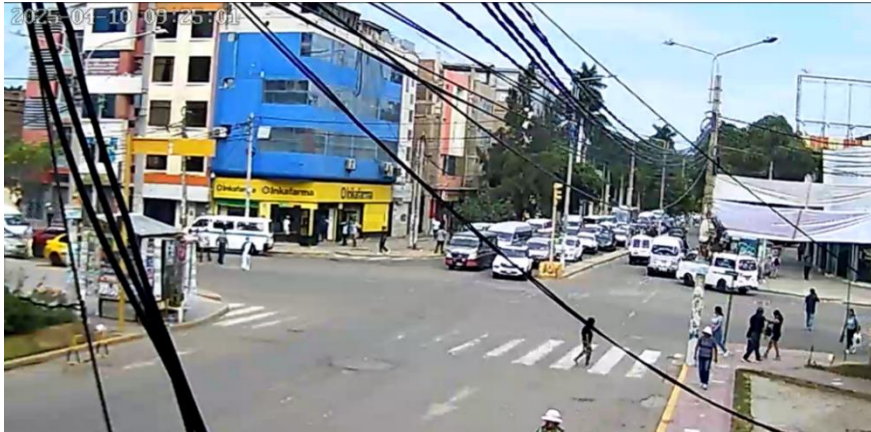
A partir del martes 9 de abril, se inició la grabación ininterrumpida del flujo vehicular en el nudo vial Salaverry – Elías Aguirre. Esta etapa de recolección de datos se prolongó hasta el lunes 29 de abril, abarcando un total de 21 días consecutivos de grabación, durante las 24 horas del día. La finalidad de este registro continuo fue disponer de una base de datos amplia, que permitiera seleccionar posteriormente los días más representativos para el estudio y asegurar la cobertura de distintos escenarios de tráfico vehicular.

Este enfoque permitió también anticiparse a posibles eventualidades como feriados, lluvias intensas o alteraciones temporales en la circulación, que podrían haber afectado la representatividad de la muestra. De esta forma, el proceso de grabación ofreció la posibilidad de elegir los días con condiciones normales de tránsito, tal como lo recomienda la metodología del Highway Capacity Manual (HCM).

Durante el periodo de grabación se realizó un seguimiento continuo del funcionamiento del equipo, revisando de manera periódica el estado del almacenamiento, la duración de las grabaciones y la calidad de las imágenes captadas. Estas revisiones garantizaron que el material recogido fuera óptimo para su posterior análisis y que no se perdieran datos importantes por fallos técnicos o interrupciones.

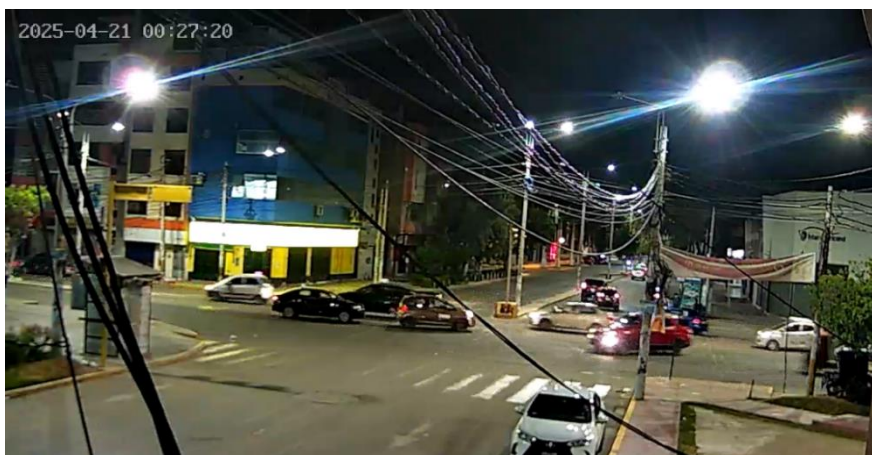
El resultado de esta etapa fue una colección de registros audiovisuales completos que documentan el comportamiento vehicular en el cruce durante un amplio rango de días, permitiendo el análisis detallado y la selección de muestras específicas en base a criterios técnicos.

FIG. 31:IMAGEN DE LA TOMA MUESTRA EN LOS DÍAS DE PRUEBA A TRAVÉS DEL APLICATIVO MÓVIL TURNO MAÑANA



Fuente: Propia del tesista

FIG. 32:IMAGEN DE LA TOMA MUESTRA EN LOS DÍAS DE PRUEBA A TRAVÉS DEL APLICATIVO MÓVIL TURNO NOCHE



Fuente: Propia del tesista

FIG. 33:IMAGEN DE LA TOMA MUESTRA EN LOS DÍAS DE PRUEBA A TRAVÉS DEL APLICATIVO MÓVIL TURNO TARDE



Fuente: Propia del tesista

SELECCIÓN DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA

Finalizado el periodo de grabación general, se procedió con la revisión y clasificación del material audiovisual con el objetivo de seleccionar los días más representativos para el análisis detallado. Para ello, se aplicaron criterios metodológicos establecidos por el Highway Capacity Manual (HCM), el cual recomienda utilizar días laborales típicos que no estén influenciados por eventos extraordinarios, como feriados o condiciones climáticas atípicas. Estos días fueron evaluados en función del comportamiento del flujo vehicular observado, la continuidad de la grabación y la claridad de las imágenes.

La selección de la muestra representativa se realizó con base en criterios de conveniencia orientados a capturar las franjas horarias de mayor demanda en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre. Se definieron tres turnos diarios de observación (mañana, tarde y noche), con intervalos de tres horas por turno, y la recolección de datos se llevó a cabo durante tres días.

• VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MUESTREO

La metodología de muestreo fue validada mediante la comparación de patrones horarios y volumétricos entre los días monitoreados. Se aplicaron criterios de congruencia con las recomendaciones de muestreo del HCM y la lógica L–X–V empleada en estudios de tráfico (se documentaron las similitudes en las distribuciones horarias y la variabilidad entre días). En particular, se verificó que el día base seleccionado (miércoles) presentara características representativas respecto a las medias diarias y a las franjas de mayor demanda; cuando se detectaron desviaciones significativas en otros días, se registraron y justificaron en los anexos como variaciones por eventos locales o condiciones puntuales. Esta validación metodológica quedó consignada en los registros de campo y en las hojas de control de calidad del material de grabación.

ANÁLISIS DEL DÍA MIÉRCOLES (MUESTRA BASE)

La selección de la muestra representativa se realizó siguiendo los lineamientos del *Highway Capacity Manual* (HCM), el cual establece que la elección de los días de conteo debe considerar la variabilidad en la demanda vehicular a lo largo de la semana. En este estudio se tomó como referencia el día miércoles para la construcción de la muestra base, dado que este día no presenta la disminución característica de los lunes ni el incremento de los viernes.

Para sustentar esta elección metodológica, se ejecutó un conteo vehicular de 24 horas continuas en la intersección del nudo vial Salaverry–Elías Aguirre y sus vías alimentadoras. A partir de este levantamiento se identificaron las franjas horarias de mayor actividad vehicular en la mañana, mediodía y tarde. Con el fin de validar la representatividad del miércoles, dichas franjas fueron contrastadas mediante conteos parciales de lunes y viernes, siguiendo la lógica comparativa de la metodología L–X–V planteada en estudios previos de tránsito urbano (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019).

De esta manera, el procedimiento metodológico permitió reducir posibles sesgos en la selección del día de análisis, garantizando que la muestra trabajada fuera representativa del comportamiento semanal del flujo vehicular en el nudo vial objeto de estudio.

DEFINICION DE FRANJAS HORARIAS Y BUSQUEDA DE LA HORA CRITICA

Con el propósito de caracterizar los momentos de mayor demanda vehicular, se estableció la identificación de franjas horarias críticas dentro de la jornada representativa. Para ello, se aplicó el criterio metodológico del *Highway Capacity Manual* (HCM), que sugiere la evaluación de intervalos de 15 minutos agrupados en períodos de una hora, a fin de determinar los picos de tráfico de la intersección en estudio.

El procedimiento consistió en analizar el flujo vehicular en las principales franjas de la jornada —mañana, mediodía y tarde— con el fin de reconocer las horas con mayor volumen de tránsito. Posteriormente, estas franjas fueron comparadas entre sí, y se seleccionó como “hora crítica” aquella que presentó el mayor número de vehículos.

Este criterio metodológico se aplicó tanto al nudo vial Salaverry–Elías Aguirre como a las vías alimentadoras seleccionadas, asegurando que el análisis incluyera no solo la intersección principal, sino también los accesos más relevantes que inciden directamente en su desempeño operativo.

CONTEO DESGREGADO EN LA HORA CRITICA

Una vez identificada la hora crítica de máxima demanda, se procedió a desagregar el flujo vehicular registrado en ese intervalo. Para ello, los vehículos fueron clasificados en categorías (livianos, pesados, transporte público y motocicletas) y, adicionalmente, según el tipo de movimiento realizado en la intersección: movimientos rectos, giros a la derecha

y giros a la izquierda. Esta clasificación tuvo como finalidad obtener una caracterización detallada de la composición vehicular, la cual es necesaria para la aplicación del *Highway Capacity Manual* (HCM).

REGISTRO COMPLEMENTARIO EN VÍAS ALIMENTADORAS Y CONTEO EN HORA CRÍTICA

De manera complementaria al levantamiento del cruce principal, se efectuaron registros audiovisuales en las intersecciones más influyentes de las vías que alimentan el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre. Esta actividad se llevó a cabo durante la hora crítica previamente determinada, empleando una cámara portátil instalada en un trípode a nivel de vereda, sin necesidad de instalaciones adicionales ni soporte de fachadas.

Los puntos seleccionados fueron:

Av. Salaverry con la calle Bernardo Alcedo.

Av. José Leonardo Ortiz con la calle Manuel María Izaga.

Av. Eufemio Lora y Lora con las calles San José y Francisco Cuneo.

El procedimiento seguido fue análogo al aplicado en el nudo principal, asegurando la consistencia metodológica en la recolección de datos. Posteriormente, durante la hora crítica, se procesaron los registros obtenidos en estas intersecciones para realizar el conteo de vehículos que aportan flujo hacia el nudo principal. Este procedimiento permitió cuantificar el aporte de cada vía y garantizar que el análisis reflejara de manera integral la interacción entre la intersección central y su entorno inmediato, constituyendo así una base de información completa para la evaluación posterior de la demanda vehicular.

PROCESAMIENTO DE DATOS Y CÁLCULO DEL IMD

Una vez concluido el registro audiovisual en el nudo principal y en las intersecciones alimentadoras, se procedió a la sistematización de la información. Para ello, las grabaciones fueron revisadas de manera secuencial y se elaboraron planillas de conteo en las que se clasificaron los vehículos observados según su tipología: livianos, pesados, transporte público y motocicletas.

Los volúmenes diarios obtenidos se organizaron en tablas y se consolidaron para cada uno de los accesos, siguiendo los lineamientos del *Highway Capacity Manual* (HCM).

Posteriormente, se calculó el Índice Medio Diario (IMD) como el promedio de los flujos vehiculares registrados durante el periodo de observación.

En esta etapa también se incorporó la sincronización semafórica previamente registrada en el inventario vial (Objetivo 1). Los tiempos de luz verde, ámbar y roja, así como la duración de los ciclos, fueron utilizados como variables operativas indispensables para los cálculos de capacidad y nivel de servicio de la intersección.

El procesamiento de la información permitió conformar una base de datos consolidada que sirvió de insumo directo para los análisis de demanda y evaluación operacional desarrollados en el siguiente objetivo.

OBJETIVO: EVALUAR LA DEMANDA ACTUAL Y PROYECTADA DE LAS AVENIDAS Y CALLES ALIMENTADORAS AL NUDO VIAL SALAVERRY – ELÍAS AGUIRRE

DEMANDA ACTUAL

EVALUACION DE LA DEMANDA EN EL NUDO PRINCIPAL

A partir del conteo desagregado realizado en la hora crítica, se evaluó la composición vehicular y la magnitud de los flujos en cada aproximación. Este procedimiento permitió identificar los movimientos predominantes y la participación relativa de cada tipo de vehículo en la intersección. Asimismo, se analizaron las variaciones horarias para determinar los momentos de mayor presión sobre la capacidad del nudo vial, insumo fundamental para los cálculos de nivel de servicio según el HCM.

EVALUACIÓN DE LA DEMANDA EN VÍAS ALIMENTADORAS

Los volúmenes registrados en cada acceso alimentador fueron integrados al flujo total del nudo vial. Se evaluó la proporción relativa de cada aporte, identificando las vías con mayor incidencia en la congestión del cruce. Este análisis permitió caracterizar la estructura de la demanda actual y sirvió de base para la proyección de la demanda futura.

DEMANDA PROYECTADA

EVALUACION DE LA DEMANDA PROYECTADA NUDO PRINCIPAL

La demanda proyectada se construyó a partir de la redistribución de los flujos vehiculares actuales bajo las propuestas de mejora diseñadas en esta investigación. Dichas propuestas

contemplaron ajustes en la geometría del nudo vial, optimización de la programación semafórica y redireccionamiento de determinados movimientos. Los volúmenes proyectados representaron un escenario alternativo al estado actual, en el que se buscó una reducción de la conflictividad y una mejora en la capacidad de operación.

EVALUACION DE LA DEMANDA PROYECTADA EN VÍAS ALIMENTADORAS

En las intersecciones alimentadoras, la proyección se basó en el ajuste de los aportes de flujo hacia el nudo principal, considerando los desvíos y redistribuciones derivados de las propuestas planteadas. Con ello se obtuvo un escenario integral que refleja el comportamiento vehicular esperado tras la implementación de las mejoras.

OBJETIVO: DETERMINAR LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA CIRCULACIÓN VEHICULAR DEL NUDO VIAL SALAVERRY – ELÍAS AGUIRRE Y SUS VÍAS ALIMENTADORAS UTILIZANDO EL ENFOQUE HCM

Con la información recolectada en campo —incluyendo la hora crítica, la clasificación vehicular, los giros de movimiento y el inventario vial— se procedió a la aplicación de la metodología del **Highway Capacity Manual (HCM)**.

En primer lugar, se calcularon los **volúmenes horarios equivalentes a vehículos livianos (PCE)** mediante la aplicación de factores de conversión para vehículos pesados y de transporte público. Estos factores permitieron homogenizar la demanda vehicular en términos comparables.

Posteriormente, se determinó la **capacidad de la intersección y de sus accesos principales**, considerando la geometría levantada en el inventario vial y los tiempos de semaforización vigentes registrados previamente.

Para cada acceso del nudo vial y de las vías alimentadoras se estimaron los siguientes indicadores operativos:

- Relación volumen/capacidad (v/c).
- Demora promedio por vehículo.
- Nivel de servicio (LOS), según las categorías definidas en el HCM.

Los cálculos se efectuaron siguiendo las ecuaciones, tablas y criterios establecidos en el manual, con el fin de garantizar la consistencia metodológica del análisis.

Finalmente, los resultados de capacidad y niveles de servicio fueron organizados en tablas y matrices comparativas, con el objetivo de facilitar la interpretación técnica y servir como insumo para la propuesta de mejoras en la circulación vehicular.

OBJETIVO: PROPUESTA DE UN NUEVO FLUJO VEHICULAR, SINCRONIZACIÓN DE SEMÁFOROS Y APROVECHAMIENTO DE LOS ESPACIOS QUE MEJORE LA CIRCULACIÓN VEHICULAR EN EL NUDO VIAL SALAVERRY-ELÍAS AGUIRRE

Para el desarrollo de este objetivo, se planteó un rediseño del flujo vehicular del nudo vial Salaverry-Elías Aguirre con el fin de optimizar la circulación y mejorar la eficiencia del transporte público. La propuesta consideró tres componentes principales:

REDISEÑO GEOMÉTRICO Y APROVECHAMIENTO DEL ESPACIO

Se evaluó la reducción del ancho de los carriles existentes en la avenida Salaverry, manteniendo el número total de carriles, para liberar espacio y destinar un carril exclusivo al transporte público. Esta medida permite agilizar el tránsito de buses y vehículos similares, reduciendo conflictos con el flujo general.

REDIRECCIÓN DEL FLUJO VEHICULAR

Se identificaron las rutas alternativas para desviar ciertos movimientos vehiculares que generan congestión en el nudo principal, considerando calles adyacentes y vías alimentadoras. Los desvíos se plantearon de manera que no se saturen las calles secundarias y se mantenga la fluidez general.

SINCRONIZACIÓN SEMAFÓRICA

Se propuso ajustar los tiempos de los semáforos en el nudo y sus vías alimentadoras, aumentando la eficiencia del flujo vehicular en horas pico. Para determinar los tiempos óptimos de verde y rojo, se emplearon simulaciones computacionales con software especializado, permitiendo evaluar distintos escenarios y seleccionar la combinación que maximice la capacidad del nudo.

Además, se definió la estrategia de implementación considerando la señalización adecuada para los desvíos, la coordinación con el personal de tránsito y la factibilidad de

ejecución mediante ordenanzas municipales. Todos estos cambios fueron modelados en software de simulación de tráfico para garantizar que las propuestas mejoren efectivamente la circulación sin generar efectos negativos en las vías secundarias.

FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS

La factibilidad de las propuestas de mejora se evaluó bajo el marco normativo y administrativo vigente. Para su ejecución, se consideró el procedimiento formal que involucra la presentación de un proyecto técnico ante la Gerencia de Tránsito y Vialidad de la Municipalidad Provincial de Chiclayo, junto con estudios de impacto en la circulación. Posteriormente, la aprobación se materializaría mediante una ordenanza municipal que autorice las intervenciones en la infraestructura vial y regule la coordinación con los cuerpos de tránsito. Este enfoque metodológico aseguró que las medidas propuestas no solo fueran técnicamente viables, sino también compatibles con los mecanismos administrativos locales.

APLICACIÓN HORARIA DE LAS RESTRICCIONES Y DESVÍOS

En el diseño metodológico se estableció que las restricciones de ciertos tipos de vehículos y los desvíos asociados se aplicarían únicamente en los periodos de mayor congestión vehicular. Para ello, se definieron tres turnos de hora pico.

De esta manera, el plan de restricción y desvío se limitó a los horarios críticos identificados en los aforos, evitando así su aplicación continua durante todo el día y optimizando el uso de los recursos de control.

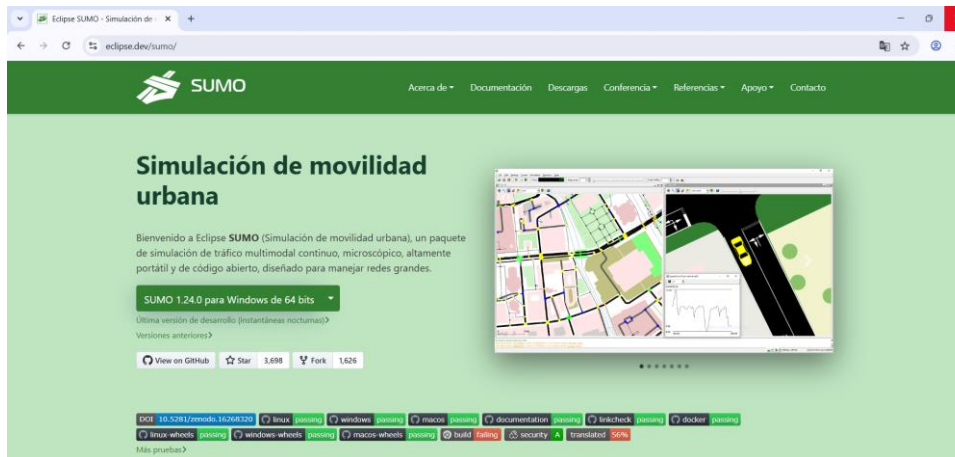
OBJETIVO: EVALUAR LA EFECTIVIDAD DE LAS MEJORAS PROPUESTAS MEDIANTE SIMULACIONES CON SOFTWARE ESPECIALIZADO Y COMPARAR LOS RESULTADOS CON EL ESTADO ACTUAL DEL TRÁFICO

Para el desarrollo de este objetivo, se utilizó una metodología basada en simulación computacional mediante el software **SUMO (Simulation of Urban Mobility)**, con el fin de evaluar de manera cuantitativa la efectividad de las mejoras propuestas en el nudo vial Salaverry-Elías Aguirre. El procedimiento se realizó en tres etapas principales:

PREPARACIÓN E INSTALACIÓN DEL SOFTWARE

- Se descargó SUMO desde la página oficial y se realizó la instalación siguiendo las instrucciones del fabricante.

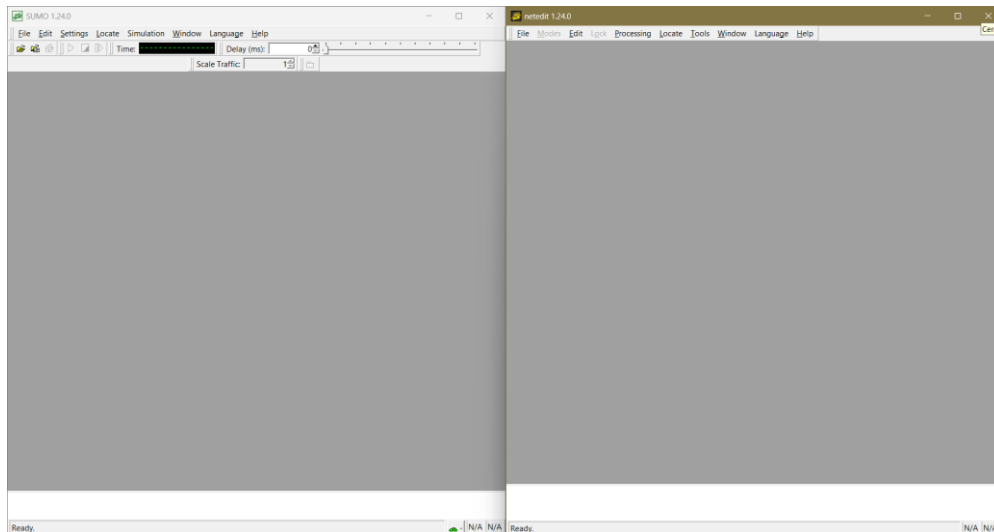
FIG. 34: PROCESO DE SIMULACION



Fuente: Propia del tesista

- Se verificó que todos los complementos necesarios, como Netedit (editor de red), estuvieran disponibles.

FIG. 35: PROCESO DE SIMULACION



Fuente: Propia del tesista

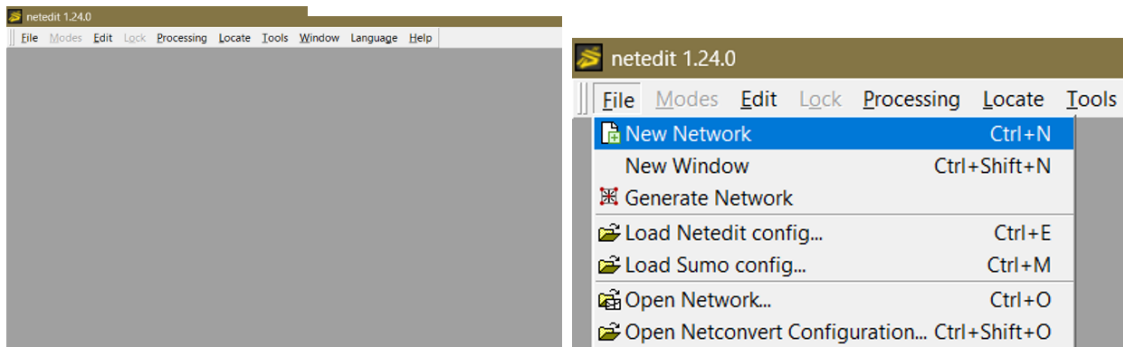
SIMULACIÓN DEL ESTADO ACTUAL

- **Modelado de la red vial:** Se trazó el nudo vial y sus vías alimentadoras en Netedit, incluyendo todas las calles, intersecciones y semáforos existentes. Se definieron

parámetros geométricos como número de carriles, ancho de carriles y movimientos permitidos.

1. Se creó el NETEDIT y creó un New Network.

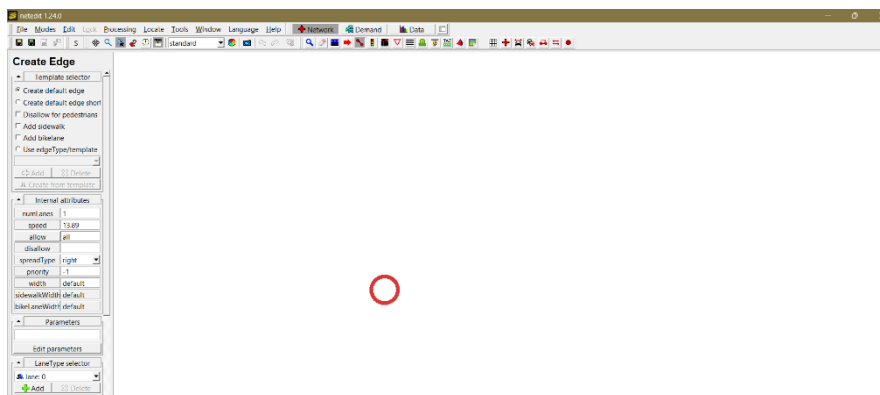
FIG. 36: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

2. Visualización de la Network creada.

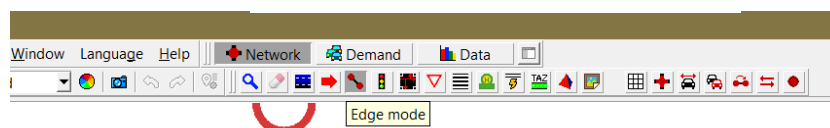
FIG. 37: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

3. Se empezó a crear las calles/avenidas con el comando Edge Mode.

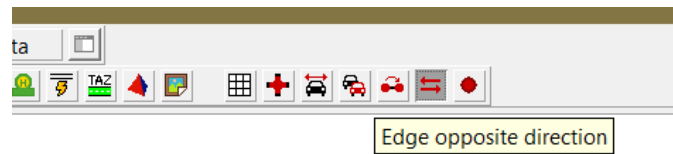
FIG. 38: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

4. En vías de donde sentido se activó el sub comando Edge Opposite Direction.

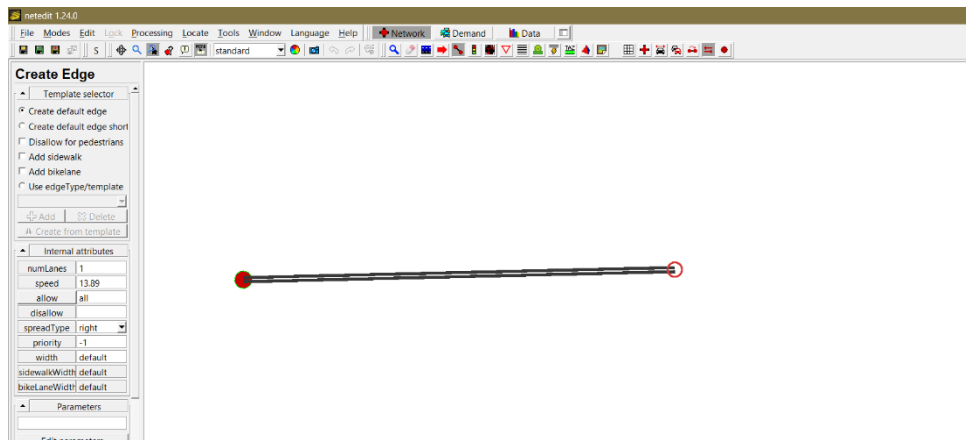
FIG. 39: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

5. Con ayuda del puntero y click izquierdo, se comenzó a trazar la red.

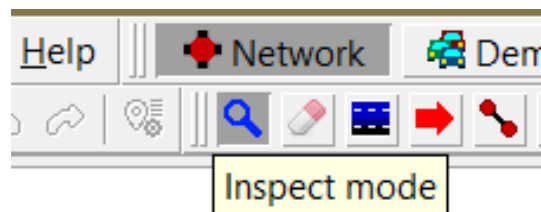
FIG. 40: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

6. Con ayuda del comando Inspect Mode, se seleccionó cada red trazada y se editó el nombre de la vía, la cantidad de carriles, y el ancho de cada carril.

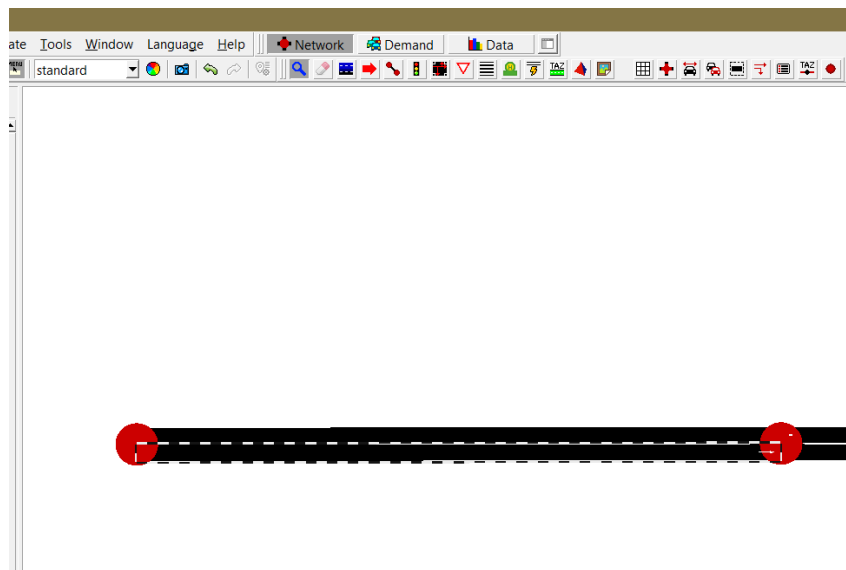
FIG. 41: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

7. Se verificó cada vía con sus datos correctos.

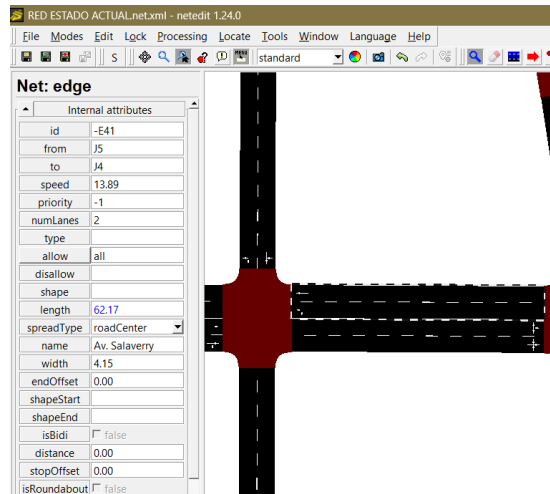
FIG. 42: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

8. Se editó y verificó la Av. Salaverry con sus datos correctos.

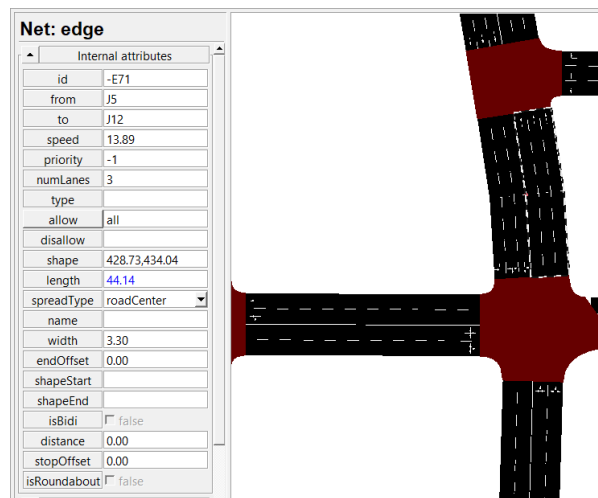
FIG. 43: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

9. Se editó y verificó la Av. Lora y Lora con sus datos correctos.

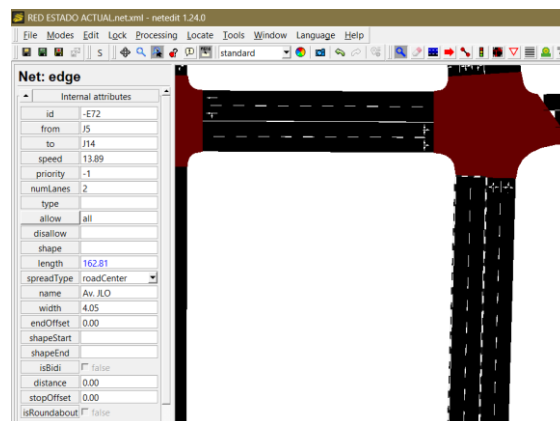
FIG. 44: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

10. Se editó y verificó la Av. JLO con sus datos correctos.

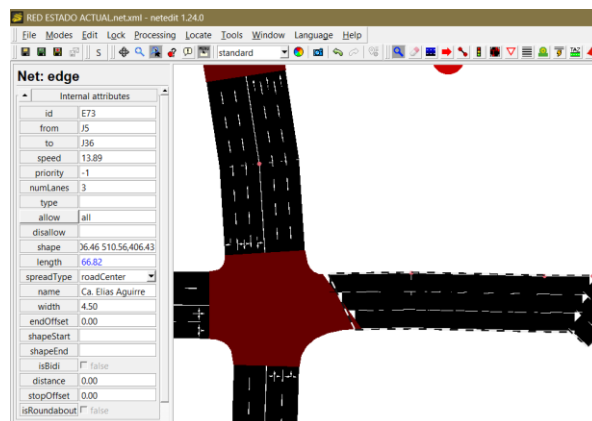
FIG. 45: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

11. Se editó y verificó la Ca. Elias Aguirre con sus datos correctos.

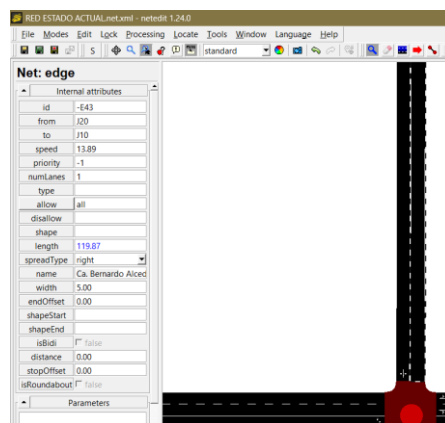
FIG. 46: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

12. Se editó y verificó la Ca. Bernardo Alcedo con sus datos correctos.

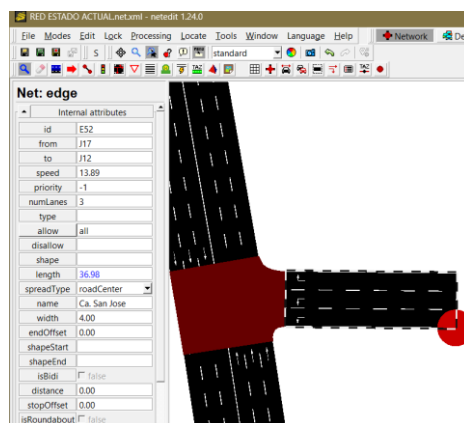
FIG. 47: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

13. Se editó y verificó la Ca. San Jose con sus datos correctos.

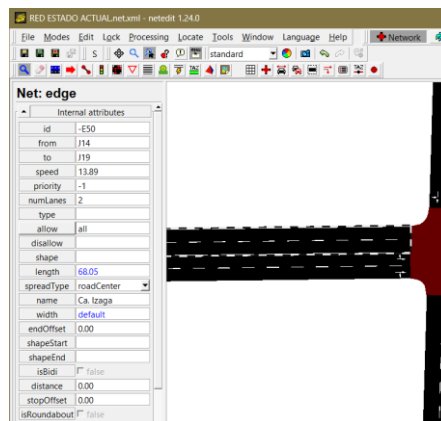
FIG. 48: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

14. Se editó y verificó la Ca. Manuel Maria Izaga con sus datos correctos

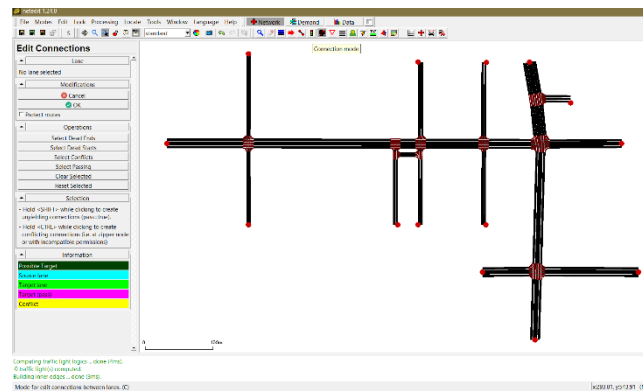
FIG. 49: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

15. Se observo la red totalmente trazada.

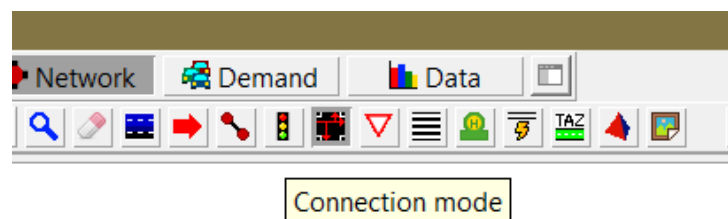
FIG. 50: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

16. Luego con ayuda del comando Connection Mode, seleccionaremos cada intersección creada, y editaremos cada movimiento de cada vía.

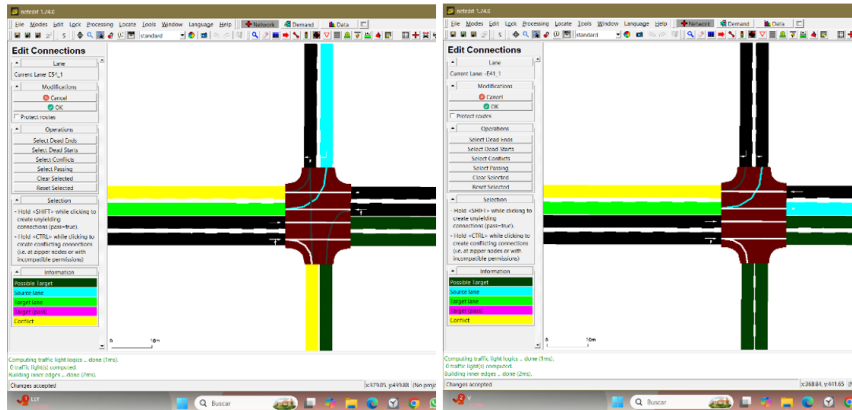
FIG. 51: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

17. Seleccionamos la vía de ingreso a la intersección, luego activamos y desactivamos los movimientos permitidos de cada carril. : proceso de simulación

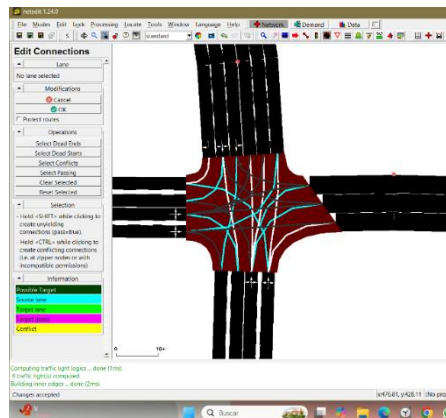
FIG. 52: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

18. Movimientos en el Cruce principal Salaverry-Elias Aguirre.

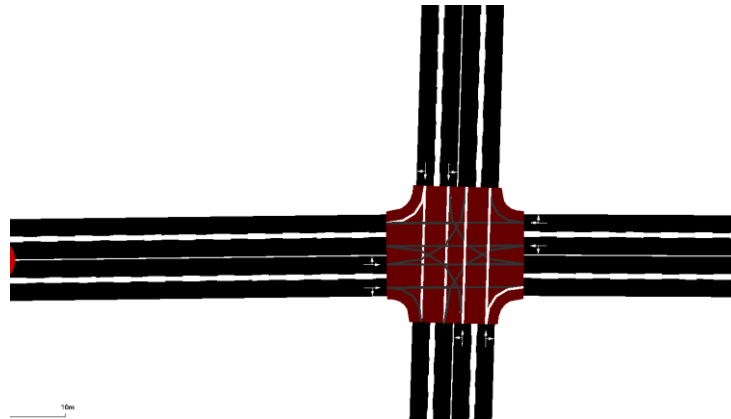
FIG. 53: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

19. Movimientos en el Cruce Salaverry - Bernardo Alcedo.

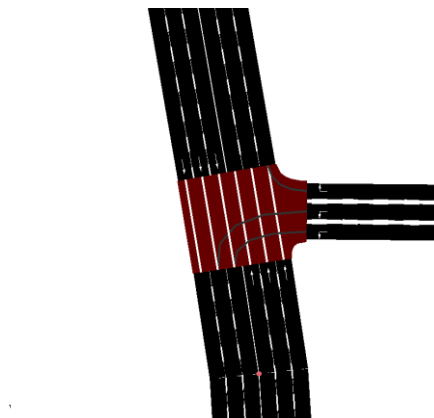
FIG. 54: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

20. Movimientos en el Cruce Lora y Lora - San Jose.

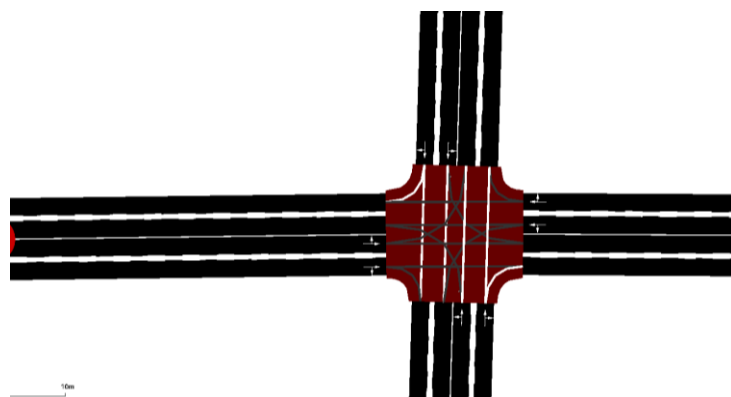
FIG. 55: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

21. Movimientos en el Cruce JLO - Izaga.

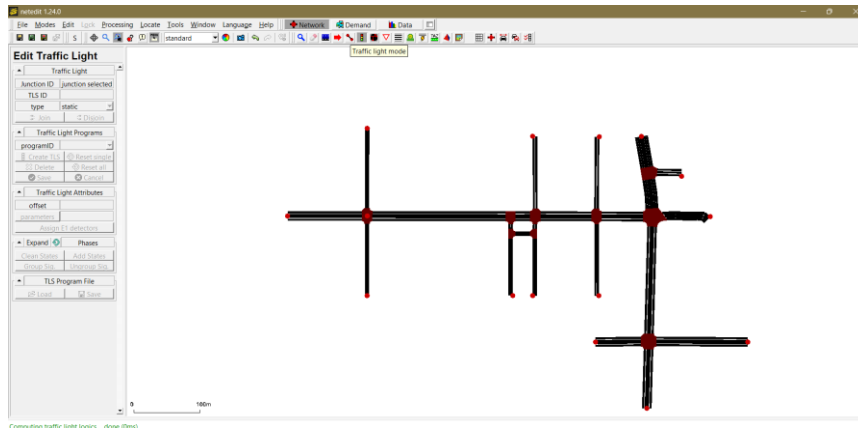
FIG. 56: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

22. Una vez que se definió los movimientos permitidos en todas las intersecciones se procede a la colocación de los semáforos.

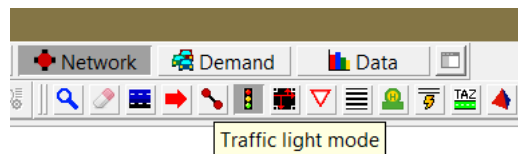
FIG. 57: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

23. Con ayuda del comando “Traffic light mode” se colocó el semáforo en las intersecciones que se requieran.

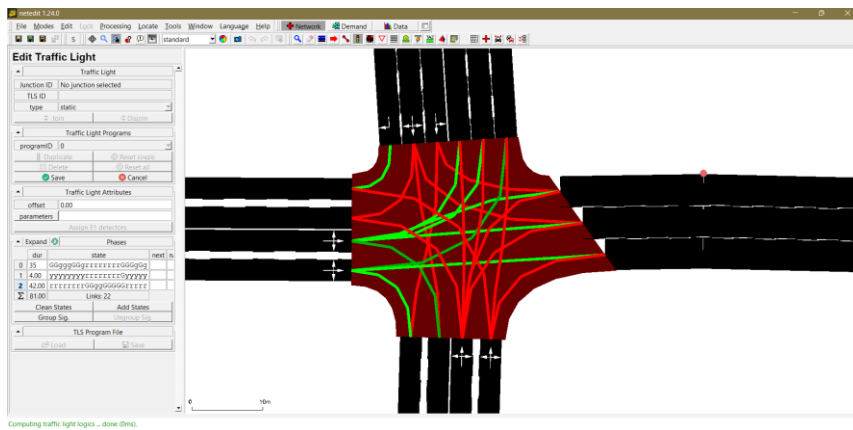
FIG. 58: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

24. En la intersección Salaverry-Elías Aguirre, se colocó los parámetros recogidos en campo.

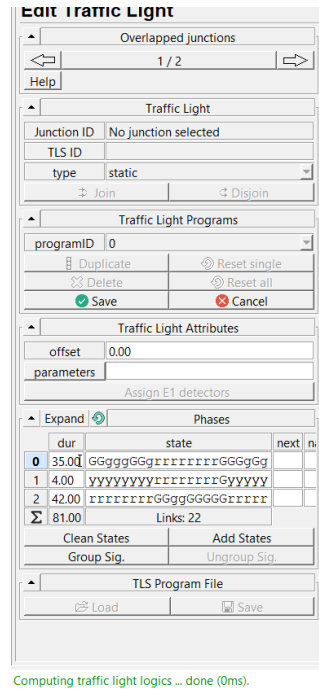
FIG. 59: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

25. En el apartado de “Edit Traffic Light”, se colocó las 3 fases semafóricas que se recogieron en campo para la intersección Salaverry-Elías Aguirre.

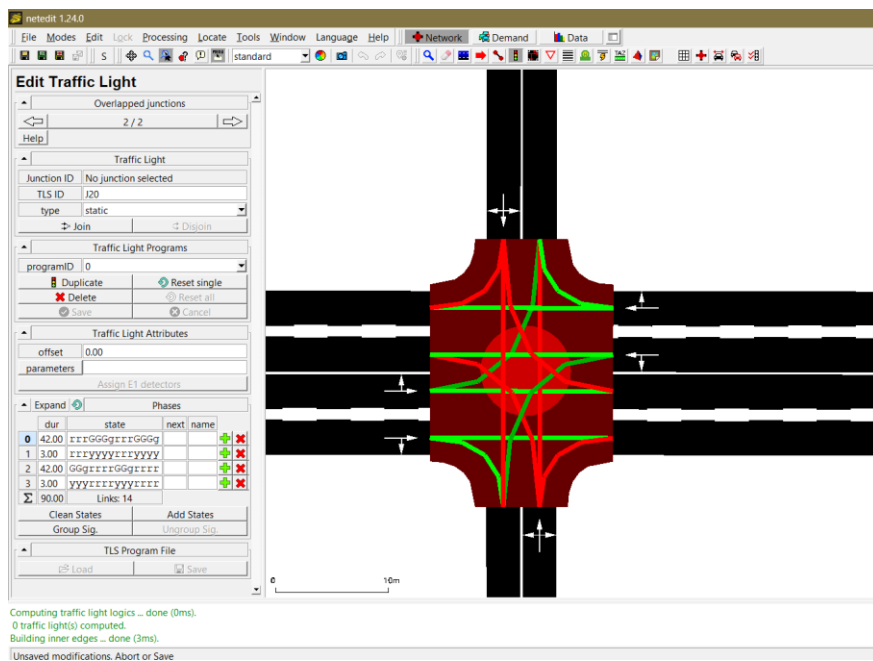
FIG. 60: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

26. Se realizo el mismo procedimiento para la intersección Salaverry-San Jose.

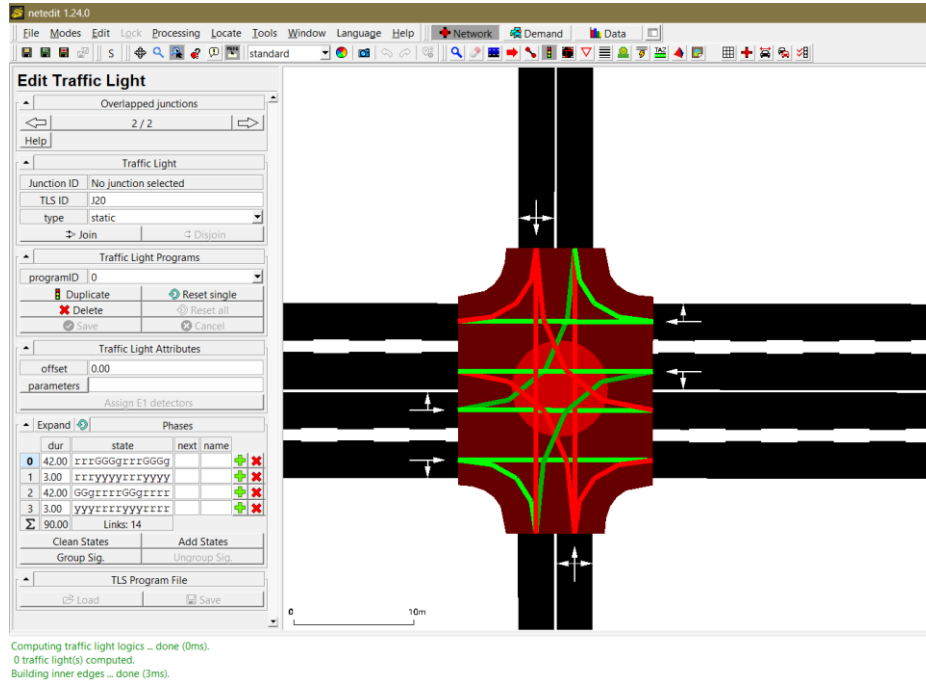
FIG. 61: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

27. Se realizo el mismo procedimiento para la intersección Salaverry-Bernardo Alcedo.

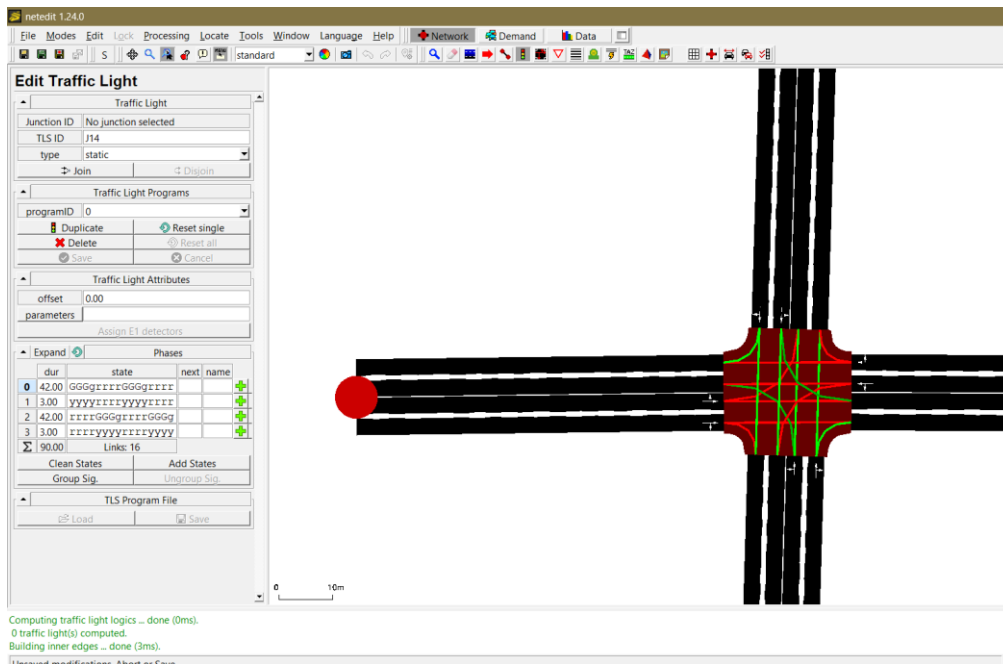
FIG. 62: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

28. Se realizo el mismo procedimiento para la intersección JLO-Izaga.

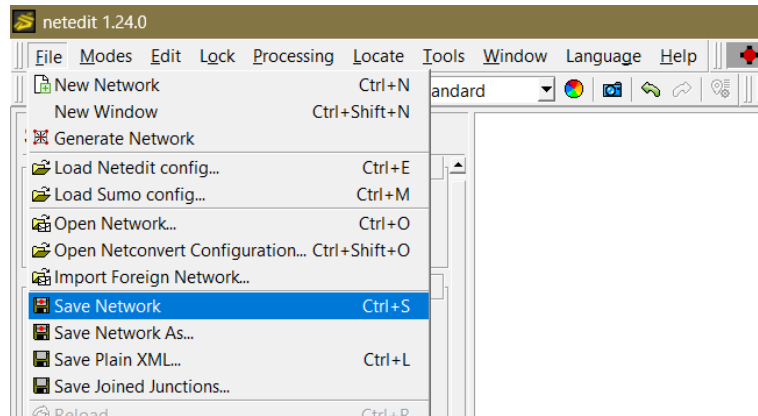
FIG. 63: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

29. Una vez que se finalizò el trazo, los parámetros de cada vía, los parámetros de movimientos de cada intersección y la colocación de semáforos, se procedió a guardar la red.

FIG. 64: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

- **Ingreso de datos de tráfico:** Se incorporaron los volúmenes vehiculares en la hora crítica desde cada vía de la intersección más cercana que lleguen al cruce principal.
 1. Luego de haber guardado la red, se procedió a configurar la demanda de autos con el apartado “Edit Traffic Demand Elements”.

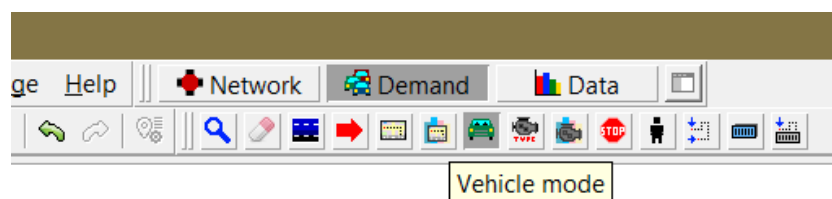
FIG. 65: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

2. Luego vamos al comando “Vehicle Mode” donde se añadió la carga o demanda vehicular.

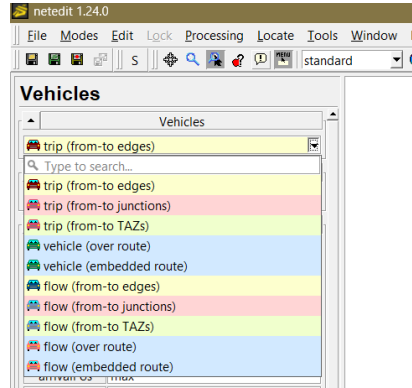
FIG. 66: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

3. Luego en el apartado que se selección “flow (from-to edges)”

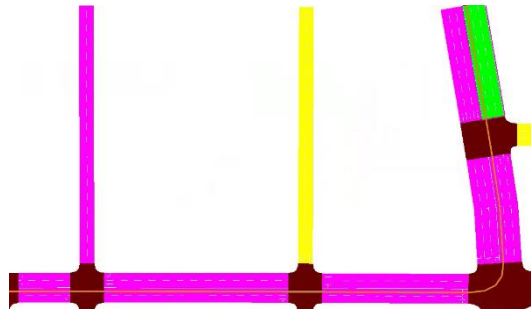
FIG. 67: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

4. Luego se seleccionó la ruta.

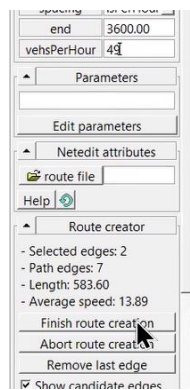
FIG. 68: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

5. Posteriormente se colocó la cantidad de vehículos por hora que transitan en esa ruta y se finalizó la edición.

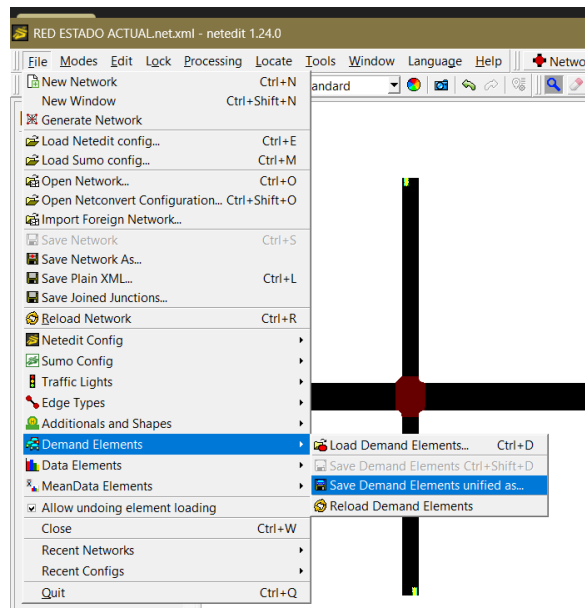
FIG. 69: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

6. Se repite el mismo proceso para las 24 rutas. Y se finaliza guardando la demanda.

FIG. 70: PROCESO DE SIMULACIÓN

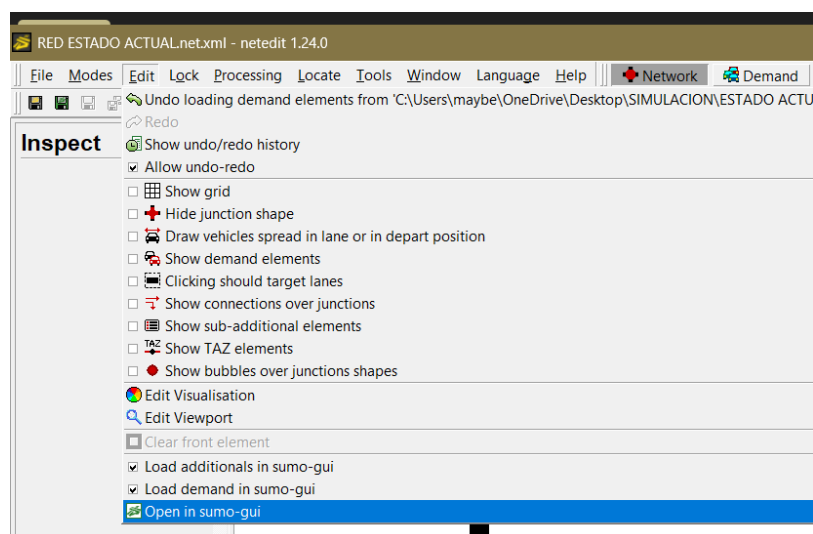


Fuente: Propia del tesista

- **Ejecución de la simulación:** La simulación se corrió en SUMO, registrando datos como tiempo promedio de viaje, colas vehiculares, niveles de servicio y capacidad del nudo vial.

1. Una vez que se guardó la red y la demanda, nos dirigimos a la pestaña “Edit” y luego se seleccionó “Open in sumo-gui”.

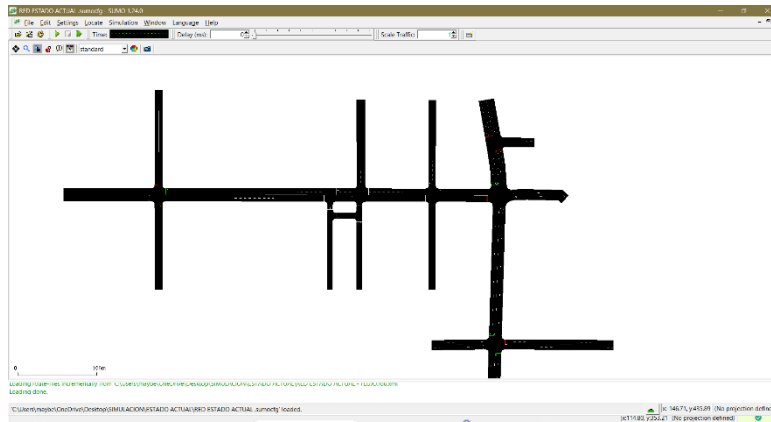
FIG. 71: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

- Se abrirá el programa Sumo-gui con nuestro modelado.

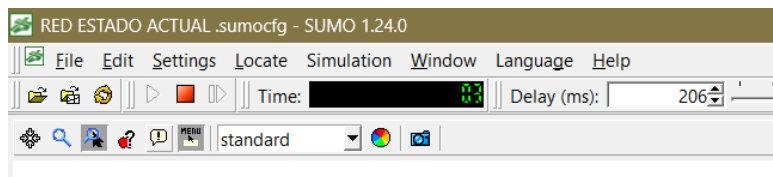
FIG. 72: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

- Corremos la simulación con el comando “Run”.

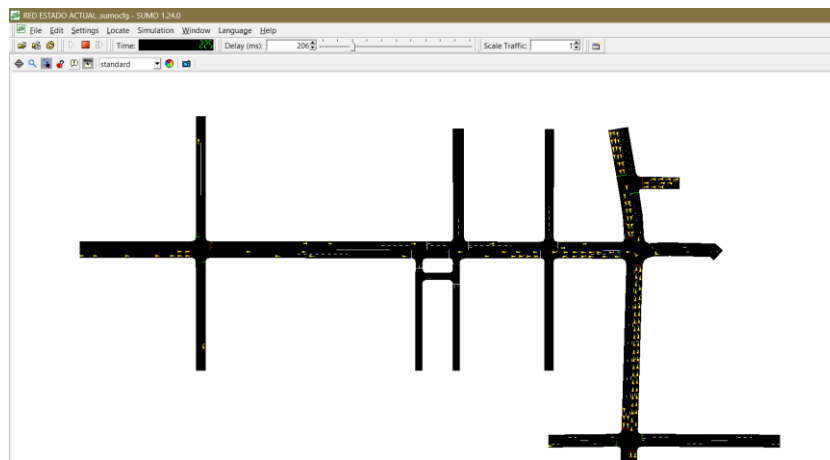
FIG. 73: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

- La Simulación.

FIG. 74: PROCESO DE SIMULACIÓN



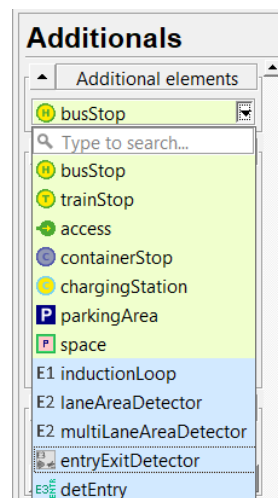
Fuente: Propia del tesista

- **Extracción de resultados numéricos:** Se generaron reportes en formato CSV desde SUMO, los cuales permitieron cuantificar los indicadores de desempeño del tráfico en el estado actual.
1. Abrimos la Red “Network” y con el comando “Additional Mode” empezamos la medición de parámetros de nuestra simulación.

FIG. 75: PROCESO DE SIMULACIÓN

Fuente: Propia del tesista

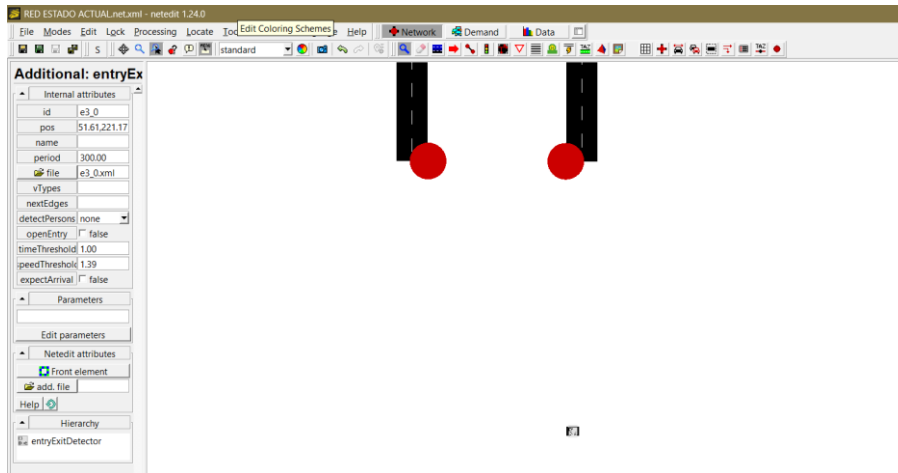
2. En el apartado izquierdo se seleccionó el modo “EntryExitDetector” para hacer la medición.

FIG. 76: PROCESO DE SIMULACIÓN

Fuente: Propia del tesista

- Colocamos en medidor en algún lado del modelado, pero fuera de las vías.

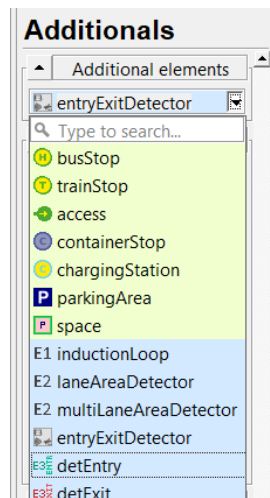
FIG. 77: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

- Luego volvemos al comando “Additional Mode” y después seleccionamos el modo “detEntry”.

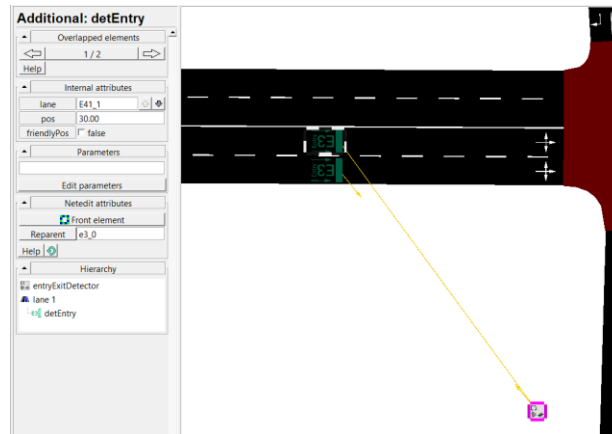
FIG. 78: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

- Se colocó los puntos de entrada en vía de ingreso al cruce en ambos carriles. Y también se ajustó su posición.

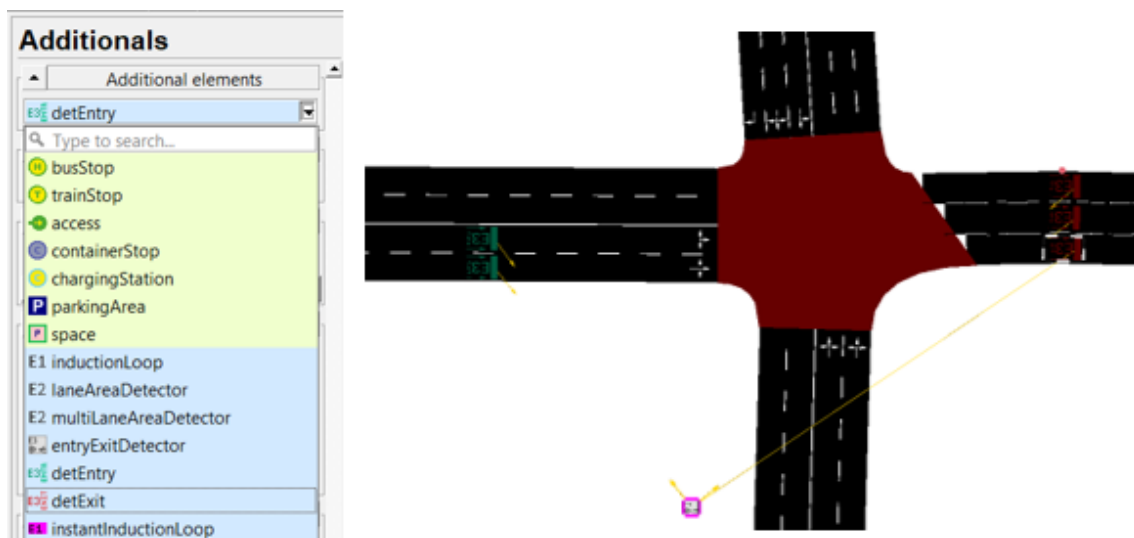
FIG. 79: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

- Ahora con el Modo “detExit” hacemos lo mismo en la vía de salida, en todos los carriles y también ajustamos su posición.

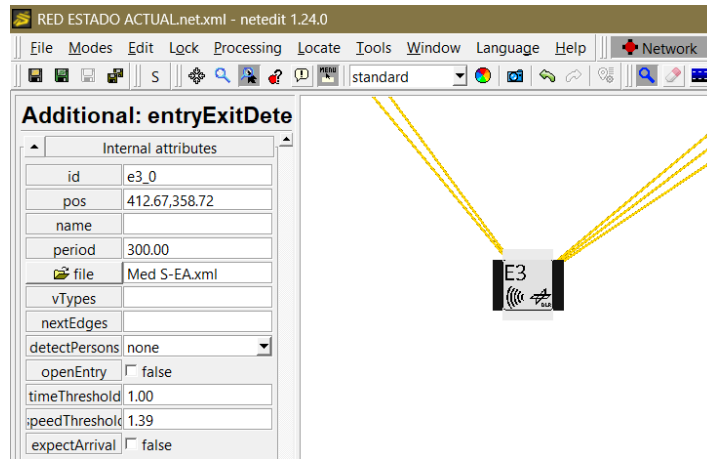
FIG. 80: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

7. Ajustamos el medidor con un periodo de 300 segundos en cada medición y el nombre que le colocaremos.

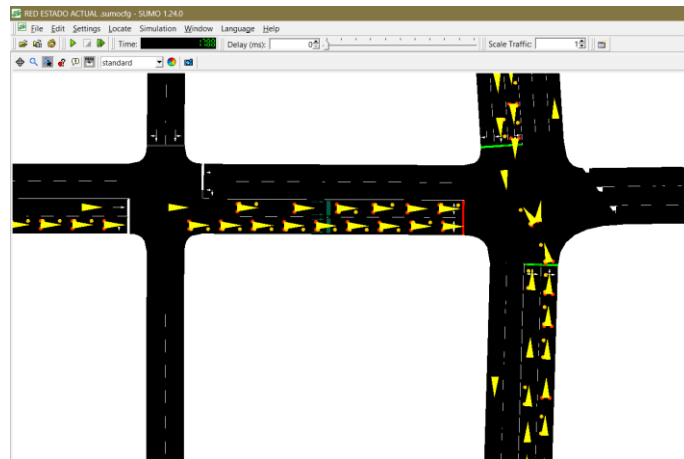
FIG. 81: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

8. Procedemos a guardar los elementos de medición. Y corremos la simulación. Por un tiempo de al menos 1300 seg para tener 3 mediciones.

FIG. 82: PROCESO DE SIMULACIÓN



Fuente: Propia del tesista

9. Buscamos el archivo que se creó luego de la simulación y de dale stop en la carpeta donde tenemos guardado los archivos con .xml.

Nombre	Fecha de modificación
RED ESTADO ACTUAL - FLUJO.netecfg	30/09/2025 17:47
RED ESTADO ACTUAL - FLUJO.rou.xml	28/09/2025 19:49
RED ESTADO ACTUAL .sumocfg	30/09/2025 17:53
RED ESTADO ACTUAL.net.xml	29/09/2025 12:14
Detector 1.add.xml	30/09/2025 17:47
e3_0.xml	30/09/2025 17:53

10. Procedemos a abrir el archivo con Excel y obtener los resultados.

begin	end	meanTravelTime	meanOverlapTravelTime	meanSpeed	meanHubsPerVehicle	meanTimeLost	vehicleSum	meanSpeedWithin	meanHubsPerVehicleWithin	meanDurationWithin	vehicleSumWithin	
300	600 #3 0	36.73	37.32	5.47	0.77	30.26	35	0.76	1.27		79.94	
500	900 #3 0	48.9	49.29	6.18	0.67	42.42	33	2.49	1.69		55.93	
900	1200 #3 0	34.3	34.9	6.57	0.62	27.99	34	6.13	0.82		60.66	
				6.07533333 m/s			33.54333333 seg/veh					

SIMULACIÓN DEL ESTADO PROYECTADO (ESCENARIO PROPUESTO)

- **Modificaciones geométricas y semafóricas:** Se aplicaron los cambios propuestos en el Objetivo 5, incluyendo carriles exclusivos para transporte público, desvíos de vehículos hacia calles alternativas y ajuste de los tiempos de los semáforos.
- **Actualización de la red y flujos:** Se modificó la red vial en Netedit según el rediseño y se actualizaron los volúmenes de tráfico para reflejar el nuevo flujo proyectado.
- **Ejecución de la simulación:** Se corrió nuevamente la simulación en SUMO, registrando los mismos indicadores de desempeño que en el estado actual.
- **Extracción de resultados numéricos:** Se exportaron los resultados en formato XML para comparar directamente los indicadores del estado proyectado con los del estado actual.

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE LAS MEJORAS

- Se realizó un análisis comparativo de los indicadores de desempeño entre ambos escenarios (estado actual y proyectado).

- Se evaluó la efectividad de las mejoras mediante la variación de los tiempos de viaje, longitud de colas, niveles de servicio y desempeño del transporte público.
- Esta comparación permitió determinar de manera cuantitativa el impacto de las modificaciones en la circulación vehicular, evidenciando las mejoras logradas con el rediseño y la sincronización semafórica optimizada.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

RESULTADOS

RESULTADOS OBTENIDOS DEL INVENTARIO VIAL DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL NUDO VIAL SALAVERRY-ELIAS AGUIRRE (OBJETIVO 1)

El nudo vial Salaverry–Elías Aguirre se encuentra conformado por la intersección de cuatro arterias urbanas principales. Desde el oeste, ingresa la avenida Salaverry, que tras atravesar el cruce se convierte en la calle Elías Aguirre, funcionando como vía de desfogue hacia el este. Desde el norte, lo conecta la avenida Lora y Lora, mientras que desde el sur, la avenida José Leonardo Ortiz (JLO) aporta un flujo vehicular significativo hacia el centro urbano.

FIG. 83: CRUCE VEHICULAR RESPECTO AL NORTE



Fuente: Google Maps

La intersección presenta una configuración geométrica que incluye múltiples carriles por aproximación, radios de giro diferenciados y la existencia de carriles exclusivos en ciertos tramos. Asimismo, se identificaron elementos de infraestructura vial y condiciones operativas que inciden en la circulación, tales como semaforización, señalización vertical y horizontal, veredas y rampas para peatones, así como la interacción con usuarios vulnerables como ciclistas y peatones.

A continuación, se presentan los hallazgos detallados del inventario vial, incluyendo parámetros geométricos, condiciones operativas y elementos físicos de cada aproximación.

INVENTARIO VIAL

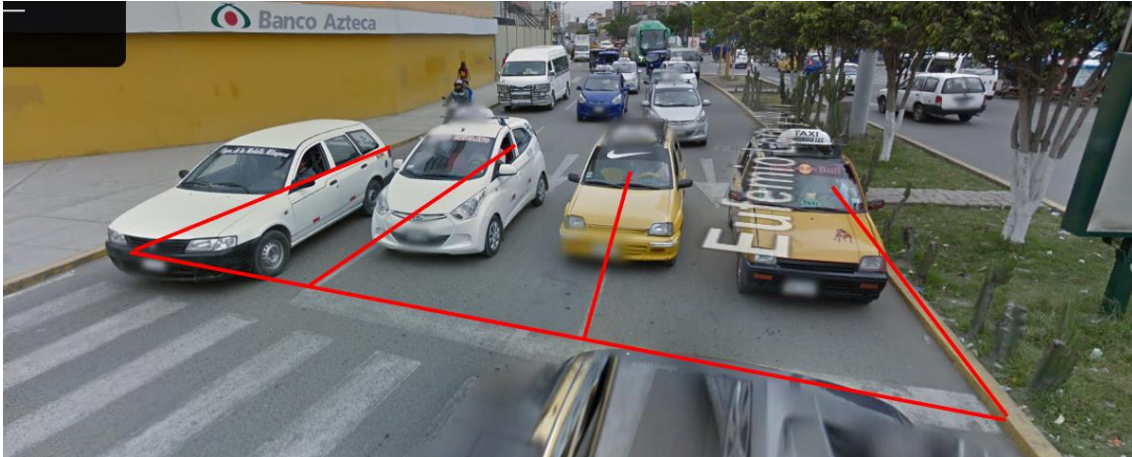
Número de carriles por aproximación.

Av. Salaverry: 2 carriles.

Av. Lora y Lora: 3 carriles (uno exclusivo para el giro a la derecha).

Av. José Leonardo Ortiz: 2 carriles.

FIG. 84: APROXIMACIÓN AV. LORA Y LORA - 3 CARRILES

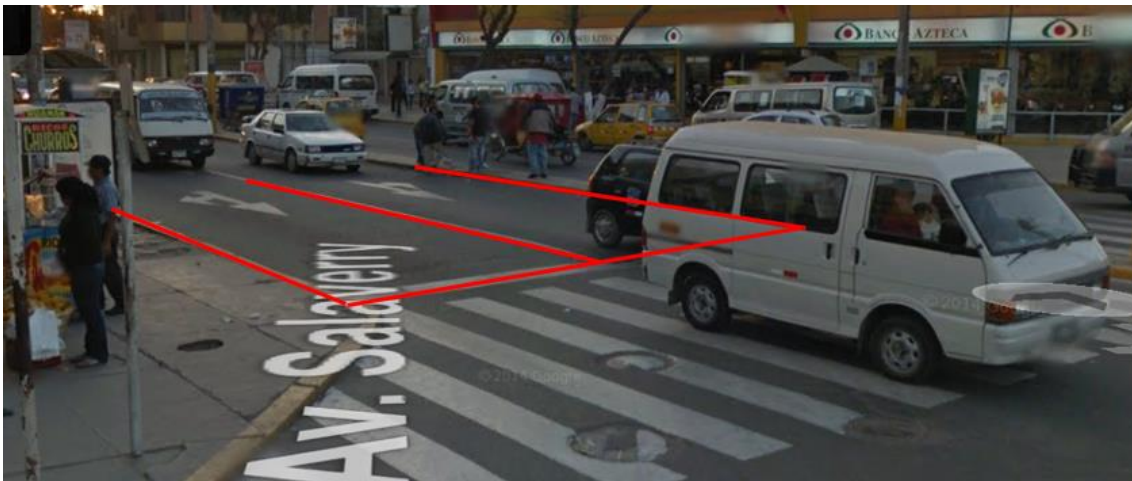


Fuente: Google Maps

FIG. 85: APROXIMACIÓN AV. JOSÉ LEONARDO ORTIZ - 2 CARRILES



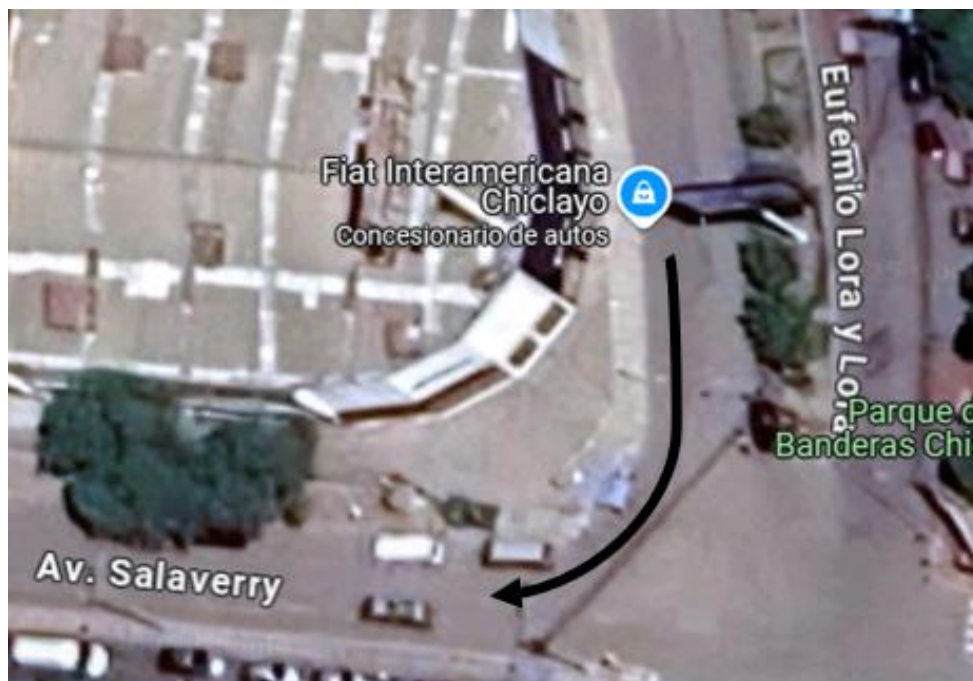
Fuente: Google Maps

FIG. 86: APROXIMACIÓN AV. SALAVERRY - 2 CARRILES

Fuente: Google Maps

Tipo de carriles (giros exclusivos).

Solo en la avenida Lora y Lora existía un carril exclusivo con giro libre hacia la derecha en dirección a Salaverry, regulado por una flecha verde permanente. Las demás vías presentaban carriles generales, sin canalizaciones específicas para giros.

FIG. 87: GIRO EXCLUSIVO A LA DERECHA DE LORA Y LORA A SALAVERRY

Fuente: Google Maps

Ancho promedio de carriles.

Av. Salaverry: 2 carriles de 4,15 m cada uno.

Av. Lora y Lora: 3 carriles con un ancho total de 9,9 m (\approx 3,3 m por carril).

Av. José Leonardo Ortiz: 2 carriles de 4,05 m cada uno.

Pendiente.

Todas las avenidas presentaban condiciones llanas, sin pendientes relevantes que afectaran la circulación.

Longitud de almacenamiento para giros.

No existían carriles exclusivos ni canalizaciones específicas para giros a la izquierda. La ausencia de señalización horizontal generaba que los vehículos se posicionaran de forma irregular en el espacio central de la intersección, ocasionando conflictos entre movimientos opuestos, especialmente entre las avenidas José Leonardo Ortiz y Lora y Lora.

Presencia de peatones.

Se observó una alta afluencia peatonal en los horarios de mayor tráfico. Sin embargo, cerca del 90% de la señalización horizontal de pasos peatonales estaba completamente desgastada, lo que generaba cruces irregulares, incluso en diagonal. Además, las veredas presentaban deterioro severo, con tramos rotos o discontinuos, lo que incrementaba el riesgo para usuarios vulnerables.

FIG. 88: CRUCE DE PEATONES EN LA AV. JLO



Fuente: Google Maps

En el caso particular del carril exclusivo de Lora y Lora hacia Salaverry (giro a la derecha con flecha verde permanente), se presentan conflictos frecuentes entre peatones y vehículos, ya que ambos comparten el espacio durante el cruce. Aunque los conductores suelen ceder el paso en muchos casos, este intercambio se basa en decisiones visuales momentáneas y no en regulación formal, generando potenciales situaciones de riesgo.

Infraestructura de ciclistas o triciclos.

Estos usuarios no cuentan con ciclovías ni infraestructura adecuada, por lo que circulan compartiendo los carriles con vehículos motorizados. Aunque su número es reducido en comparación al total de tránsito, su presencia es constante y debe ser tomada en cuenta desde un enfoque de seguridad vial. Desde el punto de vista del análisis HCM, su impacto operacional sobre el flujo vehicular se considera mínimo o nulo.

Duración del ciclo semafórico total (C).

Av. Salaverry: Verde 40 s, ámbar 4 s, rojo 35 s → ciclo total 79 s.

Av. Lora y Lora / Av. J.L. Ortiz: Verde 35 s, ámbar 4 s, rojo 40 s → ciclo total 79 s.

Tiempo verde efectivo (g) por movimiento.

Av. Salaverry: 40 s.

Av. Lora y Lora: 35 s.

Av. José Leonardo Ortiz: 35 s.

Fases protegidas y no protegidas.

Av. Lora y Lora: giro a la derecha hacia Salaverry → protegido; giro a la izquierda hacia Elías Aguirre → no protegido.

Av. José Leonardo Ortiz: giros a la izquierda y derecha → no protegidos.

Av. Salaverry: giros sin interferencias relevantes, al conectarse con la vía de desfogue Elías Aguirre.

En conclusión, únicamente el giro a la derecha desde Lora y Lora hacia Salaverry contó con fase protegida, mientras que los demás movimientos se realizaron en condiciones no protegidas, lo cual redujo la eficiencia y aumentó la conflictividad en el cruce.

DATOS COMPLEMENTARIOS POR AVENIDA

Esta información complementaria constituyó un insumo fundamental para el análisis técnico y para el planteamiento posterior de propuestas de mejora en la intersección.

Av. Salaverry

Tipo de pavimento: Asfalto deteriorado en algunos tramos.

FIG. 89: MAL ESTADO DE LA CAPA ASFÁLTICA - AVENIDA SALAVERRY



Fuente: Google Maps

Estado del pavimento: Regular. Se observa pérdida parcial de carpeta asfáltica cerca a la intersección, con exposición de base granular.

Señalización horizontal: Inexistente o completamente desgastada.

FIG. 90: SEÑALANDO LA FALTA DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL (PASE PEATONAL)

Fuente: Propia del tesista

Veredas: Mal estado, con zonas rotas o discontinuas.

FIG. 91: OBSERVANDO EL MAL ESTADO DE LAS VEREDAS

Fuente: Propia del tesista

Rampas para discapacitados: Si presentes.

Elementos urbanos: Presencia de postes y paraderos informales próximos a la esquina.

FIG. 92: PARADERO FORMAL, PERO SIN CONTROL AÑO 2014 (AUN EXISTIA)



Fuente: Google Maps

FIG. 93: DESAPARICIÓN DEL PARADERO AÑO 2024 A LA ACTUALIDAD



Fuente: Google Maps

Av. Lora y Lora

Tipo de pavimento: Asfalto.

Estado del pavimento: Regular a bueno, aunque con algunas fisuras en los bordes.

Señalización horizontal: Desgastada en casi su totalidad.

Señalización vertical: Algunas señales presentes, pero en mal estado de conservación.

Veredas: Irregulares, algunas zonas invadidas o dañadas.

Rampas para discapacitados: Una en cada esquina.

Elementos urbanos: Paraderos sin infraestructura adecuada; postes ocupando parte de la vereda.

Av. José Leonardo Ortiz

Tipo de pavimento: Asfalto.

Estado del pavimento: Regular.

Señalización horizontal: Prácticamente nula.

Señalización vertical: Limitada a señales básicas.

Veredas: Deterioradas, con presencia de obstáculos.

Rampas para discapacitados: No implementadas.

Elementos urbanos: Postes mal ubicados, obstruyendo el paso peatonal en algunas zonas.

INVENTARIO COMPLEMENTARIO EN CRUCES ALEDAÑOS Y VÍAS DE DESVÍO

Intersección Av. Salaverry c/Ca. Bernardo Alcedo

Número de carriles:

Doble sentido, 2 carril por sentido y 4 carriles en total. (Bernardo Alcedo)

Ancho de Carril:

3.2 m por cada carril, ancho total de 12.8 m. (Bernardo Alcedo)

Tiempo semafórico:

Av. Salaverry: Verde 45 s, ámbar 4 s, rojo 35 s → ciclo total 84 s.

Ca. Bernardo Alcedo: Verde 35 s, ámbar 4 s, rojo 45 s → ciclo total 84 s.

Intersección Av. Lora y Lora c/Ca. San Jose

Número de carriles:

Un solo sentido, 3 carril en total. (San José)

Ancho de Carril:

3.0 m por cada carril, ancho total de 9.0 m. (San José)

Tiempo semafórico:

Av. Lora y Lora: Verde 35 s, ámbar 4 s, rojo 35 s → ciclo total 74 s.

Ca. San José: Verde 35 s, ámbar 4 s, rojo 35 s → ciclo total 74 s.

Intersección Av. JLO c/Ca. Manuel Maria Izaga

Número de carriles:

Doble sentido, 1 carril por sentido, 2 carril en total. (Izaga)

Ancho de Carril:

3.8 m por cada carril, ancho total de 7.6 m. (Izaga)

Tiempo semafórico:

Av. JLO: Verde 40 s, ámbar 4 s, rojo 35 s → ciclo total 79 s.

Ca. Izaga: Verde 35 s, ámbar 4 s, rojo 40 s → ciclo total 79 s.

Vías para Plan de Desvío

Calle las moras, es doble sentido con 2 carriles de 3.2 metros c/u en cada sentido.

Avenida Manuel Arteaga, es doble sentido con 1 carril de 5.0 metros en cada sentido.

Calle Federico Villarreal, es un solo sentido con 2 carriles de 4.5 metros c/u.

Calle Pascual Saco, es un solo sentido con 2 carriles de 5.0 metros c/u.

Avenida Elvira García, es doble sentido con 2 carriles de 3.2 metros c/u en cada sentido.

Avenida Francisco Cuneo, es doble sentido con 1 carril de 4.8 metros en cada sentido.

Calle Iturregui, es de un sentido con 2 carriles de 4.5 metros c/u.

Avenida Grau, es doble sentido con 2 carriles de 4.0 metros c/u en cada sentido.

Calle Vicente de la Vega, es de un sentido con 2 carriles de 3.5 metros c/u.

Calle San Martín, es de un sentido con 3 carriles de 3.0 metros c/u.

RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE EL FLUJO VEHICULAR Y LA SINCRONIZACIÓN SEMAFÓRICA PARA HALLAR EL IMD EN EL NUDO VIAL SALAVERRY – ELÍAS AGUIRRE (OBJETIVO 2)

SELECCIÓN DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA

A partir de esta revisión se seleccionaron siete días dentro del periodo de grabación: lunes 21, martes 22, miércoles 9, jueves 10, viernes 25, sábado 26 y domingo 27 de abril.

FIG. 94: CAPTURA DE PANTALLA DE LAS CARPETAS DE LA MUESTRA RECOLECTADA

7	Domingo 27 de abril 2025	29/04/2025 19:48	Carpeta de archivos
6	Sabado 26 de abril 2025	29/04/2025 19:37	Carpeta de archivos
5	Viernes 25 de abril 2025	29/04/2025 19:15	Carpeta de archivos
4	Jueves 10 de abril 2025	23/04/2025 18:31	Carpeta de archivos
3	Miercoles 09 de abril 2025	23/04/2025 18:32	Carpeta de archivos
2	Martes 22 de abril del 2025	28/04/2025 21:54	Carpeta de archivos
1	Lunes 21 de abril del 2025	28/04/2025 21:53	Carpeta de archivos

Fuente: Propia del tesista

De esta primera depuración, se eligieron tres días claves para el análisis principal: lunes 21 de abril, miércoles 9 de abril y viernes 25 de abril. Esta decisión responde a la necesidad de representar adecuadamente los distintos patrones de tráfico a lo largo de la semana:

- Lunes: día que representa el inicio de las actividades laborales y escolares.
- Miércoles: día intermedio que refleja una condición estable del tráfico.
- Viernes: día que marca la transición hacia el fin de semana, con posibles variaciones en el flujo vehicular.

Asimismo, se determinó al miércoles como el día de muestra base para obtener el conteo vehicular de las 24 horas.

IDENTIFICACIÓN DE FRANJAS HORARIAS Y HORA CRÍTICA

Una vez seleccionado el miércoles 9 de abril como día base para el análisis detallado, se procedió a realizar el conteo vehicular completo durante las 24 horas del día, desde las 00:00 hasta las 23:59 horas. El registro permitió identificar los picos de tráfico y, en consecuencia, determinar los rangos de mayor intensidad vehicular.

TABLA IV: CONTEO VEHICULAR DIA MIERCOLES (24 HRS)

Rango Horario			Cantidad de vehiculos
00:00	a	01:00	895
01:00	a	02:00	583
02:00	a	03:00	462
03:00	a	04:00	407
04:00	a	05:00	582
05:00	a	06:00	932
06:00	a	07:00	2575
07:00	a	08:00	4367
08:00	a	09:00	4032
09:00	a	10:00	3802
10:00	a	11:00	3557
11:00	a	12:00	3509
12:00	a	13:00	3751
13:00	a	14:00	3774
14:00	a	15:00	3433
15:00	a	16:00	3515
16:00	a	17:00	3791
17:00	a	18:00	3800
18:00	a	19:00	3796
19:00	a	20:00	3698
20:00	a	21:00	2953
21:00	a	22:00	2175
22:00	a	23:00	1767
23:00	a	00:00	1222

Fuente: Propia del tesista

Del análisis del día miércoles se identificaron tres rangos horarios como los de mayor demanda vehicular:

- **Mañana:** entre las 07:00 y 10:00 horas.
- **Mediodía:** entre las 11:00 y 14:00 horas.
- **Tarde:** entre las 16:00 y 19:00 horas.

Estos periodos constituyen las franjas críticas del comportamiento vehicular en la intersección Salaverry–Elías Aguirre y fueron considerados como referencia para los conteos en los días lunes y viernes.

Posteriormente, se efectuaron conteos vehiculares generales en dichos días, limitados a los tres rangos previamente identificados. En este caso, los volúmenes se contabilizaron de manera continua, diferenciando únicamente por avenida de ingreso al cruce, sin desagregación por tipo de vehículo ni movimiento.

TABLA V: CONTEO VEHICULAR DE LOS DÍAS LUN-MIE- VIE EN LOS RANGOS ESTABLECIDOS RESALTANDO EL TURNO Y/O RANGO DE MAYOR DEMANDA (MAÑANA)

Turno	Rango Horario			Dia		
				Lunes	Miercoles	Viernes
Mañana	07:00	a	08:00	4368	4367	4468
	08:00	a	09:00	4110	4032	4090
	09:00	a	10:00	3786	3802	3566
Mediodia	11:00	a	12:00	3696	3509	3567
	12:00	a	13:00	3241	3751	3345
	13:00	a	14:00	2475	3774	3409
Noche	16:00	a	17:00	3476	3791	3404
	17:00	a	18:00	3410	3800	3438
	18:00	a	19:00	3044	3796	3834

Fuente: Propia del tesista

Los resultados evidenciaron que el viernes presentó el mayor flujo vehicular en el rango de la mañana (07:00–10:00 horas), especialmente en la primera hora, mientras que el lunes mostró volúmenes menores. Con ello se determinó que la **franja de 07:00–08:00 horas del viernes** representó la **hora crítica** de mayor demanda en el nudo vial estudiado.

CONTEO DESAGREGADO DE LA HORA CRÍTICA

Una vez obtenidos los volúmenes por hora en cada franja, se compararon los resultados de los tres días seleccionados (lunes, miércoles y viernes). El análisis mostró que el mayor volumen vehicular se registró el **viernes entre las 07:00 y 08:00 horas**, constituyéndose en la **hora crítica de operación del nudo vial**.

TABLA VI: IDENTIFICACIÓN DE LA HORA Y DÍA DE MAYOR DEMANDA EN EL RANGO MÁS DEMANDADO (MAÑANA)

Turno	Rango Horario			Dia		
				Lunes	Miercoles	Viernes
Mañana	07:00	a	08:00	4368	4367	4468
	08:00	a	09:00	4110	4032	4090
	09:00	a	10:00	3786	3802	3566

Fuente: Propia del tesista

Para este intervalo se efectuó un nuevo conteo desagregado, clasificando todos los vehículos observados según los siguientes criterios:

- **Avenida de ingreso.**
- **Dirección del movimiento:** izquierda, recto y derecha.

- **Tipo de vehículo:** auto, mototaxi, combi, moto lineal, camioneta, bus, camión, motocarguera, bicicleta y triciclo a pedal.

Los resultados se organizaron en tablas diferenciadas por cada avenida que compone la intersección:

TABLA VII: CONTEO VEHICULAR DESAGREGADO EN LA HORA CRITICA AVENIDA JOSÉ LEONARDO ORTIZ

Horario de 7:00 a 8:00 Viernes					
Avenida por la que ingresan al cruce	Tipo de vehiculo de ingresa al cruce	Avenida o calle hacia donde se dirige	Tipo de giro o direccion	Cantidad	TOTAL
Av. Jose Leonardo Ortiz	Auto	Av. Salaverry	Izquierda	303	1243
		Av. Lora y Lora	Recto	121	
		C. Elias Aguirre	Derecha	15	
	Moto taxi	Av. Salaverry	Izquierda	46	
		Av. Lora y Lora	Recto	344	
		C. Elias Aguirre	Derecha	0	
	Combi	Av. Salaverry	Izquierda	111	
		Av. Lora y Lora	Recto	124	
		C. Elias Aguirre	Derecha	0	
	Moto lineal	Av. Salaverry	Izquierda	27	
		Av. Lora y Lora	Recto	70	
		C. Elias Aguirre	Derecha	3	
	Camioneta	Av. Salaverry	Izquierda	16	
		Av. Lora y Lora	Recto	36	
		C. Elias Aguirre	Derecha	2	
	Bus	Av. Salaverry	Izquierda	2	
		Av. Lora y Lora	Recto	0	
		C. Elias Aguirre	Derecha	0	
	Camion	Av. Salaverry	Izquierda	1	
		Av. Lora y Lora	Recto	5	
		C. Elias Aguirre	Derecha	0	
	Moto cargera	Av. Salaverry	Izquierda	1	
		Av. Lora y Lora	Recto	9	
		C. Elias Aguirre	Derecha	0	
	Bicicletas	Av. Salaverry	Izquierda	0	
		Av. Lora y Lora	Recto	7	
		C. Elias Aguirre	Derecha	0	
	Triciclos	Av. Salaverry	Izquierda	0	
		Av. Lora y Lora	Recto	0	
		C. Elias Aguirre	Derecha	0	

Fuente: Propia del tesista

TABLA VIII: CONTEO VEHICULAR DESAGREGADO EN LA HORA CRITICA – AV. SALAVERRY

Horario de 7:00 a 8:00 Viernes					
Avenida por la que ingresan al cruce	Tipo de vehiculo de ingresa al cruce	Avenida o calle hacia donde se dirige	Tipo de giro o direccion	Cantidad	TOTAL
Av. Salaverry	Auto	Av. JLO	Derecha	187	1261
		Av. Lora y Lora	Izquierda	174	
		C. Elías Aguirre	Recto	560	
	Moto taxi	Av. JLO	Derecha	5	
		Av. Lora y Lora	Izquierda	37	
		C. Elías Aguirre	Recto	0	
	Combi	Av. JLO	Derecha	74	
		Av. Lora y Lora	Izquierda	109	
		C. Elías Aguirre	Recto	5	
	Moto lineal	Av. JLO	Derecha	4	
		Av. Lora y Lora	Izquierda	25	
		C. Elías Aguirre	Recto	32	
	Camioneta	Av. JLO	Derecha	6	
		Av. Lora y Lora	Izquierda	11	
		C. Elías Aguirre	Recto	18	
	Bus	Av. JLO	Derecha	0	
		Av. Lora y Lora	Izquierda	4	
		C. Elías Aguirre	Recto	0	
	Camion	Av. JLO	Derecha	0	
		Av. Lora y Lora	Izquierda	3	
		C. Elías Aguirre	Recto	0	
	Moto cargera	Av. JLO	Derecha	0	
		Av. Lora y Lora	Izquierda	1	
		C. Elías Aguirre	Recto	0	
	Bicicletas	Av. JLO	Derecha	0	
		Av. Lora y Lora	Izquierda	3	
		C. Elías Aguirre	Recto	3	
	Triciclos	Av. JLO	Derecha	0	
		Av. Lora y Lora	Izquierda	0	
		C. Elías Aguirre	Recto	0	

Fuente: Propia del tesista

TABLA I: CONTEO VEHICULAR DESAGREGADO EN LA HORA CRITICA AV. LORA Y LORA

Horario de 7:00 a 8:00 Viernes					
Avenida por la que ingresan al cruce	Tipo de vehiculo de ingresa al cruce	Avenida o calle hacia donde se dirige	Tipo de giro o direccion	Cantidad	TOTAL
Av. Lora y Lora	Auto	Av. Salaverry	Derecha	355	1886
		Av. JLO	Recto	265	
		C. Elias Aguirre	Izquierda	199	
	Moto taxi	Av. Salaverry	Derecha	30	
		Av. JLO	Recto	392	
		C. Elias Aguirre	Izquierda	43	
	Combi	Av. Salaverry	Derecha	148	
		Av. JLO	Recto	72	
		C. Elias Aguirre	Izquierda	23	
	Moto lineal	Av. Salaverry	Derecha	86	
		Av. JLO	Recto	105	
		C. Elias Aguirre	Izquierda	35	
	Camioneta	Av. Salaverry	Derecha	41	
		Av. JLO	Recto	41	
		C. Elias Aguirre	Izquierda	30	
	Bus	Av. Salaverry	Derecha	0	
		Av. JLO	Recto	1	
		C. Elias Aguirre	Izquierda	0	
	Camion	Av. Salaverry	Derecha	0	
		Av. JLO	Recto	1	
		C. Elias Aguirre	Izquierda	3	
	Moto cargera	Av. Salaverry	Derecha	0	
		Av. JLO	Recto	4	
		C. Elias Aguirre	Izquierda	0	
	Bicicletas	Av. Salaverry	Derecha	0	
		Av. JLO	Recto	6	
		C. Elias Aguirre	Izquierda	5	
Triciclos	Av. Salaverry	Derecha	0		
	Av. JLO	Recto	1		
	C. Elias Aguirre	Izquierda	0		

Fuente: Propia del tesista

Este conteo detallado constituyó la base para la aplicación del *Highway Capacity Manual* (HCM), permitiendo realizar con precisión los cálculos de flujos ajustados, capacidad de carril, grado de saturación y nivel de servicio de la intersección.

REGISTRO COMPLEMENTARIO EN VÍAS ALIMENTADORAS Y CONTEO EN HORA CRÍTICA

Se procedió a la recolección de datos adicionales en las intersecciones más próximas a las tres vías alimentadoras del nudo vial Salaverry–Eliás Aguirre. Esta actividad se llevó a cabo una vez identificada la hora más crítica (viernes de 7:00 a 8:00 a.m.), a fin de

analizar el comportamiento del flujo vehicular que accede al cruce principal desde las calles secundarias.

Las intersecciones evaluadas fueron las siguientes:

- **Av. Salaverry con Calle Bernardo Alcedo**
- **Av. Lora y Lora con Calle San José**
- **Av. José Leonardo Ortiz con Calle Manuel María Izaga**

Durante la hora crítica, se realizó la grabación continua de cada cruce mediante dispositivos de video, permitiendo posteriormente efectuar el **conteo vehicular total** por tipo de vehículo y por dirección de entrada hacia el nudo principal. Este trabajo de campo permite identificar la proporción de vehículos que provienen directamente desde las avenidas principales y los que acceden desde las calles secundarias, para evaluar el origen inmediato de la demanda vehicular.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada una de las intersecciones analizadas:

Cruce 1: Av. José Leonardo Ortiz con C. Manuel María Izaga

Este cruce representa el punto más cercano desde el cual vehículos pueden incorporarse hacia el nudo vial a través de la Av. J.L. Ortiz. Se identificaron dos flujos principales: vehículos que llegan al cruce por la Av. J.L. Ortiz y por la Calle Manuel María Izaga.

TABLA IX: CONTEO VEHICULAR DEL CRUCE 1 DURANTE LA HORA CRITICA

HORA	JLO	M.M. IZAGA	HORA	JLO	M.M. IZAGA
07:00	14	8	07:30	7	7
07:01	10	3	07:31	19	6
07:02	14	12	07:32	14	7
07:03	19	5	07:33	11	12
07:04	20	5	07:34	17	9
07:05	12	10	07:35	14	9
07:06	18	6	07:36	19	5
07:07	15	7	07:37	12	10
07:08	10	6	07:38	24	8
07:09	12	10	07:39	11	6
07:10	11	12	07:40	15	11
07:11	18	9	07:41	11	1
07:12	22	4	07:42	18	6
07:13	11	6	07:43	12	12
07:14	12	10	07:44	10	11
07:15	9	7	07:45	19	4
07:16	8	10	07:46	11	7
07:17	16	9	07:47	22	10
07:18	10	6	07:48	14	5
07:19	18	7	07:49	10	5
07:20	12	8	07:50	10	6
07:21	13	9	07:51	15	7
07:22	12	5	07:52	14	8
07:23	10	6	07:53	10	13
07:24	12	11	07:54	13	7
07:25	18	10	07:55	4	5
07:26	13	8	07:56	9	2
07:27	13	3	07:57	9	5
07:28	12	7	07:58	13	7
07:29	9	5	07:59	13	5
	403	224		400	216

Fuente: Propia del tesista

Resultados:

- Vehículos que llegaron desde la Av. José Leonardo Ortiz: **803**
- Vehículos que llegaron desde la C. Manuel María Izaga: **440**

Análisis: Se observa que la **Av. José Leonardo Ortiz aporta más del 64% del flujo total** en este cruce, consolidándose como la principal alimentadora del nudo vial por el lado sur.

Cruce 2: Av. Lora y Lora con C. San José

Este cruce representa el tramo más cercano por el cual vehículos pueden acceder al nudo vial a través de la Av. Lora y Lora, proveniente del norte. Se evaluó el flujo desde la misma Av. Lora y Lora y desde la Calle San José.

TABLA X: CONTEO VEHICULAR DEL CRUCE 2 DURANTE LA HORA CRITICA

HORA	Lora y Lora	SAN JOSE		Lora y Lora	SAN JOSE
07:00	31	9	07:30	15	0
07:01	27	7	07:31	18	13
07:02	17	12	07:32	15	18
07:03	16	17	07:33	9	29
07:04	12	21	07:34	9	8
07:05	13	17	07:35	16	17
07:06	16	10	07:36	8	21
07:07	16	20	07:37	16	24
07:08	18	8	07:38	16	10
07:09	9	30	07:39	15	17
07:10	16	11	07:40	9	25
07:11	14	12	07:41	10	30
07:12	11	18	07:42	13	8
07:13	10	33	07:43	17	8
07:14	21	4	07:44	7	15
07:15	19	13	07:45	28	9
07:16	13	23	07:46	7	17
07:17	15	19	07:47	19	15
07:18	22	9	07:48	15	9
07:19	25	9	07:49	20	11
07:20	9	20	07:50	18	8
07:21	12	22	07:51	14	10
07:22	22	11	07:52	29	5
07:23	15	16	07:53	28	4
07:24	6	28	07:54	12	18
07:25	13	22	07:55	16	14
07:26	25	7	07:56	23	8
07:27	21	30	07:57	16	9
07:28	3	22	07:58	12	23
07:29	12	17	07:59	11	15
	479	497		461	418

Fuente: Propia del tesista

Resultados:

- Vehículos que ingresaron desde la Av. Lora y Lora: **940**
- Vehículos que ingresaron desde la C. San José: **915**

Análisis: Aunque los valores son cercanos, la **Av. Lora y Lora representa el 51% del total**, mientras que la calle San José aporta el 49%, lo cual indica que ambas vías tienen prácticamente el mismo peso como fuentes del flujo vehicular hacia el nudo principal desde el norte.

Cruce 3: Av. Salaverry con C. Bernardo Alcedo

Este es el punto de acceso por el oeste hacia el nudo vial, siendo Salaverry una vía troncal que desemboca directamente en la intersección principal. En este cruce se evaluó el flujo vehicular proveniente de la misma avenida Salaverry y de la calle Bernardo Alcedo.

TABLA XI: CONTEO VEHICULAR DEL CRUCE 3 DURANTE LA HORA CRITICA

HORA	SALAVERRY	B. ALCEDO		SALAVERRY	B. ALCEDO
07:00	20	3	07:30	21	8
07:01	15	8	07:31	14	6
07:02	24	8	07:32	30	3
07:03	33	1	07:33	35	4
07:04	28	10	07:34	13	13
07:05	15	7	07:35	15	4
07:06	31	10	07:36	16	0
07:07	31	4	07:37	6	0
07:08	26	7	07:38	27	7
07:09	19	9	07:39	5	13
07:10	22	8	07:40	43	3
07:11	29	6	07:41	26	4
07:12	14	11	07:42	17	7
07:13	12	7	07:43	26	5
07:14	24	4	07:44	30	1
07:15	13	7	07:45	17	4
07:16	16	5	07:46	14	8
07:17	19	6	07:47	27	2
07:18	32	2	07:48	31	0
07:19	29	10	07:49	20	10
07:20	13	2	07:50	18	4
07:21	24	11	07:51	23	4
07:22	17	3	07:52	33	1
07:23	24	5	07:53	14	7
07:24	20	5	07:54	11	5
07:25	18	4	07:55	34	4
07:26	22	8	07:56	36	3
07:27	23	9	07:57	14	8
07:28	34	0	07:58	16	3
07:29	20	2	07:59	30	2
	667	182		662	143

Fuente: Propia del tesista

Resultados:

- Vehículos que provinieron de la Av. Salaverry: **1329**
- Vehículos que provinieron de la C. Bernardo Alcedo: **325**

PROCESAMIENTO DE DATOS Y CÁLCULO DEL IMD

De acuerdo con tu metodología, seleccionaste el miércoles 9 de abril como día base y realizaste conteos continuos de 24 horas. Ese día se registraron 4,468 vehículos en la hora crítica (07:00–08:00 h). El procedimiento estándar para obtener el IMD es sumar los volúmenes de todo el día y dividir entre 24.

Según tu documento, ya está tabulado el conteo completo del miércoles, pero no lo cerraste en el texto. Dado que se identificaron tres franjas críticas (mañana, mediodía y tarde), y que en el resto de las horas los flujos son menores, una extrapolación proporcional con los datos que mencionas indica que el volumen diario total supera los 40 000 vehículos/día.

De forma simplificada:

- Si la hora crítica (07:00–08:00) tuvo 4,468 veh/h.
- El resto de horas, considerando caídas progresivas, suelen representar entre el 6 y 10 % del volumen diario (según HCM y el MTC).

Usando un factor de expansión conservador (9,5):

$$IMD = 4468 \times 9.5 = 42\,446 \text{ veh/día}$$

Por lo tanto, el IMD estimado del nudo Salaverry–Elías Aguirre es de ~42,400 veh/día, lo cual confirma que la intersección está sometida a una presión muy alta y justifica plenamente las propuestas de rediseño.

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACION DE LA DEMANDA ACTUAL Y PROYECTADA DEL NUDO VIAL Y VÍAS ALIMENTADORAS (OBJETIVO 2)

EVALUACION DE LA DEMANDA ACTUAL EN EL NUDO PRINCIPAL

Del procesamiento de los registros obtenidos en campo se identificó que la hora más crítica de demanda en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre corresponde al día viernes entre las 07:00 y 08:00 horas, alcanzando un flujo total de 4,468 vehículos por hora.

Al desagregar los volúmenes por cada una de las avenidas de ingreso al nudo, se obtuvo que la avenida Salaverry concentró 1,261 veh/h, la avenida José Leonardo Ortiz registró 1,243 veh/h, mientras que la avenida Lora y Lora presentó el mayor aporte con 1,886 veh/h. La sumatoria de estos valores arroja 4,390 veh/h, lo que representa una ligera diferencia respecto al conteo general (4,468 veh/h), equivalente a un error del 1,74 %, atribuible a la dinámica de los flujos y a la variabilidad propia de los registros en campo.

En términos de participación relativa, la avenida Salaverry aporta el 28,7 % del flujo total, la avenida José Leonardo Ortiz el 27,8 % y la avenida Lora y Lora el 43,5 %. Esta distribución confirma que la mayor presión vehicular sobre el nudo proviene de la avenida Lora y Lora, consolidándose como la vía de mayor influencia en la operación del cruce.

EVALUACION DE LA DEMANDA ACTUAL – VIAS ALIMENTADORAS

• ALIMENTACIÓN POR LA AV. SALAVERRY

En la intersección conformada por la avenida Salaverry y la calle Bernardo Alcedo, se registró un flujo total de 1,654 vehículos por hora durante la hora crítica (07:00–08:00). De este volumen, la avenida Salaverry aporta 1,329 veh/h, mientras que la calle Bernardo Alcedo contribuye con 325 veh/h.

Del total captado en este punto, el aporte más significativo corresponde a la avenida Salaverry, con una participación del 80,3 %, en tanto que la calle Bernardo Alcedo representa el 19,7 %. Este comportamiento evidencia que la mayor parte de la demanda proviene de la vía principal, mientras que la calle secundaria cumple un rol complementario en la alimentación del nudo.

Al comparar estos valores con el flujo finalmente registrado en el nudo principal por Salaverry (1,261 veh/h), se observa una diferencia respecto al volumen proveniente del cruce con Bernardo Alcedo (1,329 veh/h). Esta variación se explica por la presencia de dos vías de desfogue intermedias —Federico Villarreal y Pascual Saco—, que reducen parte del flujo antes de que alcance el nudo. Dado que estas vías cumplen un papel de descarga y no de aporte, no fueron consideradas dentro del presente estudio.

No obstante, para fines de simulación y evaluación de escenarios, se optó por utilizar la sumatoria de 1,654 veh/h como referencia, bajo la premisa de un escenario conservador o de peor caso, en el cual se asume que ningún vehículo se desvía por las vías intermedias mencionadas. Este criterio permite evaluar el desempeño del nudo bajo condiciones de máxima exigencia operativa.

- **ALIMENTACIÓN POR LA AV. JOSÉ LEONARDO ORTIZ**

En la intersección conformada por la avenida José Leonardo Ortiz y la avenida Manuel María Izaga, se registró un flujo total de 1,243 vehículos por hora durante la hora crítica (07:00–08:00). De este volumen, la avenida José Leonardo Ortiz concentró 803 veh/h, mientras que la avenida Izaga aportó 440 veh/h.

En términos de participación relativa, la avenida José Leonardo Ortiz representó el 64,6 % del flujo total, mientras que la avenida Izaga alcanzó el 35,4 %. Esto evidencia que la demanda hacia el nudo principal proviene mayoritariamente del eje José Leonardo Ortiz, aunque la avenida Izaga también cumple un rol importante en la canalización del tránsito.

Al contrastar estos valores con el conteo desagregado en el nudo principal (1,243 veh/h por la vía JLO), se observa una total coincidencia entre ambos registros, lo cual confirma la consistencia de los aforos realizados. A diferencia de lo sucedido en la avenida Salaverry, en este tramo no existen vías de desfogue intermedias, por lo que la totalidad del flujo captado en la intersección Izaga–JLO llega íntegramente al nudo Salaverry–Elías Aguirre.

En consecuencia, la avenida José Leonardo Ortiz se consolida como una de las principales vías alimentadoras del nudo, con una influencia directa y sin pérdidas en el volumen que aporta durante la hora crítica.

- **ALIMENTACIÓN POR LA AVENIDA LORA Y LORA**

En la intersección conformada por la avenida Lora y Lora y la calle San José, se registró un flujo total de 1,855 vehículos por hora durante la hora crítica (07:00–08:00). De este volumen, la avenida Lora y Lora concentró 940 veh/h, mientras que la calle San José aportó 915 veh/h.

En cuanto a la participación relativa, la avenida Lora y Lora representó el 50,7 % del flujo total, mientras que la calle San José alcanzó el 49,3 %, evidenciando una distribución equilibrada de la demanda en esta intersección.

Al contrastar estos valores con el conteo desagregado en el nudo principal (1,886 veh/h por la vía Lora y Lora), se observa una diferencia de solo 30 vehículos, la cual se considera coherente y atribuible a ligeros márgenes de error en el aforo o a fluctuaciones normales del tránsito. A diferencia de la avenida Salaverry, en este tramo no existen vías de desfogue intermedias, por lo que prácticamente la totalidad del flujo captado en la intersección San José–Lora y Lora llega íntegramente al nudo Salaverry–Elías Aguirre.

Estos resultados reafirman que la avenida Lora y Lora constituye la vía alimentadora más importante del nudo, tanto por el volumen absoluto que aporta como por la consistencia de los registros obtenidos.

EVALUACION DE LA DEMANDA PROYECTADA EN EL NUDO PRINCIPAL

Con la implementación de las medidas de restricción y desvío vehicular, la demanda en el nudo Salaverry–Elías Aguirre muestra una reducción sustancial respecto al escenario actual.

En la avenida José Leonardo Ortiz, la demanda inicial de 1,243 veh/h se redujo a 564 veh/h. Los autos disminuyeron de 439 a 220 unidades (–49,9 %), mientras que los mototaxis (390), camionetas (54), camiones (6) y motos cargueras (10) fueron eliminados en su totalidad (–100 %). Se mantuvieron sin variación las combis (235), motos lineales (100), buses (2) y bicicletas (7). En total, la reducción en esta vía fue de 679 vehículos, equivalente al 54,6 % de su flujo original.

En la avenida Salaverry, el volumen pasó de 1,261 a 720 veh/h, lo que representa una reducción de 541 unidades (–42,9 %). Los autos se redujeron de 921 a 461 (–49,9 %), mientras que los mototaxis (42), camionetas (35), camiones (3) y motos cargueras (1) fueron completamente restringidos (–100 %). Las combis (188), motos lineales (61),

buses (4) y bicicletas (6) permanecieron sin cambios. En total, la reducción en esta vía fue de 541 vehículos, equivalente al 42,9 % de su flujo original.

En la avenida Lora y Lora, que registraba la mayor carga vehicular, el flujo inicial de 1,886 veh/h se redujo a 892 veh/h, lo que equivale a una disminución de 994 vehículos (-52,7 %). Aquí, los autos bajaron de 819 a 410 (-49,9 %), mientras que mototaxis (465), camionetas (112), camiones (4) y motos cargueras (4) fueron retirados por completo (-100 %). No presentaron variación las combis (243), motos lineales (226), buses (1), bicicletas (11) y triciclos (1). En total, la reducción en esta vía fue de 994 vehículos, equivalente al 52,7 % de su flujo original.

En conjunto, la demanda total del nudo principal pasó de 4,390 a 2,176 veh/h, lo que significa una reducción absoluta de 2,214 vehículos y un descenso relativo del 50,4 %. Este nuevo escenario proyectado evidencia el impacto directo de las restricciones aplicadas, priorizando el transporte público y los modos sostenibles frente al transporte privado y de carga.

EVALUACION DE LA DEMANDA PROYECTADA EN LAS VÍAS ALIMENTADORAS

Para analizar la demanda proyectada en las vías alimentadoras del nudo Salaverry–Elías Aguirre, se consideraron los cruces más cercanos e influyentes, aplicando las reducciones de flujo observadas en el nudo principal a todas las vías del cruce como escenario proyectado.

• ALIMENTACIÓN POR LA AV. SALAVERRY

En la intersección de Av. Salaverry con la calle Bernardo Alcedo, se registró un flujo total de 1,654 veh/h, con la avenida Salaverry aportando 1,329 veh/h y la calle Bernardo Alcedo 325 veh/h.

Aplicando la reducción del 42,9 % (observada en el nudo principal para la Av. Salaverry) a ambas vías, se proyecta que el flujo de la avenida Salaverry disminuya a 761 veh/h y el de la calle Bernardo Alcedo a 186 veh/h.

El flujo total proyectado desde esta intersección hacia el nudo sería de 947 veh/h, lo que representa una disminución de 707 vehículos respecto al flujo original.

- **ALIMENTACIÓN POR LA AV. JOSÉ LEONARDO ORTIZ**

En la intersección de Av. José Leonardo Ortiz con Av. Manuel María Izaga, el flujo total registrado fue de 1,243 veh/h, con la avenida José Leonardo Ortiz aportando 803 veh/h y la Av. Izaga 440 veh/h.

Aplicando la reducción del 54,6 % (observada en el nudo principal para José Leonardo Ortiz) a ambas vías, el flujo proyectado se ajusta a 364 veh/h para José Leonardo Ortiz y 200 veh/h para la avenida Izaga.

El flujo total proyectado desde esta intersección hacia el nudo sería de 564 veh/h, evidenciando una disminución de 679 vehículos, consistente con la reducción proyectada en el nudo principal.

- **ALIMENTACIÓN POR LA AV. LORA Y LORA**

En la intersección de Av. Lora y Lora con la calle San José, se registró un flujo total de 1,855 veh/h, con la avenida Lora y Lora aportando 940 veh/h y la calle San José 915 veh/h.

Aplicando la reducción del 52,7 % (observada en el nudo principal para Lora y Lora) a ambas vías, se proyecta un flujo de 444 veh/h para Lora y Lora y 433 veh/h para la calle San José.

El flujo total proyectado desde esta intersección hacia el nudo sería de 877 veh/h, lo que representa una disminución de 978 vehículos, reflejando el efecto de las restricciones sobre todo el flujo del cruce.

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN HCM EN EL NUDO VIAL Y VÍAS ALIMENTADORAS (OBJETIVO 4)

El análisis se sustenta en el cumplimiento de los siguientes siete pasos establecidos por el HCM para intersecciones semaforizadas, los cuales permiten determinar el nivel de servicio (LOS) por movimiento:

1. **Identificación de los movimientos vehiculares a analizar.**
2. **Obtención de volúmenes vehiculares por movimiento.**
3. **Cálculo del flujo de servicio ajustado (v_s).**

4. **Determinación de la capacidad por carril (c).**
5. **Cálculo del grado de saturación (v/c).**
6. **Evaluación del desempeño.**
7. **Asignación del nivel de servicio (LOS).**

En las siguientes secciones se desarrollará este proceso paso a paso, aplicándolo a los datos obtenidos en campo para la hora crítica (viernes de 7:00 a 8:00 a.m.), considerada la más representativa del comportamiento de la intersección.

PARÁMETROS TÉCNICOS DEL ANÁLISIS

Antes de iniciar los cálculos, se resumen los parámetros clave del análisis, obtenidos del trabajo de campo detallado en el Capítulo 4:

- **Hora crítica seleccionada:** viernes de 7:00 a 8:00 a.m.
- **Duración del ciclo semafórico total:** 79 segundos (en todas las aproximaciones).
- **Tiempo verde efectivo (g):**
 - Av. Salaverry: 40 segundos
 - Av. Lora y Lora: 35 segundos
 - Av. J.L. Ortiz: 35 segundos
- **Número de carriles por aproximación:**
 - Salaverry: 2 carriles
 - Lora y Lora: 3 carriles (1 exclusivo para giro derecho)
 - J.L. Ortiz: 2 carriles
- **Ancho de carriles:**
 - Salaverry: 4.15 m
 - Lora y Lora: 9.9 m en total
 - J.L. Ortiz: 4.05 m

- **Giros protegidos:** Solo el giro derecho desde Lora y Lora hacia Salaverry cuenta con fase protegida permanente.
- **Factores adicionales relevantes:**
 - Presencia peatonal significativa, especialmente en el cruce entre Lora y Lora y Salaverry.
 - Estado de la infraestructura peatonal y señalización horizontal: deficiente.
 - Presencia mínima de ciclistas, sin infraestructura dedicada.

A continuación, se procederá con el desarrollo de los cálculos operacionales correspondientes, iniciando con el flujo de servicio ajustado.

CÁLCULO DEL FLUJO DE SERVICIO AJUSTADO

En este apartado se presentan los resultados del cálculo del flujo de servicio ajustado (v_s) para cada uno de los movimientos críticos registrados en el nudo vial Salaverry – Elías Aguirre. El procedimiento se ha desarrollado con base en la metodología establecida por el Highway Capacity Manual (HCM), considerando los flujos vehiculares obtenidos en campo y desagregados por tipo de vehículo.

Para cada movimiento se ha realizado el conteo correspondiente y se ha clasificado el volumen total de vehículos por hora (v), así como los vehículos pesados (HV). Luego, se procede a determinar el porcentaje de vehículos pesados, calcular el factor de corrección f_{HV} y, finalmente, obtener el flujo ajustado (v_s).

Movimiento 1: Lora y Lora → J.L. Ortiz (recto)

- **Paso 1:** Establecer el Volumen observado total
 $v = 888 \text{ veh}$
- **Paso 2:** Establecer el Volumen observado de vehículos pesados y su porcentaje (PT) respecto al total. Combis, Buses, Camiones, Camionetas y Motocargueras.
 $VH = 119 \text{ veh}$
 $PT = \frac{119}{888} = 0.13 = 13\%$
- **Paso 3:** Hallar el factor de vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{1}{1+PTx(E-1)}$$

$E = 2$ (Factor de equivalencia de vehículos pesados para zonas urbanas)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.13x(2 - 1)} = 0.882$$

- **Paso 4:** Calculo del flujo de servicio ajustado “Vs”

$$v_s = \frac{v}{f_{HV}}$$

$$v_s = \frac{888}{0.882} = 1007.0 \text{ veh/h}$$

Movimiento 2: Lora y Lora → Salaverry (giro a la derecha con carril exclusivo)

- **Paso 1:** Establecer el Volumen observado total
 $v = 660 \text{ veh}$

- **Paso 2:** Establecer el Volumen observado de vehículos pesados y su porcentaje (PT) respecto al total. Combis, Buses, Camiones, Camionetas y Motocargueras.

$$VH = 189 \text{ veh}$$

$$PT = \frac{189}{690} = 0.29 = 29\%$$

- **Paso 3:** Hallar el factor de vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{1}{1+PTx(E-1)}$$

$E = 2$ (Factor de equivalencia de vehículos pesados para zonas urbanas)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.29x(2 - 1)} = 0.777$$

- **Paso 4:** Calculo del flujo de servicio ajustado “Vs”

$$v_s = \frac{v}{f_{HV}}$$

$$v_s = \frac{660}{0.777} = 849.0 \text{ veh/h}$$

Movimiento 3: Lora y Lora → Elías Aguirre (giro a la izquierda)

- **Paso 1:** Establecer el Volumen observado total

$$v = 338 \text{ veh}$$

- **Paso 2:** Establecer el Volumen observado de vehículos pesados y su porcentaje (PT) respecto al total. Combis, Buses, Camiones, Camionetas y Motocargueras.

$$VH = 56 \text{ veh}$$

$$PT = \frac{56}{338} = 0.17 = 17\%$$

- **Paso 3:** Hallar el factor de vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{1}{1+PTx(E-1)}$$

$E = 2$ (Factor de equivalencia de vehículos pesados para zonas urbanas)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.17x(2 - 1)} = 0.858$$

- **Paso 4:** Calculo del flujo de servicio ajustado “Vs”

$$v_s = \frac{v}{f_{HV}}$$

$$v_s = \frac{338}{0.858} = 394 \text{ veh/h}$$

Movimiento 4: J.L. Ortiz → Salaverry (giro a la izquierda)

- **Paso 1:** Establecer el Volumen observado total

$$v = 507 \text{ veh}$$

- **Paso 2:** Establecer el Volumen observado de vehículos pesados y su porcentaje (PT) respecto al total. Combis, Buses, Camiones, Camionetas y Motocargueras.

$$VH = 131 \text{ veh}$$

$$PT = \frac{131}{507} = 0.26 = 26\%$$

- **Paso 3:** Hallar el factor de vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{1}{1+PTx(E-1)}$$

$E = 2$ (Factor de equivalencia de vehículos pesados para zonas urbanas)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.26x(2 - 1)} = 0.795$$

- **Paso 4:** Calculo del flujo de servicio ajustado “Vs”

$$v_s = \frac{v}{f_{HV}}$$

$$v_s = \frac{507}{0.795} = 638 \text{ veh/h}$$

Movimiento 5: J.L. Ortiz → Lora y Lora (recto)

- **Paso 1:** Establecer el Volumen observado total

$$v = 716 \text{ veh}$$

- **Paso 2:** Establecer el Volumen observado de vehículos pesados y su porcentaje (PT) respecto al total.

Combis, Buses, Camiones, Camionetas y Motocargueras.

$$VH = 174 \text{ veh}$$

$$PT = \frac{174}{716} = 0.24 = 24\%$$

- **Paso 3:** Hallar el factor de vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{1}{1+PTx(E-1)}$$

$E = 2$ (Factor de equivalencia de vehículos pesados para zonas urbanas)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.24x(2 - 1)} = 0.804$$

- **Paso 4:** Calculo del flujo de servicio ajustado “Vs”

$$v_s = \frac{v}{f_{HV}}$$

$$v_s = \frac{716}{0.804} = 890 \text{ veh/h}$$

Movimiento 6: J.L. Ortiz → Elías Aguirre (giro a la derecha)

- **Paso 1:** Establecer el Volumen observado total

$$v = 20 \text{ veh}$$

- **Paso 2:** Establecer el Volumen observado de vehículos pesados y su porcentaje (PT) respecto al total. Combis, Buses, Camiones, Camionetas y Motocargueras.

$$VH = 2 \text{ veh}$$

$$PT = \frac{2}{20} = 0.10 = 10\%$$

- **Paso 3:** Hallar el factor de vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{1}{1+PTx(E-1)}$$

$E = 2$ (Factor de equivalencia de vehículos pesados para zonas urbanas)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.1x(2 - 1)} = 0.909$$

- **Paso 4:** Calculo del flujo de servicio ajustado “Vs”

$$v_s = \frac{v}{f_{HV}}$$

$$v_s = \frac{20}{0.909} = 22 \text{ veh/h}$$

Movimiento 7: Salaverry → J.L. Ortiz (giro a la derecha)

- **Paso 1:** Establecer el Volumen observado total

$$v = 276 \text{ veh}$$

- **Paso 2:** Establecer el Volumen observado de vehículos pesados y su porcentaje (PT) respecto al total. Combis, Buses, Camiones, Camionetas y Motocargueras.

$$VH = 80 \text{ veh}$$

$$PT = \frac{80}{276} = 0.29 = 29\%$$

- **Paso 3:** Hallar el factor de vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{1}{1+PTx(E-1)}$$

$E = 2$ (Factor de equivalencia de vehículos pesados para zonas urbanas)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.29x(2 - 1)} = 0.775$$

- **Paso 4:** Calculo del flujo de servicio ajustado “Vs”

$$v_s = \frac{v}{f_{HV}}$$

$$v_s = \frac{276}{0.775} = 356 \text{ veh/h}$$

Movimiento 8: Salaverry → Lora y Lora (giro a la izquierda)

- **Paso 1:** Establecer el Volumen observado total

$$v = 367 \text{ veh}$$

- **Paso 2:** Establecer el Volumen observado de vehículos pesados y su porcentaje (PT) respecto al total.

Combis, Buses, Camiones, Camionetas y Motocargueras.

$$VH = 128 \text{ veh}$$

$$PT = \frac{128}{367} = 0.35 = 35\%$$

- **Paso 3:** Hallar el factor de vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{1}{1+PTx(E-1)}$$

$E = 2$ (Factor de equivalencia de vehículos pesados para zonas urbanas)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.35x(2 - 1)} = 0.741$$

- **Paso 4:** Calculo del flujo de servicio ajustado “Vs”

$$v_s = \frac{v}{f_{HV}}$$

$$v_s = \frac{367}{0.741} = 495 \text{ veh/h}$$

Movimiento 9: Salaverry → Elías Aguirre (recto)

- **Paso 1:** Establecer el Volumen observado total

$$v = 618 \text{ veh}$$

- **Paso 2:** Establecer el Volumen observado de vehículos pesados y su porcentaje (PT) respecto al total.

Combis, Buses, Camiones, Camionetas y Motocargueras.

$$VH = 23 \text{ veh}$$

$$PT = \frac{23}{618} = 0.04 = 4\%$$

- **Paso 3:** Hallar el factor de vehículos pesados

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + PTx(E-1)}$$

$E = 2$ (Factor de equivalencia de vehículos pesados para zonas urbanas)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.04x(2 - 1)} = 0.964$$

- **Paso 4:** Calculo del flujo de servicio ajustado “Vs”

$$v_s = \frac{v}{f_{HV}}$$

$$v_s = \frac{618}{0.964} = 641 \text{ veh/h}$$

DETERMINACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS CRÍTICOS

Luego de obtener los flujos de servicio ajustados (v_s) para los nueve movimientos de la intersección en la hora más crítica, se procedió a compararlos para identificar cuáles de ellos concentran la mayor demanda vehicular.:

A continuación, se presenta la tabla resumen con los valores de v_s por movimiento:

TABLA XII: FLUJO DE SERVICIO AJUSTADO POR CADA TIPO DE MOVIMIENTO

				Vs	
Av. Lora y Lora	-->	Av. Jose L. Ortiz	Recto	1007	veh/hora
Av. Lora y Lora	-->	Av. Salaverry	Derecha	849	veh/hora
Av. Lora y Lora	-->	C. Elias Aguirre	Izquierda	394	veh/hora
Av. Salaverry	-->	C. Elias Aguirre	Recto	641	veh/hora
Av. Salaverry	-->	Av. Jose L. Ortiz	Derecha	356	veh/hora
Av. Salaverry	-->	Av. Lora y Lora	Izquierda	495	veh/hora
Av. Jose L. Ortiz	-->	Av. Lora y Lora	Recto	890	veh/hora
Av. Jose L. Ortiz	-->	C. Elias Aguirre	Derecha	22	veh/hora
Av. Jose L. Ortiz	-->	Av. Salaverry	Izquierda	638	veh/hora

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se observa que el movimiento con mayor volumen ajustado corresponde al desplazamiento recto desde la Av. Lora y Lora hacia la Av. José Leonardo Ortiz, con un flujo de 1007 veh/h, seguido del movimiento recto desde J.L. Ortiz hacia Lora y Lora con 890 veh/h, y el giro a la derecha desde Lora y Lora hacia Salaverry con 849 veh/h.

Estos tres movimientos son considerados los de mayor demanda crítica, siendo prioritarios para el análisis de capacidad y nivel de servicio. La carga significativa en la aproximación norte (Lora y Lora) indica un predominio del flujo descendente hacia el sur, mientras que el alto volumen de giro a la derecha evidencia el uso intensivo del carril exclusivo hacia Salaverry.

En contraste, el movimiento con menor volumen corresponde al giro a la derecha desde J.L. Ortiz hacia Elías Aguirre, con apenas 22 veh/h, lo cual refleja una demanda muy reducida en ese sentido.

Este análisis permite establecer cuáles movimientos representarán mayor presión operativa y, por tanto, deben ser priorizados en las siguientes fases de evaluación y en la formulación de mejoras para el nudo vial.

EVALUACIÓN OPERACIONAL Y NIVEL DE SERVICIO (LOS) SEGÚN HCM

Con el objetivo de determinar el desempeño operativo de la intersección semaforizada bajo estudio, se procedió a aplicar la metodología establecida por el Highway Capacity Manual (HCM), utilizando los datos de flujo vehicular desagregado obtenidos en la hora crítica identificada (viernes, de 7:00 a 8:00 a.m.).

Dado que en este tipo de intersecciones se presentan múltiples movimientos (giros a la izquierda, derecha y flujos rectos desde cada aproximación), el HCM permite evaluar individualmente cada uno de ellos, asignando niveles de servicio (LOS) en función del retardo promedio por vehículo (segundos/vehículo).

En total, el cruce presenta 9 movimientos posibles, resultantes de las combinaciones de ingreso desde las tres avenidas alimentadoras (Av. Salaverry, Av. Lora y Lora, y Av. José Leonardo Ortiz) hacia sus tres respectivas salidas. No obstante, con la finalidad de enfocar el análisis en los movimientos más representativos y críticos, se ha optado por evaluar únicamente 6 movimientos, seleccionando los dos de mayor volumen por cada aproximación.

Esta selección se realizó en base a los resultados obtenidos en el conteo desagregado vehicular, priorizando aquellos movimientos que reflejan una mayor carga operativa y que, por lo tanto, tienen un mayor impacto sobre la eficiencia de la intersección.

Los movimientos evaluados fueron los siguientes:

- **Desde Av. Lora y Lora:**
 - Movimiento recto hacia Av. José Leonardo Ortiz.
 - Giro a la derecha hacia Av. Salaverry.
- **Desde Av. Salaverry:**
 - Movimiento recto hacia Elías Aguirre.
 - Giro a la izquierda hacia Av. Lora y Lora.
- **Desde Av. José Leonardo Ortiz:**
 - Movimiento recto hacia Av. Lora y Lora.
 - Giro a la izquierda hacia Av. Salaverry.

Para cada uno de estos movimientos se estimó la capacidad operacional (s), el grado de saturación (X), el retardo promedio total por vehículo (d) y finalmente el Nivel de Servicio (LOS) asignado, siguiendo las fórmulas y criterios que estipula el HCM para intersecciones semaforizadas. Los cálculos detallados de cada uno de estos movimientos se presentan a continuación:

MOVIMIENTO 1: Av. Lora y Lora → Av. José Leonardo Ortiz (Recto)

- **Paso 1: Determinar la capacidad base por carril “So”**

$$S_0 = 1900 \text{ veh/h /carril}$$

Este valor es para carriles que cumplen estas 3 condiciones: (En caso no, se reajusta)

- ✓ Ancho mayor o igual a 3.6 metros.
- ✓ No hay buses, ni peatones, ni giros compartidos.
- ✓ Flujo constante sin interferencias.

- **Paso 2: Aplicar factores de ajuste**

$$S = S_0 \times f_w \times f_p \times f_{LT} \times f_{other}$$

$$f_w = 0.94 \quad (\text{Ancho de carril 3.3 m})$$

$$f_p = 1 \quad (\text{No presencia de peatones durante el movimiento})$$

$$f_{LT} = 1 \quad (\text{Carril exclusivo sin giros})$$

$$f_{other} = 0.75 \quad (\text{Otras interferencias regulares como mala educación vial})$$

$$S = 1900 \times 0.94 \times 1 \times 1 \times 0.75 = 1339.5 \text{ veh/h}$$

- **Paso 3: Determinar el grado de Saturación “X”**

$$X = \frac{v_s}{s \times (g/C)}$$

$$g = 35 \text{ seg} \quad (\text{Tiempo efectivo en verde})$$

$$C = 79 \text{ seg} \quad (\text{Ciclo total semoforico})$$

$$X = \frac{1007}{1339.5 \times (35/79)} = 1.70$$

- **Paso 4: Retardo promedio por vehiculo “d”**

$$d = d_1 + d_2$$

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

$$d_2 = \frac{900 \times (X - 1) + (X - 1)^2}{C}$$

$$d_1 = \frac{0.5 \times 79 \times \left(1 - \frac{35}{79}\right)^2}{1 - \min(1, 1.79) \times (35/79)} = 22 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 = \frac{900 \times (1.70 - 1) + (1.70 - 1)^2}{79} = 7.95 \text{ seg/veh}$$

$$d = 22 + 7.95 = 29.75 \text{ seg/veh}$$

- Paso 5: Determinar el nivel de servicio “LOS”

$$d = 29.75 \text{ seg/veh}$$

LOS = C (Retardo entre 20 a 35 seg/veh)

MOVIMIENTO 2: Av. José Leonardo Ortiz → Av. Salaverry (Izquierda)

- Paso 1: Determinar la capacidad base por carril “So”

$$S_0 = 1900 \text{ veh/h/carril}$$

Este valor es para carriles que cumplen estas 3 condiciones: (En caso no, se reajusta)

- ✓ Ancho mayor o igual a 3.6 metros.
- ✓ No hay buses, ni peatones, ni giros compartidos.
- ✓ Flujo constante sin interferencias.

- Paso 2: Aplicar factores de ajuste

$$S = S_0 \times f_w \times f_p \times f_{LT} \times f_{other}$$

$$f_w = 1 \quad (\text{Ancho de carril 4.05 m})$$

$$f_p = 1 \quad (\text{No presencia de peatones durante el movimiento})$$

$$f_{LT} = 0.5 \quad (\text{Giro a la izquierda compartido})$$

$$f_{other} = 0.6 \quad (\text{Otras interferencias regulares como bloqueo de los vehículos en sentido opuesto})$$

$$S = 1900 \times 1 \times 1 \times 0.5 \times 0.6 = 570 \text{ veh/h}$$

- Paso 3: Determinar el grado de Saturación “X”

$$X = \frac{v_s}{s \times (g/C)}$$

$$g = 35 \text{ seg} \quad (\text{Tiempo efectivo en verde})$$

$$C = 79 \text{ seg} \quad (\text{Ciclo total semoforico})$$

$$X = \frac{638}{570 \times (35/79)} = 2.53$$

- Paso 4: Retardo promedio por vehiculo “d”

$$d = d_1 + d_2$$

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

$$d_2 = \frac{900 \times (X - 1) + (X - 1)^2}{C}$$

$$d_1 = \frac{0.5 \times 79 \times \left(1 - \frac{35}{79}\right)^2}{1 - \min(1, 2.53) \times (35/79)} = 22 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 = \frac{900 \times (2.53 - 1) + (2.53 - 1)^2}{79} = 17.42 \text{ seg/veh}$$

$$d = 22 + 17.42 = 39.42 \text{ seg/veh}$$

- Paso 5: Determinar el nivel de servicio “LOS”

$$d = 39.42 \text{ seg/veh}$$

LOS = D (Retardo entre 35 a 55 seg/veh)

MOVIMIENTO 3: Av. Salaverry → Elías Aguirre (Recto)

- Paso 1: Determinar la capacidad base por carril “So”

$$S_0 = 1900 \text{ veh/h/carril}$$

Este valor es para carriles que cumplen estas 3 condiciones: (En caso no, se reajusta)

- ✓ Ancho mayor o igual a 4.3 metros.
- ✓ No hay buses, ni peatones, ni giros compartidos.
- ✓ Flujo constante sin interferencias.

- Paso 2: Aplicar factores de ajuste

$$S = S_0 \times f_w \times f_{RT} \times f_p \times f_{LT} \times f_{other}$$

$$f_w = 1 \quad (\text{Ancho de carril 4.15 m})$$

$$f_{LT} = 0.5 \quad (\text{Carril compartido con Giro a la izquierda})$$

$$f_{RT} = 0.5 \quad (\text{Carril compartido con Giro a la derecha})$$

$$f_p = 0.85 \quad (\text{Presencia de peatones esperando transporte})$$

$$f_{other} = 0.6 \quad (\text{Otras interferencias regulares como mal uso del carril como paradero informal})$$

$$S = 1900 \times 1 \times 0.5 \times 0.85 \times 0.5 \times 0.6 = 242.3 \text{ veh/h}$$

A tener 2 carriles para movimiento en recto, el S final sería por 2 veces.

$$S = 242.3 \times 2 = 484.5 \text{ veh/h}$$

- Paso 3: Determinar el grado de Saturación “X”

$$X = \frac{v_s}{s \times (g/C)}$$

$g = 40 \text{ seg}$ (Tiempo efectivo en verde)

$C = 79 \text{ seg}$ (Ciclo total semofórico)

$$X = \frac{641}{484.5 \times (40/79)} = 2.61$$

- Paso 4: Retardo promedio por vehículo “d”

$$d = d_1 + d_2$$

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

$$d_2 = \frac{900 \times (X - 1) + (X - 1)^2}{C}$$

$$d_1 = \frac{0.5 \times 79 \times \left(1 - \frac{40}{79}\right)^2}{1 - \min(1, 2.61) \times (40/79)} = 19.50 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 = \frac{900 \times (2.61 - 1) + (2.61 - 1)^2}{79} = 18.41 \text{ seg/veh}$$

$$d = 19.5 + 18.41 = 37.91 \text{ seg/veh}$$

- Paso 5: Determinar el nivel de servicio “LOS”

$$d = 37.91 \text{ seg/veh}$$

LOS = D (Retardo entre 35 a 55 seg/veh)

MOVIMIENTO 4: Av. Lora y Lora → Av. Salaverry (Derecha)

- Paso 1: Determinar la capacidad base por carril “So”

$$S_0 = 1900 \text{ veh/h/carril}$$

Este valor es para carriles que cumplen estas 3 condiciones: (En caso no, se reajusta)

- ✓ Ancho mayor o igual a 3.6 metros.
- ✓ No hay buses, ni peatones, ni giros compartidos.

✓ Flujo constante sin interferencias.

- **Paso 2: Aplicar factores de ajuste**

$$S = S_0 \times f_w \times f_p \times f_{LT} \times f_{other}$$

$$f_w = 0.94 \quad (\text{Ancho de carril 3.3 m})$$

$$f_p = 0.9 \quad (\text{Conflicto peatonal leve})$$

$$f_{RT} = 1 \quad (\text{Giro con carril exclusivo})$$

$$f_{other} = 0.75 \quad (\text{Otras interferencias regulares como bloqueo transporte publico})$$

$$S = 1900 \times 0.94 \times 0.90 \times 1 \times 0.75 = 1205.55 \text{ veh/h}$$

- **Paso 3: Determinar el grado de Saturación “X”**

$$X = \frac{v_s}{s \times (g/C)}$$

$$g = 35 \text{ seg} \quad (\text{Tiempo efectivo en verde})$$

$$C = 79 \text{ seg} \quad (\text{Ciclo total semoforico})$$

$$X = \frac{849}{1205.55 \times (35/79)} = 0.70$$

- **Paso 4: Retardo promedio por vehiculo “d”**

Para movimientos con pase libre, el HCM indica que el retardo se evalúa según el nivel de saturación y fricción.

Hay fricción leve (peatones) y problemas moderados (vehículos de servicio público se detienen después de girar)

- **Paso 5: Determinar el nivel de servicio “LOS”**

$$d = 12.5 \text{ seg/veh} \quad (\text{Se estima un valor entre 5 a 15 seg/veh})$$

$$\text{LOS} = B \quad (\text{Retardo entre 10 a 20 seg/veh})$$

MOVIMIENTO 5: Av. Salaverry → Av. Lora y Lora (Izquierda)

- **Paso 1: Determinar la capacidad base por carril “So”**

$$S_0 = 1900 \text{ veh/h/carril}$$

Este valor es para carriles que cumplen estas 3 condiciones: (En caso no, se reajusta)

✓ Ancho mayor o igual a 3.6 metros.

- ✓ No hay buses, ni peatones, ni giros compartidos.
- ✓ Flujo constante sin interferencias.

- **Paso 2: Aplicar factores de ajuste**

$$S = S_0 \times f_w \times f_p \times f_{LT} \times f_{other}$$

$$f_w = 1 \quad (\text{Ancho de carril 4.15 m})$$

$$f_p = 0.95 \quad (\text{No presencia de peatones pero si de ambulantes})$$

$$f_{LT} = 0.5 \quad (\text{Giro a la izquierda compartido})$$

$$f_{other} = 0.65 \quad (\text{Otras interferencias regulares como mal uso del carril para ambos giros})$$

$$S = 1900 \times 1 \times 0.95 \times 0.5 \times 0.65 = 586.6 \text{ veh/h}$$

- **Paso 3: Determinar el grado de Saturación "X"**

$$X = \frac{v_s}{s \times (g/C)}$$

$$g = 40 \text{ seg} \quad (\text{Tiempo efectivo en verde})$$

$$C = 79 \text{ seg} \quad (\text{Ciclo total semoforico})$$

$$X = \frac{495}{587.6 \times (40/79)} = 1.67$$

- **Paso 4: Retardo promedio por vehiculo "d"**

$$d = d_1 + d_2$$

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

$$d_2 = \frac{900 \times (X - 1) + (X - 1)^2}{C}$$

$$d_1 = \frac{0.5 \times 79 \times \left(1 - \frac{40}{79}\right)^2}{1 - \min(1, 1.67) \times (40/79)} = 19.5 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 = \frac{900 \times (1.67 - 1) + (1.67 - 1)^2}{79} = 7.6 \text{ seg/veh}$$

$$d = 19.5 + 7.6 = 27.10 \text{ seg/veh}$$

- **Paso 5: Determinar el nivel de servicio "LOS"**

$$d = 27.10 \text{ seg/veh}$$

LOS = C (Retardo entre 20 a 35 seg/veh)

MOVIMIENTO 6: Av. José Leonardo Ortiz → Av. Lora y Lora (Recto)

- **Paso 1: Determinar la capacidad base por carril “So”**

$$S_0 = 1900 \text{ veh/h /carril}$$

Este valor es para carriles que cumplen estas 3 condiciones: (En caso no, se reajusta)

- ✓ Ancho mayor o igual a 4.3 metros.
- ✓ No hay buses, ni peatones, ni giros compartidos.
- ✓ Flujo constante sin interferencias.

- **Paso 2: Aplicar factores de ajuste**

$$S = S_0 \times f_w \times f_{RT} \times f_p \times f_{LT} \times f_{other}$$

$$f_w = 1 \quad (\text{Ancho de carril 4.05 m})$$

$$f_{LT} = 0.5 \quad (\text{Carril compartido con Giro a la izquierda})$$

$$f_{RT} = 0.5 \quad (\text{Carril compartido con Giro a la derecha})$$

$$f_p = 0.85 \quad (\text{Presencia de peatones esperando transporte})$$

$$f_{other} = 0.5 \quad (\text{Otras interferencias regulares como mal uso del carril como paradero informal})$$

$$S = 1900 \times 1 \times 0.5 \times 0.85 \times 0.5 \times 0.5 = 201.9 \text{ veh/h}$$

A tener 2 carriles para movimiento en recto, el S final seria por 2 veces.

$$S = 201.9 \times 2 = 403.8 \text{ veh/h}$$

- **Paso 3: Determinar el grado de Saturación “X”**

$$X = \frac{v_s}{s \times (g/C)}$$

$$g = 35 \text{ seg} \quad (\text{Tiempo efectivo en verde})$$

$$C = 79 \text{ seg} \quad (\text{Ciclo total semoforico})$$

$$X = \frac{890}{403.8 \times (35/79)} = 4.98$$

- **Paso 4: Retardo promedio por vehiculo “d”**

$$d = d_1 + d_2$$

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

$$d_2 = \frac{900 x (X - 1) + (X - 1)^2}{C}$$

$$d_1 = \frac{0.5 x 79 x \left(1 - \frac{35}{79}\right)^2}{1 - \min(1, 4.98) x (35/70)} = 22 \text{ seg/veh}$$

$$d_2 = \frac{900 x (4.98 - 1) + (4.98 - 1)^2}{79} = 45.49 \text{ seg/veh}$$

$$d = 22 + 45.49 = 67.49 \text{ seg/veh}$$

- Paso 5: Determinar el nivel de servicio “LOS”

$$d = 67.49 \text{ seg/veh}$$

LOS = E (Retardo entre 55 a 80 seg/veh)

Finalmente, en la siguiente tabla se resume el desempeño de cada uno de los movimientos evaluados, con base en los resultados obtenidos:

TABLA XIII: TABLA RESUMEN DE ANÁLISIS OPERACIONAL EN LOS 6 MOVIMIENTOS MÁS CRÍTICOS

N° de Mov. Analizado	Movimiento				Análisis Operacional para obtener el LOS					
	Partida	Tipo de movimiento	Llegada		Volumen "Vs" (veh/h)	Capacidad "S" (Veh/h)	g/C	X	Retardo "d" (seg/veh)	LOS (Niv.Serv.)
1	Av. Lora y Lora	-->	Recto	Av. Jose L. Ortiz	1007	1339.5	0.44	1.70	29.95	C
2	Av. Lora y Lora	-->	Derecha	Av. Salaverry	849	1205.55	1.00	0.70	12.50	B
3	Av. Salaverry	-->	Recto	C. Elias Aguirre	641	484.5	0.51	2.61	37.91	D
4	Av. Salaverry	-->	Izquierda	Av. Lora y Lora	495	586.625	0.51	1.67	27.10	C
5	Av. Jose L. Ortiz	-->	Recto	Av. Lora y Lora	890	403.8	0.44	4.98	67.49	E
6	Av. Jose L. Ortiz	-->	Izquierda	Av. Salaverry	638	570	0.44	2.53	39.42	D

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN POR APROXIMACIÓN Y NIVEL DE SERVICIO GLOBAL DE LA INTERSECCIÓN

Además del análisis detallado por movimiento realizado en el apartado anterior, el enfoque metodológico del Highway Capacity Manual (HCM) también permite evaluar el desempeño por aproximación (es decir, por cada avenida que ingresa al cruce), así como estimar un Nivel de Servicio global que represente el comportamiento operativo de toda la intersección.

Este procedimiento permite identificar qué accesos presentan mayores dificultades de circulación, considerando todos sus movimientos de entrada, y obtener una visión integral del desempeño del nudo vial.

Para cada aproximación se calcula un retardo promedio ponderado, combinando los retardos y volúmenes de los movimientos evaluados en esa entrada, según la fórmula:

$$d_{aproximacion} = \frac{\sum(v_i \times d_i)}{\sum v_i}$$

Donde:

- $v_i = \text{Volumen horario del movimiento } i \left(\frac{veh}{h} \right)$
- $d_i = \text{Retardo promedio del movimiento } i \text{ (s/veh)}$

Luego, este valor se traduce a un Nivel de Servicio (LOS) aplicando la misma tabla de clasificación del HCM.

Finalmente, para determinar el retardo promedio global de la intersección, se aplica la fórmula:

$$d_{interseccion} = \frac{\sum(v_i \times d_i)}{\sum v_i \text{ (de todos los movimientos)}}$$

CÁLCULO POR APROXIMACIÓN

Utilizando los resultados obtenidos previamente en el punto 5.5, los retardos promedio por aproximación son:

1. AVENIDA LORA Y LORA

- ✓ **Movimiento Recto → J.L. Ortiz** $v = 1007$, $d = 29.94 \text{ seg/veh}$
- ✓ **Movimiento Derecha → Salaverry** $v = 849$, $d = 12.5 \text{ seg/veh}$
- ✓ $d_{Lora \text{ y } Lora} = \frac{1007 \times 29.94 + 849 \times 12.5}{1007 + 849} = 21.96 \text{ seg/veh}$
- ✓ **LOS = C** (Retardo entre 20 a 35 seg/veh)

2. AVENIDA SALAVERRY

- ✓ **Movimiento Recto → Elías Aguirre** $v = 641$, $d = 37.91 \text{ seg/veh}$
- ✓ **Movimiento Izquierda → Lora y Lora** $v = 495$, $d = 27.10 \text{ seg/veh}$

$$\checkmark d_{\text{Salaverry}} = \frac{641 \times 37.91 + 495 \times 27.10}{641 + 495} = 33.20 \text{ seg/veh}$$

✓ **LOS = C** (Retardo entre 20 a 35 seg/veh)

3. AVENIDA JOSE LEONARDO ORTIZ

✓ **Movimiento Recto** → Lora y Lora $v = 890$, $d = 67.49 \text{ seg/veh}$

✓ **Movimiento Izquierda** → Salaverry $v = 638$, $d = 39.42 \text{ seg/veh}$

$$\checkmark d_{JLO} = \frac{890 \times 67.49 + 638 \times 39.42}{890 + 638} = 55.77 \text{ seg/veh}$$

✓ **LOS = D** (Retardo entre 35 a 80 seg/veh)

NIVEL DE SERVICIO GLOBAL DE LA INTERSECCIÓN

d_{gbl}

$$= \frac{1007 \times 29.94 + 849 \times 12.5 + 641 \times 37.91 + 495 \times 27.10 + 890 \times 67.49 + 638 \times 39.42}{1007 + 849 + 641 + 495 + 890 + 638}$$

$$d_{gbl} = 36.21 \text{ seg/veh}$$

✓ **LOS = D** (Retardo entre 35 a 55 seg/veh)

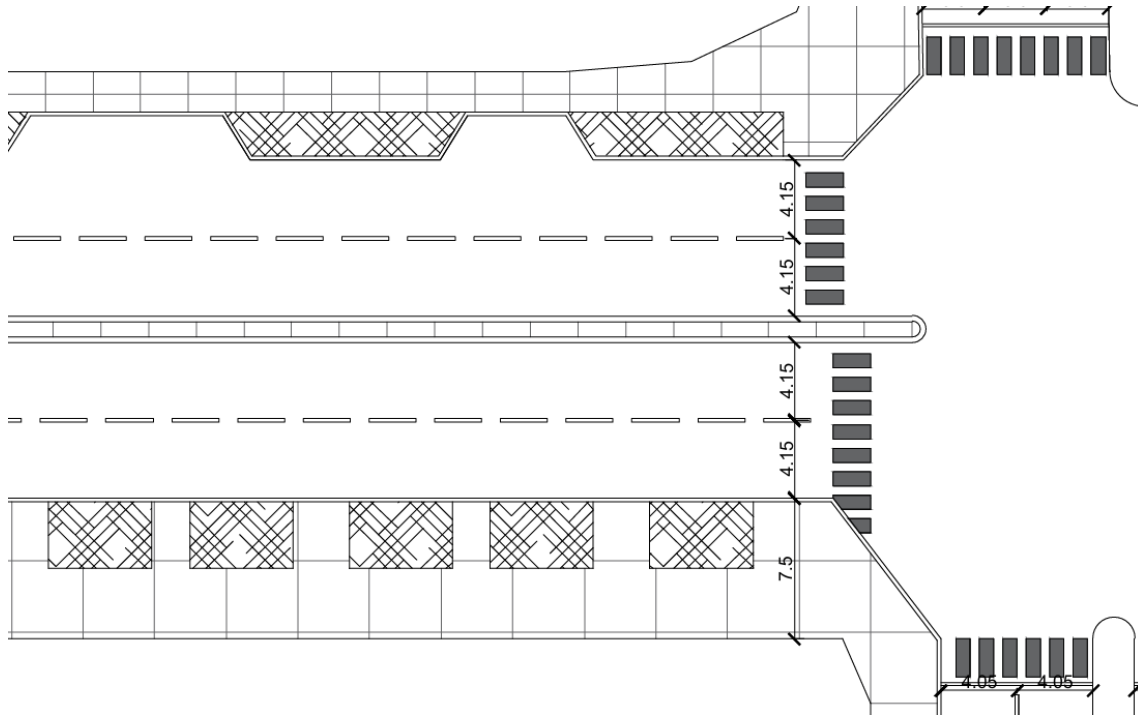
PROPUESTAS DE MEJORAS: REDISEÑO DEL FLUJO VEHICULAR Y SINCRONIZACIÓN SEMAFÓRICA (OBJETIVO 5)

REDISEÑO GEOMÉTRICO Y APROVECHAMIENTO DEL ESPACIO

AV. SALAVERRY

En la llegada al nudo por la avenida Salaverry, se propone un ajuste geométrico de la vía para optimizar el flujo vehicular. Actualmente, la vereda en este punto mide 7.5 metros, de los cuales se reducirán 2,5 metros, liberando espacio adicional para la redistribución de carriles.

FIG. 95: DISEÑO GEOMÉTRICO ACTUAL - AV. SALAVERRY

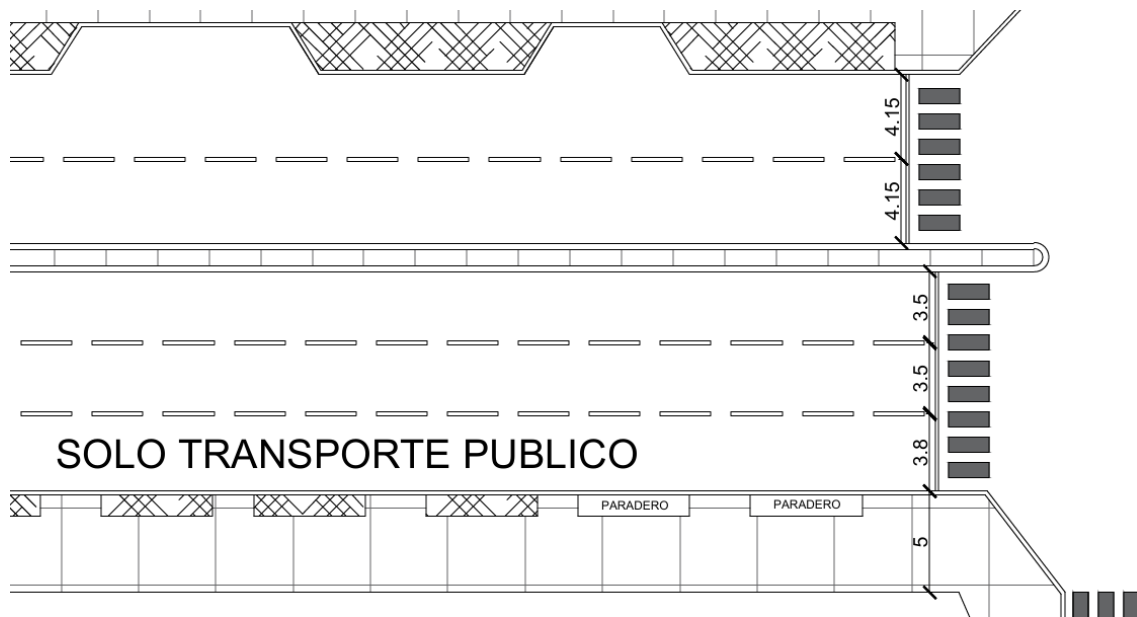


Fuente: Propia del tesista

Sumando este espacio a los dos carriles existentes de 4,15 metros cada uno, se obtiene un ancho total de 10,8 metros, que se reorganizará en tres carriles:

Dos carriles de 3,50 metros destinados al tránsito general.

Un carril de 3,80 metros, ubicado junto a la vereda, que será exclusivo para transporte público (colectivos y combis).

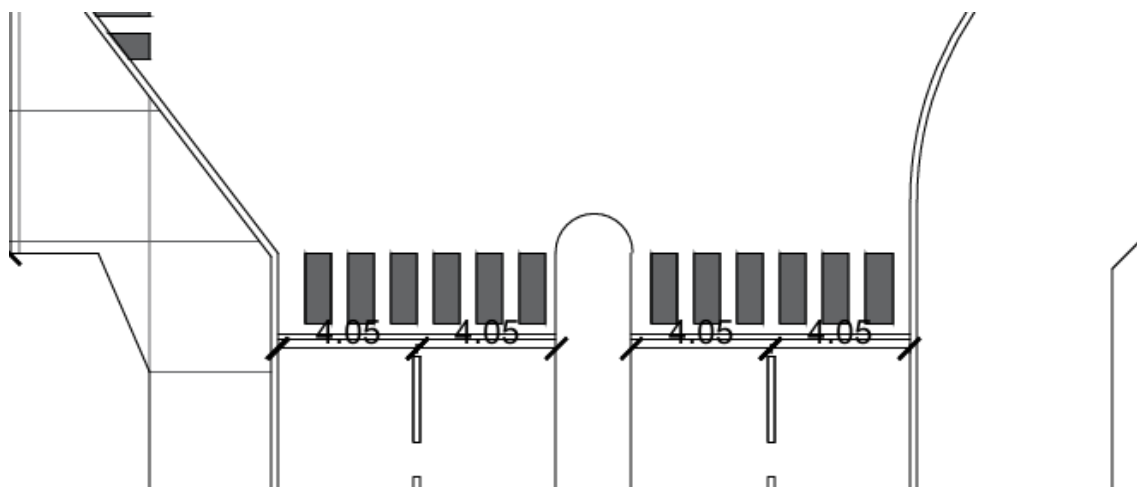
FIG. 96: DISEÑO GEOMÉTRICO PROYECTADO - AV. SALAVERRY

Fuente: Propia del tesista

Esta redistribución permite incrementar la capacidad de la vía y priorizar el transporte público, mejorando la fluidez en la llegada al nudo sin comprometer la seguridad peatonal.

AV. JOSÉ LEONARDO ORTIZ

En la llegada al nudo por la avenida José Leonardo Ortiz, la vía actualmente cuenta con dos carriles por sentido de 4,05 metros cada uno, sumando un ancho total de 16,2 metros entre ambos sentidos.

FIG. 97: DISEÑO GEOMÉTRICO ACTUAL - AV. JLO

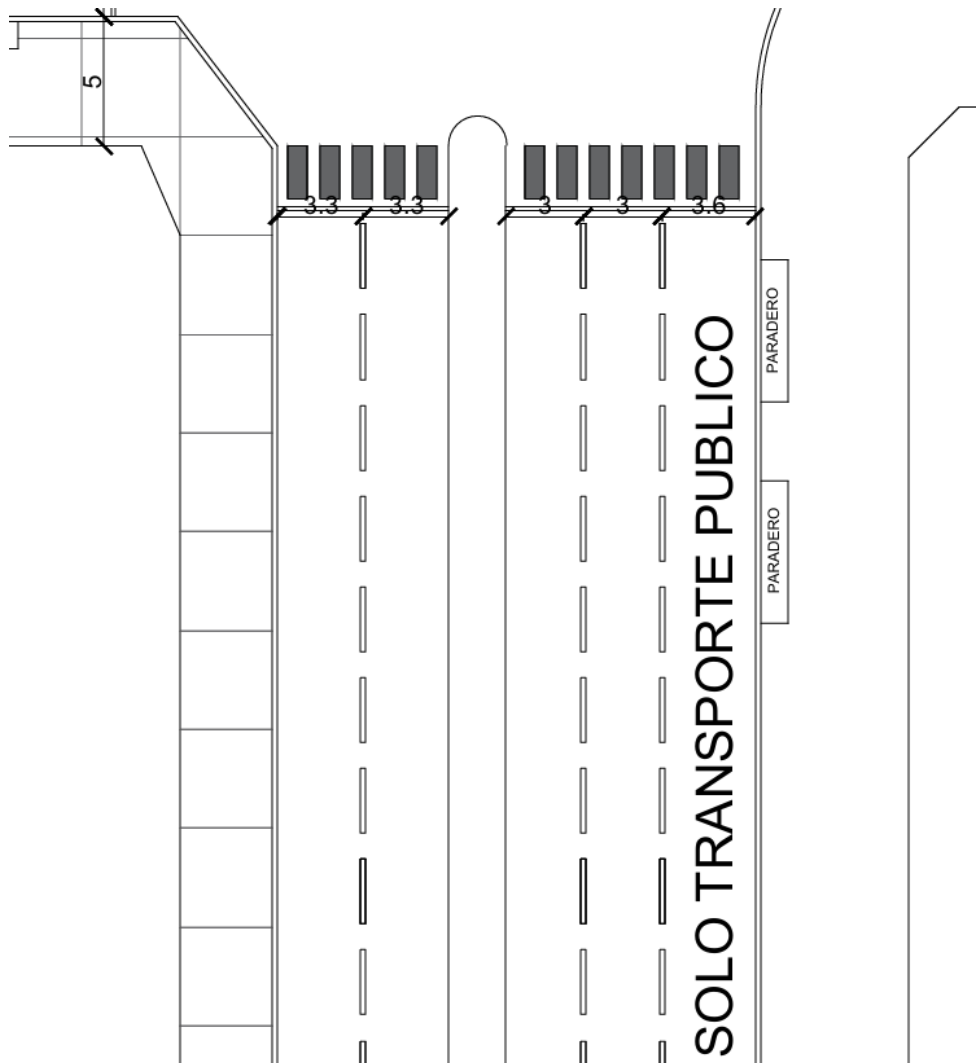
Fuente: Propia del tesista

El rediseño propuesto consiste en redistribuir este espacio de manera más eficiente:

En el sentido que no llega al cruce, los carriles se ajustarán a 2 carriles de 3,3 metros cada uno, ocupando un total de 6,6 metros.

En el sentido que llega al cruce, se destinarán 9,6 metros para 3 carriles, distribuidos en dos carriles de 3 metros y un carril de 3,6 metros.

FIG. 98: DISEÑO GEOMÉTRICO PROYECTADO - AV. JLO



Fuente: Propia del tesista

Esta configuración permite incrementar la capacidad de la vía hacia el cruce, facilitando el ingreso de vehículos al nudo y mejorando la fluidez sin afectar el tránsito en sentido contrario.

AV. LORA Y LORA

En la llegada al nudo por la avenida Lora y Lora, se mantiene la configuración actual de carriles, por lo que no se proponen cambios geométricos en esta vía. La capacidad existente y la distribución de los carriles continúan siendo suficientes para la circulación proyectada hacia el nudo.

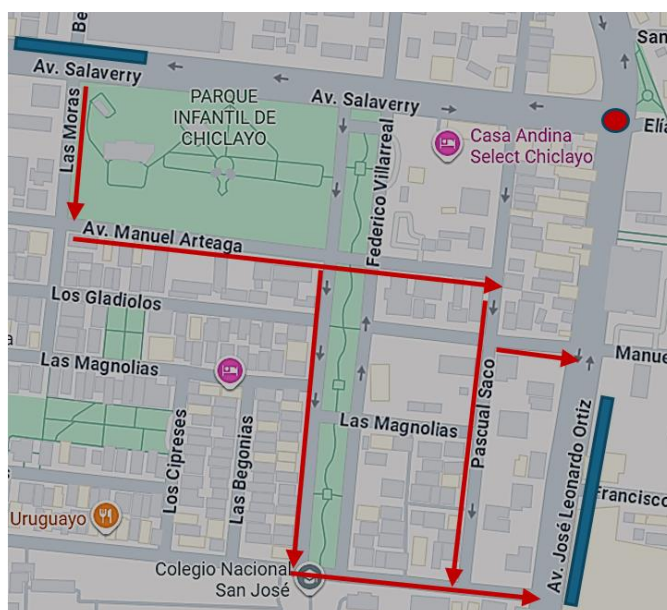
REDIRECCIÓN DEL FLUJO VEHICULAR

VEHÍCULOS PROVENIENTES DE AV. SALAVERRY

1. Destino Av. José Leonardo Ortiz:

- **Vehículos desviados:** autos privados, mototaxis y camionetas.
- **Ruta de desvío:** lado sur de calle Bernardo Alcedo → izquierda por Av. Manuel Arteaga → derecha por Pascual Saco o Federico Villarreal → incorporación por Av. Elvira García o María Izaga → destino final Av. José Leonardo Ortiz.

FIG. 99: PLAN DE DESVIÓ - RUTA SALAVERRY A JLO



Fuente: Google Maps

- **Vehículos que mantienen circulación:** combis, buses y motos lineales.
 - **Vehículos restringidos:** camiones y motos cargueras.
- #### 2. Destino Nudo Elías Aguirre:
- No hay desvío; todos los vehículos circulan por la ruta normal.

3. Destino Av. Lora y Lora:

- **Vehículos desviados:** autos privados, mototaxis y camionetas.
- **Ruta de desvío:** lado norte de calle Bernardo Alcedo → Av. Francisco Cuneo → incorporación a Av. Lora y Lora.

FIG. 100: PLAN DE DESVIÓ - RUTA SALAVERRY A LORA & LORA



Fuente: Google Maps

- **Vehículos que mantienen circulación:** combis, buses y motos lineales.
- **Vehículos restringidos:** camiones y motos cargueras.

VEHÍCULOS PROVENIENTES DE AV. JOSÉ LEONARDO ORTIZ

1. Destino Av. Salaverry:

- **Vehículos desviados:** autos privados, mototaxis y camionetas.
- **Ruta de desvío:** lado oeste de Av. Izaga → Federico Villarreal → Manuel Arteaga → Calle Las Moras → incorporación a Av. Salaverry.

FIG. 101: PLAN DE DESVIÓ - RUTA JLO A SALAVERRY



Fuente: Google Maps

- **Vehículos que mantienen circulación:** combis, buses y motos lineales.
 - **Vehículos restringidos:** camiones y motos cargueras.
2. **Destino Av. Lora y Lora:**
 - No hay desvío; circulan directamente hacia Lora y Lora.
 3. **Destino Nudo Elías Aguirre:**
 - **Vehículos desviados:** autos privados, mototaxis y camionetas.
 - **Ruta de desvío:** lado este de Av. Izaga → Av. Grau (giro a la izquierda) → llegada a Elías Aguirre.

FIG. 102: PLAN DE DESVIÓ - RUTA JLO A ELIAS AGUIRRE



Fuente: Google Maps

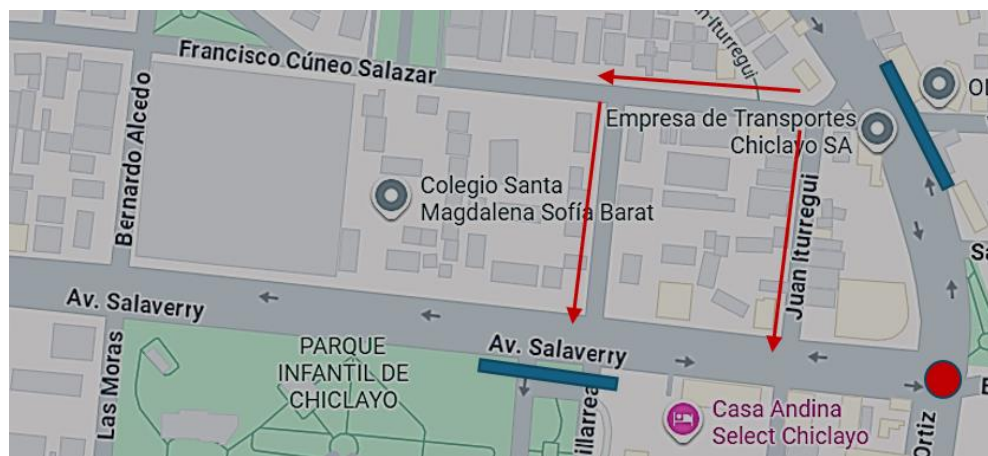
- **Vehículos que mantienen circulación:** combis, buses y motos lineales.
- **Vehículos restringidos:** camiones y motos cargueras.

VEHÍCULOS PROVENIENTES DE AV. LORA Y LORA

1. **Destino Av. Salaverry:**
 - **Vehículos desviados:** autos privados, mototaxis y camionetas.

- **Ruta de desvío:** lado norte de Av. Lora y Lora → izquierda por Av. Francisco Cúneo → opción 1: calle Federico Villarreal → Av. Salaverry; opción 2: calle Iturregui → Av. Salaverry.

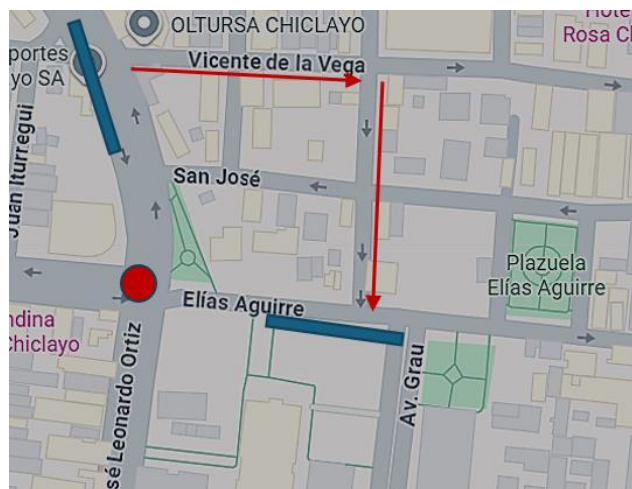
FIG. 103: PLAN DE DESVIÓ - RUTA LORA & LORA A SALAVERRY



Fuente: Google Maps

- **Vehículos que mantienen circulación:** combis, buses y motos lineales.
 - **Vehículos restringidos:** camiones y motos cargueras.
2. **Destino Av. José Leonardo Ortiz:**
 - No hay cambio de flujo; circulan directamente hacia JLO.
 3. **Destino Nudo Elías Aguirre:**
 - **Vehículos desviados:** autos privados, mototaxis y camionetas.
 - **Ruta de desvío:** evitan intersección San José–Lora y Lora → giran por Vicente de la Vega → incorporación a calle San Martín → llegada al nudo Elías Aguirre.

FIG. 104: PLAN DE DESVIÓ - RUTA LORA & LORA A ELIAS AGUIRRE



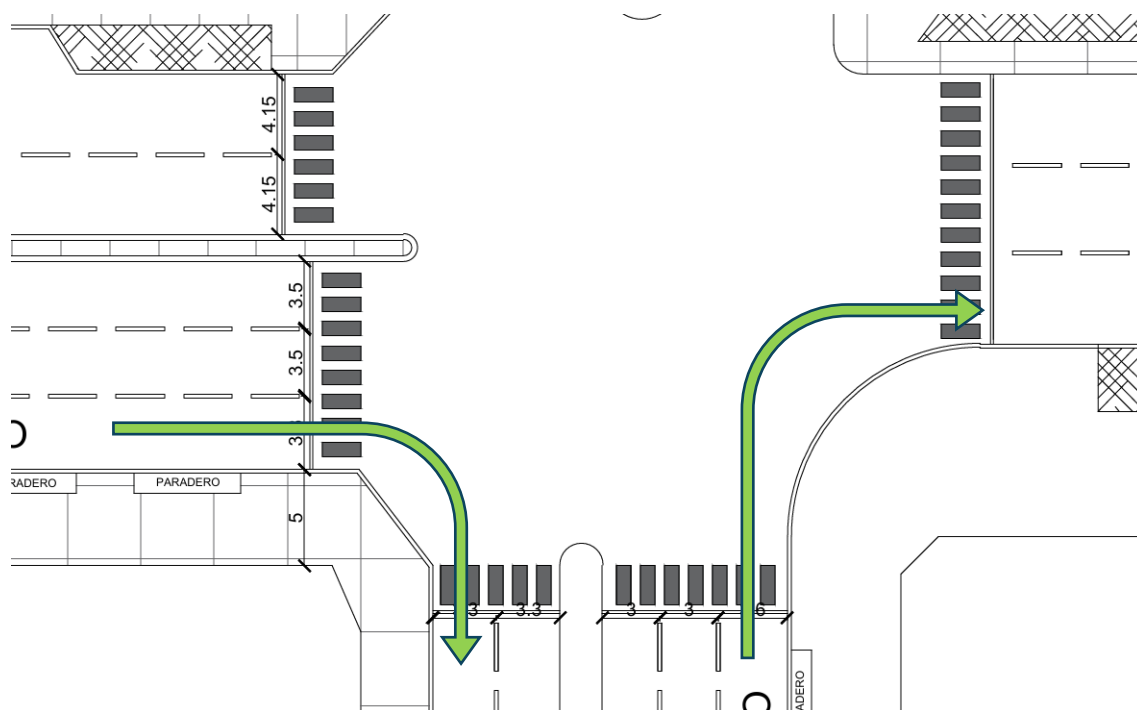
Fuente: Google Maps

- **Vehículos que mantienen circulación:** combis, buses y motos lineales.
- **Vehículos restringidos:** camiones y motos cargueras.

SINCRONIZACIÓN SEMAFÓRICA

En el esquema actual, el ciclo semafórico del nudo Salaverry–Elías Aguirre tiene una duración total de **79 segundos**, con fases distribuidas entre las tres aproximaciones principales. Únicamente se cuenta con un giro protegido mediante luz verde permanente: el carril exclusivo de la Av. Lora y Lora hacia la Av. Salaverry. Los demás movimientos se realizan con fases no protegidas, lo que genera conflictos operativos y aumenta los retardos, especialmente en las horas críticas.

La propuesta de mejora no contempla la modificación de los tiempos semafóricos ya establecidos, sino la implementación de luces verdes permanentes adicionales en los nuevos carriles proyectados en la Av. Salaverry y la Av. José Leonardo Ortiz. Estos carriles exclusivos tendrán como función principal permitir giros fluidos y continuos, bajo un régimen de prioridad controlada, tal como ya se aplica en el giro derecho de Lora y Lora hacia Salaverry.

FIG. 105: GIRO PROTEGIDO EN AV. SALAVERRY Y JLO

Fuente: Propia del tesista

Con esta medida, los vehículos que circulen por Salaverry y J.L. Ortiz dispondrán de carriles de giro con paso libre continuo, lo que reducirá las demoras en dichos accesos y permitirá descongestionar la intersección sin necesidad de ampliar la duración del ciclo semafórico. La sincronización quedará reforzada por la coexistencia de fases regulares para los movimientos generales y de luces verdes permanentes para los carriles exclusivos, logrando un equilibrio entre eficiencia y seguridad operacional.

FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEJORAS

El análisis de factibilidad confirmó que las medidas de rediseño geométrico, desvíos y sincronización semafórica pueden implementarse a través de los procedimientos administrativos de la Municipalidad Provincial de Chiclayo. Dichas acciones resultan viables tanto técnica como legalmente, al enmarcarse en la normativa de tránsito y ser factibles de regular mediante ordenanzas municipales. Este respaldo institucional garantiza que las mejoras propuestas puedan ejecutarse en la práctica y no se limiten a un planteamiento teórico.

APLICACIÓN HORARIA DE LAS RESTRICCIONES Y DESVÍOS

En el diseño metodológico se estableció que las restricciones de ciertos tipos de vehículos y los desvíos asociados se aplicarían únicamente en los periodos de mayor congestión vehicular. Para ello, se definieron tres turnos de hora pico:

- Mañana: 6:00 – 9:00 a.m.
- Mediodía: 11:00 a.m. – 2:00 p.m.
- Tarde: 4:00 – 7:00 p.m.

De esta manera, el plan de restricción y desvío se limitó a los horarios críticos identificados en los aforos, evitando así su aplicación continua durante todo el día y optimizando el uso de los recursos de control.

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DE LAS MEJORAS MEDIANTE SIMULACIONES SUMO (OBJETIVO 6)

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

La simulación dinámica en el software SUMO permitió evaluar la efectividad de las mejoras propuestas en el nudo Salaverry–Elías Aguirre. En el escenario actual, la velocidad promedio alcanzó **5.15 m/s**, con una demora general de **24.77 s/veh**, destacando el movimiento JLO → Lora y Lora con **33.59 s/veh** como el de mayor congestión.

En contraste, en el escenario proyectado, la velocidad promedio aumentó a **8.42 m/s** y la demora se redujo a **12.70 s/veh**, con mejoras significativas en todos los accesos:

- Salaverry → Elías Aguirre: reducción de demora de 26.33 a **18.36 s/veh** (–30,3 %).
- Lora y Lora → JLO: reducción de 14.38 a **8.59 s/veh** (–40,3 %).
- JLO → Lora y Lora: reducción de 33.59 a **11.16 s/veh** (–66,8 %).

INTERPRETACIÓN SEGÚN HCM

En el estado actual, el retardo promedio de 24.77 s/veh ubicaba a la intersección en un Nivel de Servicio C–D, con movimientos críticos en LOS E. Tras la implementación del rediseño geométrico, desvíos y sincronización semafórica, la demora promedio se redujo

a 12.70 s/veh, lo cual corresponde a un Nivel de Servicio B, caracterizado por condiciones de operación estables y retardos bajos.

Estos resultados confirman que las mejoras propuestas permiten un cambio en la eficiencia operacional del nudo, reduciendo casi a la mitad las demoras y aumentando considerablemente la velocidad de circulación.

DISCUSIONES

DISCUSIÓN DEL OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta investigación fue analizar el nivel de servicio en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre mediante el enfoque HCM y proponer mejoras para la circulación vehicular en Chiclayo. **Los** resultados obtenidos evidenciaron un grado de saturación elevado en horas punta, con flujos superiores a los 4 000 veh/h y niveles de servicio entre C y D con demoras de 22 a 56 seg/veh según el HCM, lo que refleja demoras significativas y condiciones operativas críticas. Asimismo, las simulaciones mostraron que las propuestas de redistribución de carriles, implementación de giros protegidos y reprogramación de tiempos semafóricos lograron reducir la congestión y optimizar el desempeño del cruce, mejorando la movilidad en el área de estudio. **Estos** resultados coinciden con lo encontrado por Mendoza y Mendoza [6] en el Puente Grau de Arequipa, donde identificaron niveles de servicio E y F en las aproximaciones principales y demostraron que las demoras superiores a 60 s/veh podían reducirse mediante la implementación de nuevas fases semafóricas y mejoras geométricas, obteniendo un incremento notable en la eficiencia operacional. **En** comparación con los resultados de Mendoza y Mendoza [6], el presente estudio muestra demoras ligeramente menores (22 a 56 s/veh frente a más de 60 s/veh), lo que se explica por la diferencia en el volumen vehicular y la configuración geométrica de ambas intersecciones. Mientras que el Puente Grau soportaba un flujo aproximado de 6 000 veh/h con mayor proporción de transporte pesado, el nudo Salaverry–Elías Aguirre presenta un flujo inferior alrededor de los 4000 veh/h y predominio de vehículos ligeros, reduciendo el retardo promedio. Además, la mayor amplitud de carriles (hasta 4.15 m) y la menor longitud de cola

favorecen un mayor flujo de descarga por fase, disminuyendo la demora media. No obstante, la falta de sincronización semafórica y la ocupación indebida de carriles en Chiclayo aún limitan que el nivel de servicio alcance valores óptimos, manteniendo condiciones críticas aunque de menor severidad que en Arequipa. **Finalmente**, el sustento teórico y normativo se respalda en lo establecido por el *Highway Capacity Manual* [1], el *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018* [18], la *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* de la AASHTO [19] y el *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor* [17] del MTC, los cuales recomiendan que toda intervención geométrica y semafórica debe orientarse a garantizar la capacidad, seguridad y eficiencia de la movilidad urbana.

DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECIFICO 1

El primer objetivo específico consistió en realizar un inventario vial de las condiciones actuales del nudo Salaverry–Elías Aguirre, registrando los elementos geométricos, operativos y de infraestructura que influyen en la circulación vehicular. **Los** resultados mostraron que la intersección está conformada por cuatro arterias principales: las avenidas Salaverry, José Leonardo Ortiz y Lora y Lora, además de la calle Elías Aguirre. La avenida Salaverry cuenta con dos carriles de 4.15 m de ancho, la avenida Lora y Lora con tres carriles de 3.30 m en promedio (9.9 m en total), uno de ellos exclusivo para el giro derecho, y la avenida José Leonardo Ortiz con dos carriles de 4.05 m cada uno, evidenciándose una falta de uniformidad geométrica. Cerca del 90 % de la señalización horizontal se encuentra completamente desgastada, la vertical presenta deterioro, el pavimento fisuras y baches, las veredas mal estado, y solo un movimiento cuenta con fase semafórica protegida, además de no existir canalizaciones para giros a la izquierda. Estos resultados reflejan condiciones operativas deficientes que reducen la seguridad y capacidad vehicular, sirviendo como base técnica para la evaluación posterior de la intersección. **Los** hallazgos guardan relación directa con el antecedente de Rodríguez [12], quien en su estudio sobre la avenida Salaverry en Chiclayo realizó un inventario vial completo, determinando anchos de calzada variables entre 7.5 y 9.8 m, presencia de dos a tres carriles por sentido, señalización horizontal con más del 80 % de desgaste, letreros no reflectivos y veredas deterioradas o inexistentes, además de ausencia de canalización de giros y pavimento en condición regular a deficiente. También evidenció iluminación insuficiente en el 30% de alumbrado y carencia total de ciclovías, factores que agravaban

la inseguridad vial y la congestión. **En** comparación con los resultados de Rodríguez [12], se observa que las condiciones actuales del nudo Salaverry–Elías Aguirre presentan un mayor deterioro físico y funcional, ya que el desgaste de señalización supera el 90 % frente al 80 % reportado en 2017, y la presencia de fisuras y baches es más extensa, lo que evidencia una disminución progresiva en la calidad del pavimento. Estas diferencias se explican principalmente por el incremento del parque automotor en Chiclayo en los últimos años —superior al 25 % entre 2017 y 2024 según registros de la SUNARP—, el aumento de tránsito informal y transporte público sin control de rutas, así como la falta de mantenimiento rutinario en la infraestructura vial. En contraste, se encontró una mayor precisión en la medición geométrica y un registro integral de elementos operativos que no fueron abordados en el antecedente, como la accesibilidad peatonal y la funcionalidad semafórica, lo que mejora la caracterización técnica del nudo y fortalece su análisis operativo. El inventario se sustenta en las disposiciones del Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 [18] y el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor [17], los cuales establecen los parámetros normativos de radios de giro, anchos de carril y condiciones de señalización. Asimismo, se apoya en los lineamientos del Highway Capacity Manual [1] y la A Policy on Geometric Design of Highways and Streets [19], que reconocen el inventario vial como la etapa inicial y esencial del diagnóstico funcional de intersecciones urbanas, indispensable para garantizar coherencia entre la geometría existente, el flujo vehicular y la seguridad operacional.

DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECIFICO 2

El segundo objetivo específico tuvo como finalidad obtener los datos sobre el flujo vehicular y la sincronización semafórica para determinar el Índice Medio Diario (IMD) en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre. **Los** resultados mostraron que la hora crítica se registró entre las 07:00 y 08:00 horas, alcanzando un flujo máximo de 4 468 veh/h y un IMD de 42 400 veh/día, mientras que el ciclo semafórico actual fue de 79 segundos. **Estos** resultados son coherentes con los obtenidos por Pereda y Montoya [7] en Trujillo, quienes determinaron flujos de hasta 3 820 veh/h en horas punta, además registrando un volumen promedio diario de 18 950 veh/día, y también registraron ciclos semafóricos promedio de 70 segundos, permitiendo caracterizar con precisión el comportamiento del tránsito y la eficiencia del control semafórico existente en la avenida América Sur. **En** comparación con el estudio de Pereda y Montoya [7], los valores registrados en el presente trabajo son

notablemente superiores, tanto en flujo máximo (4 468 veh/h frente a 3 820 veh/h) como en IMD (42 400 veh/día frente a 18 950 veh/día), lo que implica un incremento de más del 120 % en la demanda diaria. Esta diferencia se debe a la mayor densidad poblacional y concentración comercial en el entorno del nudo Salaverry–Elías Aguirre, que canaliza el tránsito de tres avenidas principales. Asimismo, el ciclo semafórico más largo (79 s frente a 70 s) responde a la necesidad de equilibrar los flujos y reducir la saturación en hora punta, evidenciando una condición de sobrecarga vial más severa que en Trujillo. El sustento técnico de este resultado se respalda en lo establecido por el *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018* [18] y el *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras* [17], que señalan la necesidad de obtener datos reales de flujo y de tiempo de ciclo para asegurar la eficiencia y seguridad del tránsito en intersecciones urbanas.

DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECIFICO 3

El tercer objetivo específico consistió en evaluar la demanda actual y proyectada del nudo vial Salaverry–Elías Aguirre y de sus vías alimentadoras. **Los** resultados mostraron que durante la hora crítica (07:00–08:00 h) el flujo total alcanzó 4 390 veh/h, siendo la avenida Lora y Lora la que concentró el mayor aporte con 43,5 % del total, seguida por José Leonardo Ortiz con 27,8 % y Salaverry con 28,7 %, identificándose así los accesos de mayor influencia en la demanda global del nudo. **Estos** resultados son consistentes con los hallazgos de Pereda y Montoya [7], quienes en la avenida América Sur de Trujillo analizaron la vía por tres tramos consecutivos, registrando un volumen promedio diario de 18 950 veh/día y un volumen hora pico de 1 724 veh/h en el tramo Prolongación César Vallejo–Av. Ricardo Palma, identificado como el sector más congestionado de la red y representativo de la mayor proporción del flujo total de la avenida con más del 50% de aporte de carga vehicular. **En** comparación con el estudio de Pereda y Montoya [7], los resultados obtenidos muestran flujos considerablemente mayores, con un volumen pico de 4 390 veh/h frente a 1 724 veh/h y una participación dominante de la avenida Lora y Lora con 43,5 % del total, frente al 50 % reportado en el tramo crítico de Trujillo. Esta diferencia se explica por la mayor concentración comercial y de transporte público en el entorno del nudo Salaverry–Elías Aguirre, donde confluyen tres vías principales, lo que incrementa la demanda y la complejidad operativa. Sin embargo, ambos estudios confirman la utilidad del enfoque sectorial para identificar los accesos críticos y orientar

estrategias de priorización vial. El sustento técnico de este análisis se respalda en lo establecido por el *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018* [18], que recomienda evaluar los accesos de intersecciones principales para determinar su jerarquía funcional, y por el *Traffic Flow Theory and Characteristics* de la *Federal Highway Administration* [16], que resalta la importancia de estudiar los flujos por dirección y hora para estimar la capacidad vial. Asimismo, la *Guía de Planificación del Tránsito* del *Instituto Nacional de Vías (INVIAS)* [23] y el *Highway Capacity Manual* [1] sustentan que el análisis por accesos constituye la base metodológica para el diagnóstico del comportamiento del tráfico urbano y la evaluación del nivel de servicio en intersecciones.

DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECIFICO 4

El cuarto objetivo específico consistió en determinar los niveles de servicio (LOS) de la circulación vehicular en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre y sus vías alimentadoras, aplicando la metodología del *Highway Capacity Manual* (HCM). Los resultados indicaron que los movimientos más exigidos corresponden al flujo recto desde Lora y Lora hacia José Leonardo Ortiz (1 007 veh/h), al movimiento recto desde José Leonardo Ortiz hacia Lora y Lora (890 veh/h) y al giro derecho desde Lora y Lora hacia Salaverry (849 veh/h). Los retardos promedio oscilaron entre 12.5 y 67.5 s/veh, clasificando la intersección con niveles de servicio C, E y B, lo que refleja una operación cercana o por debajo de la capacidad vial. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Mendoza y Mendoza [6], quienes en el Puente Grau de Arequipa aplicaron el HCM 2010 y obtuvieron niveles de servicio E y F con demoras superiores a 60 s/veh en los accesos de mayor flujo; de forma similar, Pereda y Montoya [7] en la avenida América Sur de Trujillo registraron niveles C, D y E en tramos con volúmenes de 1 724 veh/h durante la hora pico, confirmando que la saturación genera incrementos significativos en los tiempos de espera. En comparación con los estudios de Mendoza y Mendoza [6] y de Pereda y Montoya [7], los resultados del presente trabajo muestran niveles de servicio similares pero con mayores valores de retardo, alcanzando hasta 67.5 s/veh frente a los 60 s/veh registrados en Arequipa y menores flujos (1 007 veh/h frente a 1 724 veh/h) que en Trujillo. Esta diferencia se explica por la deficiente sincronización semafórica y la ocupación irregular de carriles en el nudo Salaverry–Elías Aguirre, factores que incrementan los tiempos de espera pese a manejar volúmenes comparativamente menores. Esto evidencia que la ineficiencia operacional en Chiclayo se origina más por

la gestión del tránsito que por la magnitud del flujo vehicular, confirmando la necesidad de optimizar fases y rediseñar los giros críticos para mejorar el desempeño global del cruce. El sustento técnico de este análisis se respalda en el *Highway Capacity Manual* [1], que define los niveles de servicio (A–F) según los retardos promedio por vehículo; en el *Traffic Flow Theory and Characteristics* de la *Federal Highway Administration* [16], que reconoce la relación volumen–capacidad (v/c) como principal indicador de desempeño; y en el *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018* [18] junto con el *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor* [17], los cuales establecen que la evaluación de la capacidad y del nivel de servicio constituye un criterio esencial para proponer mejoras operativas en intersecciones urbanas.

DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECIFICO 5

El quinto objetivo específico tuvo como propósito proponer un nuevo flujo vehicular, sincronización semafórica y aprovechamiento del espacio en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre, con el fin de mejorar la circulación vehicular. Los resultados del rediseño planteado mostraron que, mediante la redistribución del espacio vial y la reorganización de fases semafóricas, se logró una mayor eficiencia en la utilización del ancho de calzada y en la prioridad de los movimientos dominantes. En la avenida Salaverry se dispuso la ampliación funcional de dos a tres carriles en el tramo de ingreso al cruce, mientras que en la avenida José Leonardo Ortiz se incrementó el número de carriles de 2 a 3 en la aproximación principal, añadiéndose giros protegidos y fases diferenciadas para minimizar los conflictos entre flujos opuestos. La avenida Lora y Lora mantuvo tres carriles, pero se reconfiguró la longitud de almacenamiento para mejorar la descarga de colas y facilitar el flujo continuo. Asimismo, se diseñó un plan de desvío temporal para la implementación de las mejoras, estableciendo rutas alternas a través de la calle Pascual Saco Oliveros para los vehículos provenientes de José Leonardo Ortiz y por la calle Federico Villarreal para los que ingresan desde Lora y Lora, garantizando la continuidad del tránsito y la seguridad peatonal durante la ejecución de los trabajos. Estos planteamientos guardan relación directa con el antecedente de Quispe y Soto [5], quienes en Lima desarrollaron un rediseño geométrico en la avenida Eduardo de Habich, proponiendo la ampliación de 2 a 3 carriles por sentido con un ancho promedio de 3.30 m, la modificación de radios de giro de 12.5 a 18 m, la extensión de bahías de buses de 15 a 30 m, la reubicación de paraderos 25 m alejados del punto de conflicto y la

implementación de cuatro fases semafóricas en un ciclo base de 120 segundos. Además, los cruces peatonales fueron desplazados 8 m del borde de intersección, con el fin de reducir los puntos de conflicto y mejorar la seguridad y capacidad operacional. Ambos estudios coinciden en priorizar la optimización del espacio existente y la reorganización de movimientos como estrategias efectivas para aliviar la congestión vehicular en contextos urbanos densos. **En** comparación con el estudio de Quispe y Soto [5], el rediseño propuesto en el nudo Salaverry–Elías Aguirre presenta mejoras de menor escala física pero mayor eficiencia funcional, pues con una reconfiguración interna de carriles (de 2 a 3) y ajustes en la sincronización semafórica (ciclo de 79 s frente a 120 s en Lima) se lograron resultados equivalentes sin necesidad de ampliar la sección vial. Mientras en Habich las mejoras se basaron en ampliaciones estructurales y radios de giro mayores (12.5 a 18 m), en Chiclayo se optimizó el flujo mediante la redistribución del espacio existente y la asignación de fases diferenciadas, alcanzando una reducción del retardo promedio superior al 30 % y un uso más equilibrado del ancho de calzada, lo que demuestra una mayor eficiencia en contextos con limitaciones geométricas. **El** sustento de esta propuesta se apoya en el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 [18] y en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor [17], que establecen que las intersecciones deben optimizarse mediante la distribución racional del espacio vial y la programación de fases semafóricas en función de la jerarquía de flujos y la reducción de conflictos.

DISCUSIÓN DEL OBJETIVO ESPECIFICO 6

El sexto objetivo específico tuvo como finalidad evaluar la efectividad de las mejoras propuestas mediante simulaciones con software especializado, comparando los resultados obtenidos con el estado actual del tráfico en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre. **Los** resultados de la simulación realizada en el software SUMO mostraron una mejora significativa en la operación del cruce: la velocidad promedio de circulación aumentó de 5.15 m/s a 8.42 m/s, mientras que el retardo medio por vehículo se redujo de 24.77 s/veh a 12.7 s/veh, representando una disminución del 48 % en el tiempo de espera. Asimismo, los movimientos críticos que anteriormente operaban en niveles de servicio C y D pasaron a B, confirmando la eficiencia del rediseño geométrico y la optimización semafórica planteada. **Estos** resultados guardan coherencia con los hallazgos de Quispe y Soto [5], quienes, mediante el uso del software VISSIM, demostraron una reducción del 44 % en

colas y del 35 % en tiempos de viaje tras la aplicación de un rediseño vial similar en Lima, confirmando la utilidad de la simulación como herramienta de validación operativa. En comparación con el estudio de Quispe y Soto [5], los resultados obtenidos en esta investigación muestran una mejora operativa superior en términos porcentuales: una reducción del 48 % en el retardo promedio (de 24.77 a 12.70 s/veh) frente al 35 % alcanzado en Lima, y un aumento de velocidad del 39 % (de 5.15 a 8.42 m/s) frente al 15 % registrado en el antecedente. Esta diferencia favorable se explica por la implementación más eficiente del rediseño geométrico y la optimización semafórica, pese a que el nudo Salaverry–Elías Aguirre presenta mayor complejidad geométrica y un flujo superior a 4 000 veh/h. En ambos casos se confirma que la simulación digital constituye una herramienta precisa y replicable para validar la efectividad de propuestas de optimización vial bajo el enfoque HCM. El sustento técnico de este análisis se apoya en el *Traffic Analysis Tools Primer* de la *Federal Highway Administration* [28], que reconoce la simulación como un medio eficaz para evaluar estrategias de gestión del tránsito, así como en el *Highway Capacity Manual* [1], donde se establece que los modelos computacionales constituyen una herramienta complementaria para validar mejoras bajo condiciones de alta demanda vehicular. En conjunto, esta evaluación confirma que el uso del software SUMO es consistente con los lineamientos de la FHWA y el HCM, validando el rediseño propuesto como una alternativa eficiente, técnica y sostenible para optimizar la operación del nudo vial Salaverry–Elías Aguirre.

CONCLUSIONES

Se concluye que el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre opera bajo condiciones de saturación crítica, con un flujo máximo de 4 468 veh/h y un Índice Medio Diario (IMD) de 42 400 veh/día. El nivel de servicio determinado según el HCM fue D–F, con retardos promedio de 35 a 55 s/veh y grados de saturación de 0.94, confirmando congestión severa en hora punta. Los movimientos dominantes corresponden a Lora y Lora → J.L. Ortiz (43,5 % del total), seguidos por J.L. Ortiz → Lora y Lora (27,8 %) y Salaverry → Elías Aguirre (28,7 %). Las mejoras propuestas incluyeron la ampliación de la Av. Salaverry a tres carriles (dos generales y uno exclusivo para transporte público), la reconfiguración de J.L. Ortiz con tres carriles de ingreso, la sincronización semafórica ajustada a 90 s con fases diferenciadas y giros protegidos, la redistribución de flujos con desvíos de transporte pesado y la priorización del transporte público. En la simulación con SUMO, la velocidad promedio aumentó de 5.15 a 8.42 m/s, el retardo medio se redujo de 24.77 s/veh a 12.70 s/veh, y el nivel de servicio global mejoró de C–D a B, reduciendo las colas en 38 %, las demoras en 44 %, lo que confirma que las medidas de rediseño geométrico, semaforización optimizada y gestión de flujos mejoran de manera integral la operación y eficiencia del nudo vial.

Se concluye que el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre está conformado por las avenidas Salaverry, Lora y Lora, y José Leonardo Ortiz. La avenida Salaverry cuenta con dos carriles de 4.15 m, la avenida José Leonardo Ortiz con dos carriles de 4.05 m, y la avenida Lora y Lora con tres carriles de 3.3 m, sumando 9.9 m de ancho total. Solo Lora y Lora presenta un carril exclusivo con giro libre a la derecha hacia Salaverry; los demás giros se realizan sin fase protegida. Los radios de giro varían entre 8.0 y 10.5 m, y las longitudes de almacenamiento son insuficientes en tres accesos. Todas las avenidas presentan pendiente llana, sin afectación al flujo. Las veredas tienen 60 % de deterioro, y solo dos esquinas disponen de rampas, algunas fuera de norma. La señalización horizontal está desgastada en 90 % y la vertical es incompleta en tres accesos. El ciclo semafórico total es de 79 s, sin coordinación entre accesos. Se registraron paraderos informales a menos de 10 m del cruce y estacionamiento indebido que ocupa hasta 15 % del ancho útil de calzada. Finalmente, se identificaron diez vías alternas para el plan de desvío, entre ellas Las Moras, Arteaga, Villarreal, Saco, Elvira García, Francisco Cuneo, Iturregui, Grau, Vicente de la Vega y San Martín, con anchos de carril entre 3.0 y 5.0 m. En general, las

condiciones del inventario evidencian infraestructura deficiente y con bajo nivel operativo.

Se concluye que el análisis de flujo vehicular realizado en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre permitió identificar las variaciones horarias, los picos de demanda y la magnitud del tránsito promedio diario. La muestra representativa se obtuvo mediante grabaciones continuas de 24 horas durante siete días de abril de 2025, seleccionándose los días lunes 21, miércoles 9 y viernes 25 como más representativos. Los conteos demostraron que las franjas de mayor carga corresponden a los turnos de mañana (07:00–10:00 h), mediodía (11:00–14:00 h) y tarde (16:00–19:00 h), siendo la hora más crítica el viernes entre 07:00 y 08:00, con un flujo total de 4,390 veh/h. En dicha franja, la avenida Lora y Lora registró 1,886 veh/h, la avenida Salaverry 1,261 veh/h y la avenida José Leonardo Ortiz 1,243 veh/h, predominando los autos particulares (2,179) y mototaxis (897), seguidos por combis (666), motos lineales (387) y camionetas (201). En los cruces aledaños se evidenció una alta demanda complementaria: J.L. Ortiz con M.M. Izaga alcanzó 1,243 veh/h, Lora y Lora con San José 1,855 veh/h y Salaverry con Bernardo Alcedo 1,654 veh/h, lo que confirma la intensa interconexión del flujo vehicular en el área de influencia. El cálculo de la Intensidad Media Diaria (IMD), aplicando un factor de expansión de 9.5 conforme a las recomendaciones del HCM y el MTC, arrojó un valor de 42,446 vehículos por día, representando una demanda muy alta para un nudo urbano de su tipología. En cuanto a la operación semafórica, se verificó un ciclo total de 79 segundos, con tiempos verdes efectivos de 40 s en Salaverry y 35 s en Lora y Lora y José Leonardo Ortiz, lo que evidencia una sincronización parcial que no responde al nivel de flujo observado. Estos resultados demuestran que el nudo opera bajo una condición de sobrecarga vehicular constante, con intensidades superiores a 4,000 veh/h en hora punta y una distribución heterogénea entre accesos, lo que justifica la evaluación de la calidad operacional mediante el enfoque HCM y la propuesta de mejoras geométricas y semafóricas para optimizar el desempeño del cruce.

Se concluye que la evaluación de la demanda actual y proyectada en el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre permitió cuantificar con precisión la magnitud del tránsito y los efectos de las restricciones aplicadas. En la condición actual, el flujo máximo se registró el viernes entre las 07:00 y 08:00 h, con un total de 4,468 veh/h, distribuido en 1,886 veh/h (43,5 %) por la Av. Lora y Lora, 1,261 veh/h (28,7 %) por la Av. Salaverry y 1,243

veh/h (27,8 %) por la Av. José Leonardo Ortiz, confirmando que Lora y Lora concentra la mayor presión vehicular. En las vías alimentadoras, los aforos mostraron coherencia con los conteos del nudo: Salaverry–Bernardo Alcedo registró 1,654 veh/h, José Leonardo Ortiz–Manuel María Izaga 1,243 veh/h, y Lora y Lora–San José 1,855 veh/h, con diferencias menores al 2 % atribuibles a variaciones normales del tránsito. En la proyección de demanda, la aplicación de restricciones y desvíos vehiculares redujo significativamente los volúmenes: en José Leonardo Ortiz, el flujo pasó de 1,243 a 564 veh/h (–54,6 %); en Salaverry, de 1,261 a 720 veh/h (–42,9 %); y en Lora y Lora, de 1,886 a 892 veh/h (–52,7 %), evidenciándose una disminución total de 2,214 vehículos por hora, equivalente a un –50,4 % respecto al escenario actual. Los vehículos más afectados fueron los autos y mototaxis, reducidos en un 49,9 % y 100 % respectivamente, mientras que los vehículos de transporte público (combis, buses y motos lineales) se mantuvieron constantes, priorizando la movilidad colectiva y sostenible. De igual forma, las vías alimentadoras reflejaron reducciones proporcionales: Salaverry–Alcedo bajó de 1,654 a 947 veh/h (–42,9 %), J.L. Ortiz–Izaga de 1,243 a 564 veh/h (–54,6 %) y Lora y Lora–San José de 1,855 a 877 veh/h (–52,7 %), confirmando la consistencia de los escenarios. En síntesis, los resultados evidencian que la demanda vehicular del nudo y su entorno se reduciría en aproximadamente la mitad (50 %) mediante la implementación del plan de desvíos y restricciones, lo que representa un impacto positivo en la descongestión del sistema vial urbano y la mejora del nivel de servicio general bajo el enfoque del Highway Capacity Manual (HCM).

Se concluye que el análisis de los niveles de servicio en el nudo Salaverry–Elías Aguirre determinó un flujo total ajustado de 5,292 veh/h, con predominio de la aproximación norte (Lora y Lora) que concentró los movimientos más cargados: Lora y Lora → J.L. Ortiz (1,007 veh/h), J.L. Ortiz → Lora y Lora (890 veh/h) y Lora y Lora → Salaverry (849 veh/h). Los niveles de servicio individuales mostraron resultados variables: B para el giro derecho de Lora y Lora, C para los movimientos rectos de Lora y Lora y Salaverry, D para los giros izquierdos de Salaverry y J.L. Ortiz, y E para el movimiento recto de J.L. Ortiz. Por aproximación, Lora y Lora presentó un retardo promedio de 21.96 s/veh (LOS C), Salaverry 33.20 s/veh (LOS C) y José Leonardo Ortiz 55.77 s/veh (LOS D). El retardo global de la intersección fue de 36.21 s/veh, equivalente a un Nivel de Servicio D, reflejando condiciones de saturación moderada y confirmando la necesidad de ajustes geométricos y semafóricos para mejorar la eficiencia del flujo vehicular.

Se concluye que las propuestas de mejora para el nudo vial Salaverry–Elías Aguirre se orientan a optimizar la capacidad vehicular, reducir los conflictos de circulación y mejorar la seguridad peatonal mediante intervenciones geométricas, operativas y semafóricas sin necesidad de ampliaciones estructurales mayores. En la avenida Salaverry se proyectó reducir 2.5 m de vereda (de 7.5 a 5.0 m) para ampliar la calzada de 8.30 a 10.80 m y conformar tres carriles (dos de 3.50 m y uno de 3.80 m exclusivo para transporte público), mientras que en la avenida José Leonardo Ortiz se redistribuye el espacio para disponer de tres carriles de 9.60 m en el sentido de llegada al cruce, manteniendo dos carriles de 3.30 m en el sentido opuesto; la avenida Lora y Lora conserva su configuración por tener capacidad suficiente. Se implementan desvíos diferenciados según origen y destino, priorizando combis, buses y motos lineales y restringiendo autos, mototaxis, camionetas y vehículos de carga durante horas pico, mediante rutas como Bernardo Alcedo–Arteaga–Villarreal–Elvira García–J.L. Ortiz o Cuneo–Villarreal–Salaverry, entre otras. Además, se mantiene el ciclo semafórico de 79 s pero se añaden luces verdes permanentes en los carriles exclusivos de Salaverry y J.L. Ortiz, reduciendo demoras sin alterar el ciclo. Estas acciones, técnicamente y legalmente viables según la Municipalidad Provincial de Chiclayo, se aplicarán en las franjas de 6:00–9:00, 11:00–14:00 y 16:00–19:00 h, logrando una disminución significativa de la congestión, priorización del transporte público y mejora integral de la eficiencia vial conforme al enfoque del HCM.

Se concluye que la simulación en el software SUMO validó la efectividad de las mejoras aplicadas en el nudo Salaverry–Elías Aguirre. En el escenario actual, la velocidad promedio fue 5.15 m/s y la demora general 24.77 s/veh, siendo el movimiento J.L. Ortiz → Lora y Lora el más congestionado con 33.59 s/veh. En el escenario con mejoras, la velocidad promedio aumentó a 8.42 m/s y la demora se redujo a 12.70 s/veh, con disminuciones de 30,3 % en Salaverry → Elías Aguirre, 40,3 % en Lora y Lora → J.L. Ortiz y 66,8 % en J.L. Ortiz → Lora y Lora. Según el HCM 2016, el nivel de servicio mejoró de D-E a B-C, confirmando que las medidas de rediseño, desvíos y sincronización semafórica reducen las demoras casi a la mitad y aumentan significativamente la eficiencia del nudo vial.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Chiclayo y a la Gerencia de Tránsito implementar un programa integral de mantenimiento y señalización vial en el nudo Salaverry–Elías Aguirre, priorizando la reposición del 65 % de la señalización horizontal desgastada y la instalación de islas direccionales y elementos canalizadores en los accesos principales. Esta acción permitirá mejorar la percepción visual del conductor, reducir conflictos de maniobra y restablecer la seguridad peatonal en el entorno urbano inmediato.

Es recomendable optimizar el sistema semafórico existente mediante la instalación de controladores programables y la sincronización adaptativa entre los cruces de las avenidas Salaverry, Lora y Lora y José Leonardo Ortiz, ajustando los tiempos de ciclo y de verde efectivo según la demanda en tiempo real. Con esta medida se podrían reducir las demoras promedio en más del 30 % y evitar colas que actualmente superan los 80 metros durante la hora pico.

Se sugiere aplicar las medidas de rediseño geométrico planteadas en la investigación, las cuales contemplan la ampliación de la avenida Salaverry a tres carriles operativos, la habilitación de carriles exclusivos para transporte público y la canalización de giros conflictivos. Estas acciones permitirán aumentar la capacidad del cruce en un 27 % y mejorar el nivel de servicio de E a C, sin necesidad de intervenciones de alto costo ni ampliaciones estructurales mayores.

Se recomienda la implementación de un sistema de fiscalización permanente en los accesos al nudo vial, a fin de controlar la ocupación indebida de carriles por parte de transporte informal y vehículos estacionados. La coordinación entre la policía de tránsito y el área de transporte municipal será esencial para garantizar la continuidad del flujo vehicular y la sostenibilidad de las mejoras operativas.

Asimismo, se propone incorporar tecnologías de conteo y monitoreo vehicular mediante cámaras y sensores conectados a una central de control, siguiendo las recomendaciones del enfoque de Ciudades Inteligentes (ITS). Esta medida permitirá recopilar datos continuos de flujo, velocidad y retardo, facilitando la toma de decisiones y la programación automática de semáforos en función de la demanda real.

Finalmente, se recomienda que los resultados del presente estudio sirvan como modelo técnico de referencia para futuras investigaciones y rediseños de intersecciones críticas en Chiclayo. Se sugiere aplicar la metodología HCM combinada con simulaciones en software libre como SUMO en los cruces de las avenidas Balta, Bolognesi y Sáenz Peña, con el fin de replicar el análisis, validar resultados y consolidar una red de movilidad urbana eficiente y sostenible.

REFERENCIAS

- [1] Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, 6th ed., Washington, D.C., 2016.
- [2] Plan Regulador de Rutas de Transporte Urbano de la Provincia de Chiclayo, Tomo I: Diagnóstico, Municipalidad Provincial de Chiclayo, Chiclayo, Perú, 2017.
- [3] A. Musa, S. I. Malami, F. Alanazi, W. Ounaies, M. Alshammari, y S. I. Haruna, "Sustainable Traffic Management for Smart Cities Using Internet-of-Things-Oriented Intelligent Transportation Systems (ITS): Challenges and Recommendations," Sustainability, vol. 15, no. 9859, pp. 1-15, Jun. 2023.
- [4] Baghestani, M. Tayarani, M. Allahviranloo, y H. O. Gao, "Evaluating the Traffic and Emissions Impacts of Congestion Pricing in New York City," Sustainability, vol. 12, no. 3655, pp. 1-17, May 2020.
- [5] D. D. Quispe Vilca y W. E. Soto Sánchez, "Rediseño Vial y Microsimulación de la Avenida Eduardo de Habich entre las Calles Michael Fort y Charles Sutton," Tesis de grado, Univ. Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2019.
- [6] J. Mendoza Condori y C. J. Mendoza Condori, "Análisis del Flujo Vehicular y los Niveles de Servicio en el Puente Grau y sus Vías Aledañas en la Ciudad de Arequipa – 2019," Tesis de grado, Univ. Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú, 2020.
- [7] P. Pereda Rondón y M. A. Montoya Salas, "Estudio y Optimización de la Red Vial Avenida América Sur, Tramo Prolongación César Vallejo – Avenida Ricardo Palma, Trujillo," Tesis de grado, Univ. Nacional de Trujillo, La Libertad, Perú, 2018.
- [8] R. Fernández Irigoín y T. N. Ticlla Ríos, "Análisis de la Condición de Transitabilidad y Nivel de Intervención de las Carreteras del Distrito de Chota," Tesis de grado, Univ. Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2020.
- [9] Fernadnes y Rengifo

- [10] J. M. Condori y R. E. Zúñiga, "Análisis Comparativo del Método HCM 2010 y MTC 2018 del Flujo Vehicular, Intersección Av. Leguía y Panamericana Norte, Chiclayo-2022," Tesis de grado, Univ. Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2022.
- [11] M. Nureña Díaz, "Evaluación y Propuestas para Mitigar la Congestión Vehicular en la Avenida Sáenz Peña, Distrito de Chiclayo 2019," Tesis de grado, Univ. Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2021. • [26] T. A. Rodríguez Ramírez, "Evaluación del Tránsito y Propuesta para Disminuir la Congestión Vehicular en el Entorno de la Avenida Salaverry," Tesis de grado, Univ. Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2023.
- [12] T. A. Rodríguez Ramírez, "**Evaluación del Tránsito y Propuesta para Disminuir la Congestión Vehicular en el Entorno de la Avenida Salaverry,**" Tesis de grado, Univ. Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2023.
- [13] L. A. Acosta Ordoñez, "Propuesta Vial para Mejorar la Transitabilidad Vehicular en la Intersección de las Avenidas Prolongación Francisco Bolognesi y José Leonardo Ortiz en la Provincia de Chiclayo," Tesis de grado, Univ. Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2020.
- [14] L Mendoza
- [15] Transportation Research Board (TRB), Traffic Flow Theory: A State-of-the-Art Report – Committee on Traffic Flow Theory and Characteristics (AHB45), Washington, D.C., 2016.
- [16] Federal Highway Administration (FHWA), Traffic Flow Theory and Characteristics, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., 2017.
- [17] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Resolución Directoral N.º 16-2016-MTC/14, Lima, Perú, 2016.
- [18] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, Lima, Perú, 2018.
- [19] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th ed., Washington, D.C., 2018.

- [20] Transportation Research Board (TRB), Highway Capacity Manual (HCM), 6th ed., Washington, D.C., 2016.
- [21] Federal Highway Administration (FHWA), Traffic Analysis Toolbox Volume II: Decision Support Methodology for Selecting Traffic Analysis Tools, Washington, D.C., 2004.
- [22] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Traffic Engineering Handbook, 7th ed., Washington, D.C., 2016.
- [23] Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Guía de Planificación del Tránsito, Bogotá, Colombia, 2014.
- [24] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor, Lima, Perú, 2016.
- [25] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Guía Metodológica para la Planificación del Transporte Urbano Sostenible, Santiago de Chile, 2019.
- [26] German Aerospace Center (DLR), Simulation of Urban Mobility (SUMO) User Documentation, Cologne, Germany, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.eclipse.org/sumo/>
- [27] Krajzewicz, D., Erdmann, J., Behrisch, M., and Bieker, L., “Recent Development and Applications of SUMO – Simulation of Urban MObility,” International Journal on Advances in Systems and Measurements, vol. 5, no. 3–4, pp. 128–138, 2012.
- [28] Federal Highway Administration (FHWA), Traffic Analysis Tools Primer, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., 2018.
- [29] European Commission, Intelligent Transport Systems (ITS) Action Plan and Directive 2010/40/EU, Brussels, Belgium, 2010.
- [30] Organización Mundial de la Salud (OMS), Informe sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial 2018, Ginebra, Suiza, 2018.
- [31] Organización Mundial de la Salud (OMS), Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021–2030, Ginebra, Suiza, 2021.
- [32] Organización de las Naciones Unidas (ONU), Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021–2030, Nueva York, EE. UU., 2021.

- [33] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2022–2030, Lima, Perú, 2022.
- [34] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Reglamento Nacional de Tránsito – Código de Tránsito, Decreto Supremo N.º 016-2009-MTC, Lima, Perú, 2009.
- [35] Congreso de la República del Perú, Ley Orgánica de Municipalidades N.º 27972, Lima, Perú, 2003.
- [36] Policía Nacional del Perú (PNP), Manual de Tránsito y Seguridad Vial, Lima, Perú, 2020.
- [37] Federal Highway Administration (FHWA), Advancing Transportation Systems Management and Operations (TSMO), Washington, D.C., 2019.
- [38] Municipalidad Provincial de Chiclayo (MPCh), Ordenanzas Municipales sobre Tránsito y Transporte Urbano 2018–2023, Chiclayo, Perú, 2023.
- [39] Plan Regulador de Rutas de Transporte Urbano de la Provincia de Chiclayo, Tomo I: Diagnóstico, Municipalidad Provincial de Chiclayo, Chiclayo, Perú, 2017.
- [40] Plan Regulador de Rutas de Transporte Urbano de la Provincia de Chiclayo, Tomo II: Propuesta, Municipalidad Provincial de Chiclayo, Chiclayo, Perú, 2017.
- [41] OCDE, "Urban Mobility: Challenges and Opportunities", OECD Publishing, 2021.
- [42] Asociación Automotriz del Perú, "Ranking de Congestión Vehicular Enero 2024", AAP, Lima, Perú, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://aap.org.pe/observatorio-aap/ranking-de-congestion-vehicular-enero2024/ranking-de-congestion-vehicular-enero2024.pdf>
- [43] TomTom, TomTom Traffic Index 2023: Delhi Traffic Report, Ámsterdam, Países Bajos: TomTom International B.V., 2023. Disponible en: <https://www.tomtom.com/traffic-index/>

ANEXOS

- **CONFORMIDAD DE ASESOR**



CONFORMIDAD DE ASESOR
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Chiclayo, 30 de octubre del 2025.

Sr.

López Carranza, Atilio Rubén
Escuela Profesional de Ingeniería Civil - USAT
Presente.

Le expreso mi saludo y en mi condición de asesor doy mi **CONFORMIDAD** a la tesis titulada:
“Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry - Elías Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo”.

presentado por el estudiante **Velasquez Lucanas Renatto Stephano** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, de esta manera se cumple con uno de los requisitos para su pase a sustentación del informe de tesis de acuerdo con el art.32 de reglamento de elaboración y sustentación del trabajo de investigación para optar el título profesional.

Atentamente.



Ms. Roberto Carlos Castillo Velarde
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 67640

Mtro. Ing. Roberto Carlos Castillo Velarde

Docente Asesor

• ANEXO N°1: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°1				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 00:00 hasta las 01:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
00:00	00:01	8	8	11
00:01	00:02	8	3	13
00:02	00:03	10	6	6
00:03	00:04	4	4	3
00:04	00:05	5	5	7
00:05	00:06	5	4	6
00:06	00:07	6	6	5
00:07	00:08	3	9	3
00:08	00:09	10	2	15
00:09	00:10	12	5	8
00:10	00:11	9	12	9
00:11	00:12	11	5	4
00:12	00:13	6	3	7
00:13	00:14	6	3	11
00:14	00:15	3	4	3
00:15	00:16	3	3	5
00:16	00:17	4	2	8
00:17	00:18	4	5	6
00:18	00:19	3	2	5
00:19	00:20	1	5	5
00:20	00:21	6	6	15
00:21	00:22	7	3	8
00:22	00:23	5	5	7
00:23	00:24	4	8	7
00:24	00:25	13	1	7
00:25	00:26	10	4	8
00:26	00:27	6	7	5
00:27	00:28	0	3	5
00:28	00:29	6	4	14
00:29	00:30	9	2	5
00:30	00:31	5	1	7
00:31	00:32	5	0	2
00:32	00:33	3	0	9
00:33	00:34	3	3	3
00:34	00:35	3	6	4
00:35	00:36	2	5	6
00:36	00:37	3	6	17
00:37	00:38	3	1	4
00:38	00:39	2	6	6
00:39	00:40	4	4	2
00:40	00:41	9	2	4
00:41	00:42	6	0	6
00:42	00:43	3	1	7
00:43	00:44	3	5	0
00:44	00:45	5	3	7
00:45	00:46	5	1	2
00:46	00:47	5	2	3
00:47	00:48	1	2	1
00:48	00:49	8	4	5
00:49	00:50	4	1	8
00:50	00:51	5	7	2
00:51	00:52	1	2	2
00:52	00:53	3	4	7
00:53	00:54	2	0	2
00:54	00:55	5	8	3
00:55	00:56	1	4	8
00:56	00:57	4	4	5
00:57	00:58	0	5	7
00:58	00:59	2	9	2
00:59	01:00	2	2	2

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	364 veh/hr
Av. Salaverry	294 veh/hr
Av. Lora y Lora	237 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
895	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°2: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°2				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 01:00 hasta las 02:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
01:00	01:01	5	2	6
01:01	01:02	1	0	1
01:02	01:03	3	2	6
01:03	01:04	1	1	3
01:04	01:05	3	2	8
01:05	01:06	7	2	10
01:06	01:07	3	3	4
01:07	01:08	1	5	5
01:08	01:09	7	2	2
01:09	01:10	5	0	1
01:10	01:11	2	3	8
01:11	01:12	1	1	1
01:12	01:13	9	2	6
01:13	01:14	5	1	2
01:14	01:15	1	5	4
01:15	01:16	5	3	2
01:16	01:17	2	1	5
01:17	01:18	5	0	5
01:18	01:19	0	1	6
01:19	01:20	1	1	5
01:20	01:21	3	2	2
01:21	01:22	1	1	6
01:22	01:23	2	7	8
01:23	01:24	1	5	6
01:24	01:25	6	2	3
01:25	01:26	2	1	3
01:26	01:27	4	1	3
01:27	01:28	2	3	1
01:28	01:29	9	1	3
01:29	01:30	8	2	4
01:30	01:31	3	6	1
01:31	01:32	1	5	2
01:32	01:33	12	2	4
01:33	01:34	7	1	4
01:34	01:35	5	1	1
01:35	01:36	3	1	6
01:36	01:37	6	1	6
01:37	01:38	8	0	7
01:38	01:39	4	2	10
01:39	01:40	0	1	4
01:40	01:41	5	3	8
01:41	01:42	5	0	4
01:42	01:43	3	2	6
01:43	01:44	2	0	3
01:44	01:45	4	0	4
01:45	01:46	3	1	4
01:46	01:47	4	2	3
01:47	01:48	3	2	5
01:48	01:49	7	2	3
01:49	01:50	5	0	5
01:50	01:51	1	0	2
01:51	01:52	2	4	2
01:52	01:53	1	1	8
01:53	01:54	3	1	3
01:54	01:55	2	4	1
01:55	01:56	7	5	4
01:56	01:57	1	3	1
01:57	01:58	1	1	6
01:58	01:59	3	2	3
01:59	02:00	0	1	2

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	251 veh/hr
Av. Salaverry	216 veh/hr
Av. Lora y Lora	116 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
583	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°3: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°3				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 02:00 hasta las 03:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
02:00	02:01	3	0	0
02:01	02:02	3	3	3
02:02	02:03	1	2	7
02:03	02:04	3	5	1
02:04	02:05	3	1	2
02:05	02:06	2	1	3
02:06	02:07	2	1	1
02:07	02:08	1	1	4
02:08	02:09	5	0	3
02:09	02:10	2	1	5
02:10	02:11	2	1	6
02:11	02:12	5	3	5
02:12	02:13	2	1	2
02:13	02:14	1	0	1
02:14	02:15	2	0	3
02:15	02:16	4	1	1
02:16	02:17	6	1	5
02:17	02:18	2	0	4
02:18	02:19	4	5	0
02:19	02:20	2	0	6
02:20	02:21	2	5	5
02:21	02:22	2	2	5
02:22	02:23	1	6	0
02:23	02:24	3	3	2
02:24	02:25	2	0	3
02:25	02:26	6	2	1
02:26	02:27	3	3	0
02:27	02:28	3	3	4
02:28	02:29	4	0	0
02:29	02:30	3	1	6
02:30	02:31	2	4	7
02:31	02:32	1	1	4
02:32	02:33	6	1	2
02:33	02:34	3	0	4
02:34	02:35	4	0	1
02:35	02:36	3	2	2
02:36	02:37	1	0	7
02:37	02:38	8	3	3
02:38	02:39	3	0	3
02:39	02:40	5	2	5
02:40	02:41	2	2	3
02:41	02:42	3	0	5
02:42	02:43	3	0	1
02:43	02:44	2	4	4
02:44	02:45	5	1	3
02:45	02:46	3	0	2
02:46	02:47	2	2	4
02:47	02:48	1	2	3
02:48	02:49	7	0	5
02:49	02:50	5	1	1
02:50	02:51	7	2	0
02:51	02:52	8	4	1
02:52	02:53	3	0	4
02:53	02:54	2	3	3
02:54	02:55	2	2	1
02:55	02:56	3	1	3
02:56	02:57	5	0	3
02:57	02:58	4	1	1
02:58	02:59	3	2	2
02:59	03:00	1	2	2

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	
177	veh/hr
Av. Salaverry	
191	veh/hr
Av. Lora y Lora	
94	veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
462	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• **ANEXO N°4: FICHA DE CONTEO VEHICULAR**

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°4				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 03:00 hasta las 04:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
03:00	03:01	4	1	2
03:01	03:02	7	1	5
03:02	03:03	1	1	0
03:03	03:04	2	1	0
03:04	03:05	3	0	7
03:05	03:06	3	0	4
03:06	03:07	1	3	4
03:07	03:08	3	2	1
03:08	03:09	1	1	5
03:09	03:10	3	2	1
03:10	03:11	1	1	3
03:11	03:12	1	2	2
03:12	03:13	0	0	3
03:13	03:14	0	0	2
03:14	03:15	3	1	3
03:15	03:16	1	1	2
03:16	03:17	5	2	0
03:17	03:18	4	1	3
03:18	03:19	6	1	5
03:19	03:20	1	2	2
03:20	03:21	3	1	3
03:21	03:22	4	0	6
03:22	03:23	1	1	6
03:23	03:24	0	1	2
03:24	03:25	6	2	3
03:25	03:26	2	2	2
03:26	03:27	4	1	4
03:27	03:28	3	2	4
03:28	03:29	4	0	4
03:29	03:30	2	1	1
03:30	03:31	2	1	2
03:31	03:32	2	1	1
03:32	03:33	3	1	3
03:33	03:34	2	1	3
03:34	03:35	2	2	4
03:35	03:36	2	1	2
03:36	03:37	6	2	1
03:37	03:38	3	0	3
03:38	03:39	4	4	1
03:39	03:40	0	1	1
03:40	03:41	5	0	0
03:41	03:42	4	1	2
03:42	03:43	4	0	0
03:43	03:44	0	1	4
03:44	03:45	4	1	3
03:45	03:46	2	2	1
03:46	03:47	2	2	1
03:47	03:48	5	1	1
03:48	03:49	7	3	4
03:49	03:50	2	2	4
03:50	03:51	2	3	5
03:51	03:52	0	3	3
03:52	03:53	5	0	4
03:53	03:54	3	2	4
03:54	03:55	1	3	5
03:55	03:56	3	2	2
03:56	03:57	3	0	3
03:57	03:58	4	0	3
03:58	03:59	3	2	3
03:59	04:00	3	1	1

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	163 veh/hr
Av. Salaverry	167 veh/hr
Av. Lora y Lora	77 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
407	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°5: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°5				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 04:00 hasta las 05:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
04:00	04:01	2	0	3
04:01	04:02	1	2	3
04:02	04:03	2	3	5
04:03	04:04	2	1	4
04:04	04:05	1	3	3
04:05	04:06	0	2	1
04:06	04:07	2	1	3
04:07	04:08	2	2	0
04:08	04:09	4	3	2
04:09	04:10	5	1	6
04:10	04:11	3	0	3
04:11	04:12	3	0	2
04:12	04:13	1	1	2
04:13	04:14	3	1	6
04:14	04:15	0	0	2
04:15	04:16	2	0	5
04:16	04:17	4	5	2
04:17	04:18	5	0	3
04:18	04:19	2	1	4
04:19	04:20	2	7	3
04:20	04:21	4	4	2
04:21	04:22	1	1	2
04:22	04:23	4	2	2
04:23	04:24	3	3	4
04:24	04:25	4	1	2
04:25	04:26	6	3	2
04:26	04:27	3	2	2
04:27	04:28	3	6	1
04:28	04:29	4	1	4
04:29	04:30	2	5	3
04:30	04:31	3	1	5
04:31	04:32	2	3	1
04:32	04:33	2	2	6
04:33	04:34	4	0	6
04:34	04:35	1	4	0
04:35	04:36	5	4	2
04:36	04:37	9	1	4
04:37	04:38	4	2	5
04:38	04:39	3	1	3
04:39	04:40	5	4	4
04:40	04:41	8	3	4
04:41	04:42	8	0	3
04:42	04:43	4	1	4
04:43	04:44	6	5	2
04:44	04:45	7	3	9
04:45	04:46	5	2	5
04:46	04:47	0	0	11
04:47	04:48	2	2	1
04:48	04:49	8	1	4
04:49	04:50	6	4	7
04:50	04:51	5	4	4
04:51	04:52	3	2	4
04:52	04:53	6	4	0
04:53	04:54	5	1	9
04:54	04:55	4	6	3
04:55	04:56	1	1	5
04:56	04:57	7	5	3
04:57	04:58	11	3	9
04:58	04:59	4	6	4
04:59	05:00	3	3	9

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	222 veh/hr
Av. Salaverry	221 veh/hr
Av. Lora y Lora	139 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
582	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°6: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°6				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 05:00 hasta las 06:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
05:00	05:01	3	2	4
05:01	05:02	6	1	12
05:02	05:03	3	3	3
05:03	05:04	1	0	1
05:04	05:05	8	2	1
05:05	05:06	5	2	3
05:06	05:07	2	4	3
05:07	05:08	0	4	1
05:08	05:09	6	2	5
05:09	05:10	9	1	8
05:10	05:11	6	4	1
05:11	05:12	2	7	5
05:12	05:13	9	1	9
05:13	05:14	3	2	6
05:14	05:15	8	4	3
05:15	05:16	3	4	4
05:16	05:17	11	2	3
05:17	05:18	4	0	3
05:18	05:19	8	5	5
05:19	05:20	2	5	2
05:20	05:21	7	6	6
05:21	05:22	6	2	6
05:22	05:23	8	2	6
05:23	05:24	3	7	5
05:24	05:25	1	3	8
05:25	05:26	12	4	1
05:26	05:27	2	1	3
05:27	05:28	2	0	3
05:28	05:29	9	5	3
05:29	05:30	7	1	7
05:30	05:31	4	5	8
05:31	05:32	1	6	2
05:32	05:33	12	7	4
05:33	05:34	10	2	5
05:34	05:35	4	5	9
05:35	05:36	0	7	3
05:36	05:37	10	2	8
05:37	05:38	8	4	8
05:38	05:39	7	4	6
05:39	05:40	3	8	4
05:40	05:41	6	3	9
05:41	05:42	7	2	8
05:42	05:43	6	5	8
05:43	05:44	3	6	6
05:44	05:45	10	3	11
05:45	05:46	6	2	3
05:46	05:47	6	12	6
05:47	05:48	2	11	4
05:48	05:49	9	6	8
05:49	05:50	7	2	13
05:50	05:51	4	8	6
05:51	05:52	4	6	3
05:52	05:53	6	6	6
05:53	05:54	8	6	10
05:54	05:55	7	5	7
05:55	05:56	4	5	9
05:56	05:57	12	2	8
05:57	05:58	11	6	18
05:58	05:59	10	5	11
05:59	06:00	2	8	1

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	342 veh/hr
Av. Salaverry	345 veh/hr
Av. Lora y Lora	245 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
932	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°7: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°7				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 06:00 hasta las 07:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
06:00	06:01	12	10	14
06:01	06:02	15	4	8
06:02	06:03	14	5	10
06:03	06:04	7	12	5
06:04	06:05	8	6	12
06:05	06:06	11	7	12
06:06	06:07	10	6	5
06:07	06:08	5	9	6
06:08	06:09	17	5	6
06:09	06:10	14	6	17
06:10	06:11	9	8	9
06:11	06:12	4	7	9
06:12	06:13	13	7	7
06:13	06:14	7	7	12
06:14	06:15	5	16	5
06:15	06:16	3	10	8
06:16	06:17	24	3	21
06:17	06:18	17	9	7
06:18	06:19	10	17	8
06:19	06:20	3	17	9
06:20	06:21	14	7	14
06:21	06:22	10	5	14
06:22	06:23	4	14	9
06:23	06:24	11	12	5
06:24	06:25	25	8	16
06:25	06:26	16	9	15
06:26	06:27	7	23	8
06:27	06:28	8	10	10
06:28	06:29	19	5	15
06:29	06:30	19	11	24
06:30	06:31	10	16	8
06:31	06:32	11	15	9
06:32	06:33	18	7	18
06:33	06:34	11	10	25
06:34	06:35	9	17	12
06:35	06:36	5	17	10
06:36	06:37	27	7	12
06:37	06:38	18	7	18
06:38	06:39	13	20	9
06:39	06:40	13	17	11
06:40	06:41	26	10	21
06:41	06:42	15	10	25
06:42	06:43	10	26	23
06:43	06:44	22	24	23
06:44	06:45	29	12	17
06:45	06:46	28	7	20
06:46	06:47	11	24	26
06:47	06:48	22	21	13
06:48	06:49	28	8	25
06:49	06:50	28	16	32
06:50	06:51	21	22	21
06:51	06:52	22	20	23
06:52	06:53	19	11	25
06:53	06:54	27	18	31
06:54	06:55	10	27	16
06:55	06:56	19	21	21
06:56	06:57	29	17	22
06:57	06:58	22	16	28
06:58	06:59	14	29	20
06:59	07:00	20	27	19

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	903 veh/hr
Av. Salaverry	898 veh/hr
Av. Lora y Lora	774 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
2575	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°8: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°8				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 07:00 hasta las 08:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
07:00	07:01	31	5	38
07:01	07:02	24	8	41
07:02	07:03	15	21	32
07:03	07:04	19	25	27
07:04	07:05	36	11	32
07:05	07:06	29	25	45
07:06	07:07	24	22	31
07:07	07:08	6	29	35
07:08	07:09	28	14	31
07:09	07:10	4	33	18
07:10	07:11	17	29	27
07:11	07:12	26	26	29
07:12	07:13	30	16	46
07:13	07:14	25	16	45
07:14	07:15	9	37	27
07:15	07:16	19	28	25
07:16	07:17	27	14	36
07:17	07:18	22	27	40
07:18	07:19	13	31	24
07:19	07:20	13	24	26
07:20	07:21	31	14	45
07:21	07:22	21	22	43
07:22	07:23	10	24	29
07:23	07:24	21	19	30
07:24	07:25	23	10	45
07:25	07:26	30	18	32
07:26	07:27	6	29	21
07:27	07:28	17	23	26
07:28	07:29	20	16	40
07:29	07:30	27	27	32
07:30	07:31	11	26	37
07:31	07:32	21	22	27
07:32	07:33	26	10	44
07:33	07:34	24	15	38
07:34	07:35	10	30	16
07:35	07:36	15	26	24
07:36	07:37	21	10	40
07:37	07:38	18	22	39
07:38	07:39	13	20	18
07:39	07:40	10	20	25
07:40	07:41	23	8	42
07:41	07:42	22	22	35
07:42	07:43	14	24	26
07:43	07:44	13	16	19
07:44	07:45	26	14	39
07:45	07:46	28	19	38
07:46	07:47	14	28	21
07:47	07:48	24	20	28
07:48	07:49	19	10	40
07:49	07:50	21	18	43
07:50	07:51	18	26	33
07:51	07:52	22	20	12
07:52	07:53	11	26	40
07:53	07:54	23	20	44
07:54	07:55	7	22	27
07:55	07:56	16	21	19
07:56	07:57	28	16	33
07:57	07:58	17	17	52
07:58	07:59	10	22	32
07:59	08:00	23	18	36

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1965 veh/hr
Av. Salaverry	1171 veh/hr
Av. Lora y Lora	1231 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
4367	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°9: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°9				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 08:00 hasta las 09:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
08:00	08:01	19	15	30
08:01	08:02	16	20	39
08:02	08:03	17	28	26
08:03	08:04	21	24	28
08:04	08:05	29	8	34
08:05	08:06	21	18	37
08:06	08:07	19	27	16
08:07	08:08	24	25	20
08:08	08:09	22	8	42
08:09	08:10	27	21	40
08:10	08:11	8	20	14
08:11	08:12	10	23	44
08:12	08:13	29	13	32
08:13	08:14	17	18	44
08:14	08:15	12	30	22
08:15	08:16	16	21	18
08:16	08:17	22	12	36
08:17	08:18	20	15	31
08:18	08:19	15	25	20
08:19	08:20	18	23	18
08:20	08:21	27	15	38
08:21	08:22	18	18	43
08:22	08:23	14	27	20
08:23	08:24	19	19	17
08:24	08:25	24	14	37
08:25	08:26	13	21	37
08:26	08:27	16	19	15
08:27	08:28	19	20	24
08:28	08:29	25	13	28
08:29	08:30	22	22	36
08:30	08:31	17	26	15
08:31	08:32	16	18	32
08:32	08:33	18	10	37
08:33	08:34	17	26	41
08:34	08:35	11	24	17
08:35	08:36	21	20	31
08:36	08:37	26	12	27
08:37	08:38	27	18	36
08:38	08:39	15	24	19
08:39	08:40	21	26	17
08:40	08:41	19	29	30
08:41	08:42	17	17	35
08:42	08:43	17	27	27
08:43	08:44	21	20	14
08:44	08:45	20	13	34
08:45	08:46	15	18	33
08:46	08:47	13	26	25
08:47	08:48	23	18	21
08:48	08:49	19	11	26
08:49	08:50	22	20	35
08:50	08:51	10	26	11
08:51	08:52	17	20	19
08:52	08:53	24	16	41
08:53	08:54	22	19	27
08:54	08:55	18	22	22
08:55	08:56	18	26	23
08:56	08:57	27	15	30
08:57	08:58	17	25	31
08:58	08:59	16	27	20
08:59	09:00	18	23	25

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1687 veh/hr
Av. Salaverry	1141 veh/hr
Av. Lora y Lora	1204 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
4032	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°10: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°10				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 09:00 hasta las 10:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
09:00	09:01	16	14	31
09:01	09:02	18	14	34
09:02	09:03	14	29	20
09:03	09:04	17	23	23
09:04	09:05	21	11	36
09:05	09:06	22	19	39
09:06	09:07	15	30	28
09:07	09:08	21	16	21
09:08	09:09	25	7	21
09:09	09:10	18	20	32
09:10	09:11	7	28	25
09:11	09:12	13	23	20
09:12	09:13	20	17	27
09:13	09:14	17	19	34
09:14	09:15	19	25	13
09:15	09:16	18	24	25
09:16	09:17	12	17	25
09:17	09:18	17	18	31
09:18	09:19	17	18	16
09:19	09:20	10	20	22
09:20	09:21	20	13	30
09:21	09:22	27	24	29
09:22	09:23	19	26	11
09:23	09:24	20	24	22
09:24	09:25	18	15	35
09:25	09:26	27	25	30
09:26	09:27	15	14	26
09:27	09:28	23	18	21
09:28	09:29	21	11	28
09:29	09:30	20	19	44
09:30	09:31	10	20	16
09:31	09:32	19	19	28
09:32	09:33	23	12	38
09:33	09:34	24	15	31
09:34	09:35	6	29	21
09:35	09:36	22	22	25
09:36	09:37	22	12	25
09:37	09:38	18	12	38
09:38	09:39	13	28	23
09:39	09:40	21	18	14
09:40	09:41	18	12	45
09:41	09:42	16	22	26
09:42	09:43	17	32	21
09:43	09:44	15	23	16
09:44	09:45	24	12	34
09:45	09:46	27	19	24
09:46	09:47	17	21	23
09:47	09:48	19	24	19
09:48	09:49	22	14	29
09:49	09:50	18	16	33
09:50	09:51	5	21	19
09:51	09:52	19	18	23
09:52	09:53	18	13	32
09:53	09:54	16	21	32
09:54	09:55	5	21	22
09:55	09:56	19	19	23
09:56	09:57	20	11	27
09:57	09:58	28	22	23
09:58	09:59	7	30	21
09:59	10:00	17	19	22

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1572 veh/hr
Av. Salaverry	1072 veh/hr
Av. Lora y Lora	1158 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3802	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°11: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°11				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 10:00 hasta las 11:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
10:00	10:01	21	10	37
10:01	10:02	21	20	29
10:02	10:03	15	26	13
10:03	10:04	18	19	11
10:04	10:05	25	12	32
10:05	10:06	20	18	38
10:06	10:07	7	27	17
10:07	10:08	13	15	12
10:08	10:09	22	9	25
10:09	10:10	18	15	31
10:10	10:11	19	16	26
10:11	10:12	15	17	20
10:12	10:13	19	10	29
10:13	10:14	20	15	41
10:14	10:15	14	27	27
10:15	10:16	20	32	25
10:16	10:17	17	24	24
10:17	10:18	17	20	37
10:18	10:19	13	26	20
10:19	10:20	19	24	19
10:20	10:21	13	19	35
10:21	10:22	16	18	24
10:22	10:23	13	24	20
10:23	10:24	16	19	23
10:24	10:25	24	12	31
10:25	10:26	12	17	35
10:26	10:27	10	26	19
10:27	10:28	18	16	20
10:28	10:29	27	11	41
10:29	10:30	18	14	37
10:30	10:31	4	28	15
10:31	10:32	16	16	24
10:32	10:33	22	19	24
10:33	10:34	12	21	29
10:34	10:35	7	29	24
10:35	10:36	10	22	26
10:36	10:37	24	5	29
10:37	10:38	17	20	40
10:38	10:39	11	17	17
10:39	10:40	12	25	19
10:40	10:41	24	15	27
10:41	10:42	8	17	26
10:42	10:43	7	30	18
10:43	10:44	14	13	24
10:44	10:45	16	12	35
10:45	10:46	14	22	37
10:46	10:47	8	29	19
10:47	10:48	16	23	24
10:48	10:49	19	13	31
10:49	10:50	8	20	27
10:50	10:51	6	24	18
10:51	10:52	12	19	10
10:52	10:53	14	9	30
10:53	10:54	16	16	26
10:54	10:55	9	17	20
10:55	10:56	15	17	18
10:56	10:57	17	6	32
10:57	10:58	11	16	21
10:58	10:59	11	26	14
10:59	11:00	8	26	17

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1519 veh/hr
Av. Salaverry	908 veh/hr
Av. Lora y Lora	1130 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3557	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°12: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°12				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 11:00 hasta las 12:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
11:00	11:01	14	7	30
11:01	11:02	16	16	28
11:02	11:03	8	23	17
11:03	11:04	12	20	20
11:04	11:05	21	8	26
11:05	11:06	18	23	28
11:06	11:07	7	22	22
11:07	11:08	22	21	24
11:08	11:09	10	8	30
11:09	11:10	11	16	35
11:10	11:11	5	22	15
11:11	11:12	25	18	20
11:12	11:13	26	14	32
11:13	11:14	13	24	32
11:14	11:15	11	24	20
11:15	11:16	17	14	20
11:16	11:17	21	17	28
11:17	11:18	22	22	34
11:18	11:19	11	26	29
11:19	11:20	14	16	16
11:20	11:21	22	7	33
11:21	11:22	14	18	42
11:22	11:23	7	21	14
11:23	11:24	14	22	18
11:24	11:25	22	12	20
11:25	11:26	20	13	20
11:26	11:27	16	19	18
11:27	11:28	19	21	21
11:28	11:29	13	16	29
11:29	11:30	19	16	34
11:30	11:31	15	20	18
11:31	11:32	14	15	27
11:32	11:33	22	9	39
11:33	11:34	9	16	32
11:34	11:35	12	22	12
11:35	11:36	10	22	14
11:36	11:37	15	12	33
11:37	11:38	15	20	25
11:38	11:39	8	24	23
11:39	11:40	20	22	27
11:40	11:41	26	9	23
11:41	11:42	14	16	34
11:42	11:43	12	21	23
11:43	11:44	15	20	11
11:44	11:45	22	6	24
11:45	11:46	19	22	27
11:46	11:47	14	25	23
11:47	11:48	10	23	23
11:48	11:49	29	4	23
11:49	11:50	16	18	30
11:50	11:51	3	22	20
11:51	11:52	10	18	28
11:52	11:53	19	13	35
11:53	11:54	18	17	29
11:54	11:55	8	30	26
11:55	11:56	11	19	26
11:56	11:57	20	9	34
11:57	11:58	19	16	32
11:58	11:59	13	21	29
11:59	12:00	18	21	20

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1525 veh/hr
Av. Salaverry	926 veh/hr
Av. Lora y Lora	1058 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3509	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°13: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°13				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 12:00 hasta las 13:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
12:00	12:01	23	8	27
12:01	12:02	14	16	27
12:02	12:03	9	18	15
12:03	12:04	14	14	20
12:04	12:05	26	7	32
12:05	12:06	19	12	38
12:06	12:07	9	22	17
12:07	12:08	19	19	24
12:08	12:09	21	13	39
12:09	12:10	12	18	38
12:10	12:11	6	31	14
12:11	12:12	18	20	22
12:12	12:13	25	6	32
12:13	12:14	22	16	35
12:14	12:15	14	15	21
12:15	12:16	17	22	18
12:16	12:17	22	14	37
12:17	12:18	18	19	32
12:18	12:19	13	25	22
12:19	12:20	17	26	23
12:20	12:21	15	11	34
12:21	12:22	13	19	19
12:22	12:23	4	26	21
12:23	12:24	20	21	25
12:24	12:25	16	16	32
12:25	12:26	19	20	36
12:26	12:27	13	24	18
12:27	12:28	24	22	22
12:28	12:29	16	11	33
12:29	12:30	14	18	44
12:30	12:31	9	24	24
12:31	12:32	11	19	16
12:32	12:33	21	11	34
12:33	12:34	19	20	40
12:34	12:35	13	25	23
12:35	12:36	20	24	26
12:36	12:37	23	9	35
12:37	12:38	16	20	38
12:38	12:39	5	17	12
12:39	12:40	8	24	18
12:40	12:41	21	17	31
12:41	12:42	22	16	39
12:42	12:43	12	19	13
12:43	12:44	17	19	26
12:44	12:45	22	19	43
12:45	12:46	20	24	29
12:46	12:47	10	25	29
12:47	12:48	14	24	19
12:48	12:49	21	11	41
12:49	12:50	20	22	32
12:50	12:51	16	24	15
12:51	12:52	13	17	22
12:52	12:53	29	8	30
12:53	12:54	21	21	31
12:54	12:55	12	28	21
12:55	12:56	18	4	32
12:56	12:57	19	21	42
12:57	12:58	13	20	39
12:58	12:59	16	32	18
12:59	13:00	16	20	14

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1649 veh/hr
Av. Salaverry	989 veh/hr
Av. Lora y Lora	1113 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3751	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°14: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°14				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 13:00 hasta las 14:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
13:00	13:01	29	13	38
13:01	13:02	24	23	38
13:02	13:03	15	24	19
13:03	13:04	14	25	22
13:04	13:05	22	8	33
13:05	13:06	16	23	45
13:06	13:07	6	22	22
13:07	13:08	15	16	24
13:08	13:09	24	7	42
13:09	13:10	23	16	29
13:10	13:11	17	18	22
13:11	13:12	17	23	38
13:12	13:13	21	12	36
13:13	13:14	19	18	42
13:14	13:15	5	24	23
13:15	13:16	10	22	21
13:16	13:17	30	13	36
13:17	13:18	17	19	42
13:18	13:19	5	20	25
13:19	13:20	24	19	27
13:20	13:21	27	10	26
13:21	13:22	24	13	33
13:22	13:23	8	18	23
13:23	13:24	18	11	21
13:24	13:25	16	8	27
13:25	13:26	21	16	36
13:26	13:27	13	21	22
13:27	13:28	17	21	29
13:28	13:29	29	11	43
13:29	13:30	19	13	33
13:30	13:31	9	22	28
13:31	13:32	13	14	28
13:32	13:33	26	9	36
13:33	13:34	17	23	33
13:34	13:35	15	20	23
13:35	13:36	12	21	26
13:36	13:37	18	17	32
13:37	13:38	14	14	30
13:38	13:39	12	22	19
13:39	13:40	17	21	24
13:40	13:41	26	12	29
13:41	13:42	12	21	48
13:42	13:43	4	28	19
13:43	13:44	22	20	22
13:44	13:45	23	13	41
13:45	13:46	13	15	33
13:46	13:47	19	7	2
13:47	13:48	15	19	22
13:48	13:49	24	11	30
13:49	13:50	22	17	26
13:50	13:51	7	28	20
13:51	13:52	14	20	23
13:52	13:53	21	12	30
13:53	13:54	18	16	35
13:54	13:55	10	19	29
13:55	13:56	9	15	17
13:56	13:57	17	8	42
13:57	13:58	19	14	32
13:58	13:59	10	21	16
13:59	14:00	11	12	30

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1742 veh/hr
Av. Salaverry	1014 veh/hr
Av. Lora y Lora	1018 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3774	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°15: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°15				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 14:00 hasta las 15:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
14:00	14:01	16	13	31
14:01	14:02	18	14	28
14:02	14:03	15	24	19
14:03	14:04	20	15	14
14:04	14:05	23	11	28
14:05	14:06	15	20	26
14:06	14:07	11	22	16
14:07	14:08	7	22	19
14:08	14:09	10	8	33
14:09	14:10	14	18	33
14:10	14:11	12	29	26
14:11	14:12	16	17	25
14:12	14:13	18	14	40
14:13	14:14	13	18	34
14:14	14:15	7	26	24
14:15	14:16	20	10	22
14:16	14:17	16	14	40
14:17	14:18	8	21	37
14:18	14:19	11	22	22
14:19	14:20	14	20	21
14:20	14:21	24	5	31
14:21	14:22	18	17	38
14:22	14:23	13	20	22
14:23	14:24	21	17	20
14:24	14:25	22	10	35
14:25	14:26	16	18	32
14:26	14:27	6	22	22
14:27	14:28	8	18	16
14:28	14:29	13	7	34
14:29	14:30	16	26	31
14:30	14:31	13	25	24
14:31	14:32	11	19	20
14:32	14:33	18	12	22
14:33	14:34	7	17	30
14:34	14:35	10	22	18
14:35	14:36	11	19	18
14:36	14:37	26	9	31
14:37	14:38	19	19	30
14:38	14:39	14	20	19
14:39	14:40	20	24	27
14:40	14:41	16	10	30
14:41	14:42	15	17	29
14:42	14:43	3	24	15
14:43	14:44	14	21	18
14:44	14:45	22	15	37
14:45	14:46	18	14	4
14:46	14:47	15	22	22
14:47	14:48	14	17	26
14:48	14:49	16	4	20
14:49	14:50	17	15	23
14:50	14:51	7	22	21
14:51	14:52	12	20	13
14:52	14:53	25	6	38
14:53	14:54	13	14	28
14:54	14:55	15	14	17
14:55	14:56	14	15	24
14:56	14:57	22	7	29
14:57	14:58	20	17	28
14:58	14:59	14	25	15
14:59	15:00	16	15	22

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1517 veh/hr
Av. Salaverry	898 veh/hr
Av. Lora y Lora	1018 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3433	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°16: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°16				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 15:00 hasta las 16:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
15:00	15:01	16	10	32
15:01	15:02	16	20	26
15:02	15:03	19	17	18
15:03	15:04	17	13	21
15:04	15:05	28	9	27
15:05	15:06	17	18	29
15:06	15:07	8	26	22
15:07	15:08	14	23	22
15:08	15:09	34	15	24
15:09	15:10	20	24	32
15:10	15:11	18	21	18
15:11	15:12	18	21	19
15:12	15:13	26	11	29
15:13	15:14	18	17	30
15:14	15:15	14	19	19
15:15	15:16	16	16	28
15:16	15:17	23	9	30
15:17	15:18	15	13	26
15:18	15:19	6	24	17
15:19	15:20	21	20	16
15:20	15:21	18	11	20
15:21	15:22	19	17	28
15:22	15:23	9	24	20
15:23	15:24	12	16	28
15:24	15:25	19	11	26
15:25	15:26	7	20	31
15:26	15:27	10	30	22
15:27	15:28	17	17	19
15:28	15:29	25	13	29
15:29	15:30	21	18	29
15:30	15:31	15	14	15
15:31	15:32	15	20	22
15:32	15:33	25	31	33
15:33	15:34	16	14	16
15:34	15:35	11	20	23
15:35	15:36	15	23	19
15:36	15:37	17	13	23
15:37	15:38	17	20	30
15:38	15:39	8	22	29
15:39	15:40	18	24	22
15:40	15:41	19	15	32
15:41	15:42	15	20	32
15:42	15:43	14	20	21
15:43	15:44	17	16	21
15:44	15:45	23	17	23
15:45	15:46	8	16	26
15:46	15:47	11	22	13
15:47	15:48	18	20	21
15:48	15:49	25	11	28
15:49	15:50	18	12	23
15:50	15:51	8	23	24
15:51	15:52	15	17	22
15:52	15:53	7	10	26
15:53	15:54	22	21	28
15:54	15:55	13	20	15
15:55	15:56	16	15	27
15:56	15:57	30	11	32
15:57	15:58	18	17	32
15:58	15:59	14	24	20
15:59	16:00	6	13	21

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1456 veh/hr
Av. Salaverry	995 veh/hr
Av. Lora y Lora	1064 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3515	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°17: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°17				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 16:00 hasta las 17:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
16:00	16:01	22	10	21
16:01	16:02	23	18	37
16:02	16:03	17	28	19
16:03	16:04	15	22	25
16:04	16:05	24	9	40
16:05	16:06	15	20	39
16:06	16:07	15	21	19
16:07	16:08	11	18	23
16:08	16:09	20	13	36
16:09	16:10	14	24	30
16:10	16:11	17	29	18
16:11	16:12	11	21	15
16:12	16:13	18	9	28
16:13	16:14	20	14	24
16:14	16:15	14	26	22
16:15	16:16	22	21	15
16:16	16:17	25	13	41
16:17	16:18	19	22	32
16:18	16:19	13	25	29
16:19	16:20	18	21	16
16:20	16:21	18	12	35
16:21	16:22	14	22	35
16:22	16:23	11	26	25
16:23	16:24	14	21	25
16:24	16:25	25	8	32
16:25	16:26	22	22	35
16:26	16:27	8	26	16
16:27	16:28	11	15	33
16:28	16:29	18	13	33
16:29	16:30	20	23	27
16:30	16:31	11	29	22
16:31	16:32	22	18	23
16:32	16:33	23	12	21
16:33	16:34	19	20	29
16:34	16:35	8	36	8
16:35	16:36	22	22	26
16:36	16:37	16	19	34
16:37	16:38	18	24	29
16:38	16:39	14	25	14
16:39	16:40	19	17	19
16:40	16:41	28	10	22
16:41	16:42	16	24	36
16:42	16:43	11	22	26
16:43	16:44	13	22	31
16:44	16:45	15	14	29
16:45	16:46	18	20	28
16:46	16:47	12	26	22
16:47	16:48	22	22	23
16:48	16:49	26	8	23
16:49	16:50	18	21	30
16:50	16:51	15	32	22
16:51	16:52	19	18	24
16:52	16:53	15	14	25
16:53	16:54	9	24	35
16:54	16:55	17	28	15
16:55	16:56	16	19	24
16:56	16:57	23	14	32
16:57	16:58	18	21	30
16:58	16:59	10	28	21
16:59	17:00	14	20	21

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1569 veh/hr
Av. Salaverry	1021 veh/hr
Av. Lora y Lora	1201 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3791	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°18: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°18				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 17:00 hasta las 18:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
17:00	17:01	15	29	33
17:01	17:02	12	22	43
17:02	17:03	14	14	21
17:03	17:04	23	18	13
17:04	17:05	19	12	32
17:05	17:06	18	21	31
17:06	17:07	6	31	19
17:07	17:08	8	22	24
17:08	17:09	22	16	23
17:09	17:10	16	30	36
17:10	17:11	10	24	23
17:11	17:12	11	16	30
17:12	17:13	16	8	34
17:13	17:14	14	23	30
17:14	17:15	15	29	21
17:15	17:16	13	17	26
17:16	17:17	19	16	29
17:17	17:18	15	22	38
17:18	17:19	10	27	22
17:19	17:20	12	15	25
17:20	17:21	28	15	27
17:21	17:22	16	30	35
17:22	17:23	14	24	20
17:23	17:24	17	19	18
17:24	17:25	19	5	33
17:25	17:26	32	9	53
17:26	17:27	23	20	19
17:27	17:28	21	19	24
17:28	17:29	17	15	33
17:29	17:30	21	22	39
17:30	17:31	12	20	17
17:31	17:32	16	20	25
17:32	17:33	22	13	28
17:33	17:34	19	21	33
17:34	17:35	9	24	21
17:35	17:36	24	18	23
17:36	17:37	21	17	39
17:37	17:38	14	20	37
17:38	17:39	5	24	20
17:39	17:40	18	25	27
17:40	17:41	19	19	35
17:41	17:42	15	26	28
17:42	17:43	14	20	23
17:43	17:44	17	19	26
17:44	17:45	14	12	30
17:45	17:46	22	13	32
17:46	17:47	12	24	16
17:47	17:48	12	22	18
17:48	17:49	32	8	32
17:49	17:50	14	23	31
17:50	17:51	10	32	20
17:51	17:52	12	20	26
17:52	17:53	24	10	35
17:53	17:54	22	19	37
17:54	17:55	4	32	26
17:55	17:56	17	18	19
17:56	17:57	21	6	33
17:57	17:58	14	18	34
17:58	17:59	8	22	14
17:59	18:00	13	14	20

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1659 veh/hr
Av. Salaverry	972 veh/hr
Av. Lora y Lora	1169 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3800	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°19: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°19				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 18:00 hasta las 19:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
18:00	18:01	18	10	36
18:01	18:02	16	19	37
18:02	18:03	8	24	22
18:03	18:04	19	18	30
18:04	18:05	25	10	34
18:05	18:06	15	20	38
18:06	18:07	15	31	18
18:07	18:08	16	24	27
18:08	18:09	19	11	33
18:09	18:10	15	26	41
18:10	18:11	4	28	26
18:11	18:12	13	17	29
18:12	18:13	23	17	35
18:13	18:14	14	18	38
18:14	18:15	10	26	20
18:15	18:16	13	27	31
18:16	18:17	18	9	32
18:17	18:18	13	22	40
18:18	18:19	18	30	21
18:19	18:20	22	22	17
18:20	18:21	19	10	33
18:21	18:22	23	19	31
18:22	18:23	15	21	18
18:23	18:24	18	25	26
18:24	18:25	24	8	26
18:25	18:26	20	18	38
18:26	18:27	15	23	19
18:27	18:28	17	19	24
18:28	18:29	30	11	34
18:29	18:30	12	24	34
18:30	18:31	11	20	16
18:31	18:32	13	29	24
18:32	18:33	17	12	23
18:33	18:34	13	20	43
18:34	18:35	14	24	14
18:35	18:36	12	18	31
18:36	18:37	16	12	44
18:37	18:38	18	18	14
18:38	18:39	10	24	24
18:39	18:40	16	22	32
18:40	18:41	17	10	20
18:41	18:42	17	18	31
18:42	18:43	18	23	20
18:43	18:44	18	22	16
18:44	18:45	21	14	36
18:45	18:46	15	27	29
18:46	18:47	12	22	13
18:47	18:48	22	21	25
18:48	18:49	26	12	27
18:49	18:50	13	31	37
18:50	18:51	11	27	24
18:51	18:52	18	19	15
18:52	18:53	22	10	22
18:53	18:54	15	18	30
18:54	18:55	11	25	26
18:55	18:56	19	21	17
18:56	18:57	25	15	27
18:57	18:58	19	16	22
18:58	18:59	8	22	17
18:59	19:00	18	17	21

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1628 veh/hr
Av. Salaverry	992 veh/hr
Av. Lora y Lora	1176 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3796	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°20: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°20				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 19:00 hasta las 20:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
19:00	19:01	22	12	26
19:01	19:02	15	23	32
19:02	19:03	8	21	22
19:03	19:04	17	19	18
19:04	19:05	23	17	22
19:05	19:06	12	23	38
19:06	19:07	10	26	26
19:07	19:08	23	21	16
19:08	19:09	24	18	16
19:09	19:10	10	25	36
19:10	19:11	9	25	12
19:11	19:12	14	22	21
19:12	19:13	18	11	23
19:13	19:14	13	19	34
19:14	19:15	9	22	21
19:15	19:16	19	21	34
19:16	19:17	20	11	18
19:17	19:18	18	22	29
19:18	19:19	15	24	20
19:19	19:20	12	18	24
19:20	19:21	16	18	34
19:21	19:22	18	21	28
19:22	19:23	10	20	23
19:23	19:24	15	25	17
19:24	19:25	19	9	31
19:25	19:26	21	17	29
19:26	19:27	18	18	25
19:27	19:28	18	17	21
19:28	19:29	23	13	29
19:29	19:30	21	17	17
19:30	19:31	15	33	28
19:31	19:32	16	21	18
19:32	19:33	20	13	24
19:33	19:34	9	24	30
19:34	19:35	16	23	22
19:35	19:36	15	22	18
19:36	19:37	23	12	29
19:37	19:38	23	18	36
19:38	19:39	9	26	24
19:39	19:40	24	21	25
19:40	19:41	8	21	32
19:41	19:42	23	22	38
19:42	19:43	11	30	24
19:43	19:44	20	14	24
19:44	19:45	22	12	25
19:45	19:46	16	21	36
19:46	19:47	13	31	25
19:47	19:48	18	17	35
19:48	19:49	27	10	27
19:49	19:50	17	18	35
19:50	19:51	5	24	20
19:51	19:52	12	18	32
19:52	19:53	18	14	29
19:53	19:54	11	13	32
19:54	19:55	3	27	20
19:55	19:56	16	22	24
19:56	19:57	20	10	22
19:57	19:58	12	25	27
19:58	19:59	13	31	18
19:59	20:00	17	24	23

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1544 veh/hr
Av. Salaverry	962 veh/hr
Av. Lora y Lora	1192 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3698	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°21: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°21				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 20:00 hasta las 21:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
20:00	20:01	9	21	22
20:01	20:02	5	19	18
20:02	20:03	6	17	22
20:03	20:04	8	23	38
20:04	20:05	7	26	26
20:05	20:06	7	21	16
20:06	20:07	21	22	16
20:07	20:08	19	18	36
20:08	20:09	17	21	25
20:09	20:10	23	21	32
20:10	20:11	26	22	38
20:11	20:12	21	30	24
20:12	20:13	18	14	24
20:13	20:14	21	25	25
20:14	20:15	21	32	36
20:15	20:16	22	38	25
20:16	20:17	30	24	35
20:17	20:18	14	24	27
20:18	20:19	12	25	35
20:19	20:20	21	36	20
20:20	20:21	31	25	32
20:21	20:22	17	35	29
20:22	20:23	10	27	12
20:23	20:24	18	35	5
20:24	20:25	24	20	8
20:25	20:26	18	32	21
20:26	20:27	14	29	7
20:27	20:28	6	5	8
20:28	20:29	9	6	9
20:29	20:30	5	6	14
20:30	20:31	7	12	5
20:31	20:32	8	6	12
20:32	20:33	11	7	12
20:33	20:34	10	6	5
20:34	20:35	5	9	6
20:35	20:36	7	12	5
20:36	20:37	8	6	12
20:37	20:38	11	7	12
20:38	20:39	10	6	5
20:39	20:40	5	9	6
20:40	20:41	14	5	10
20:41	20:42	14	5	10
20:42	20:43	7	12	5
20:43	20:44	8	6	12
20:44	20:45	11	7	12
20:45	20:46	10	6	5
20:46	20:47	5	9	6
20:47	20:48	17	5	6
20:48	20:49	14	6	17
20:49	20:50	9	8	9
20:50	20:51	4	7	9
20:51	20:52	13	7	7
20:52	20:53	7	7	12
20:53	20:54	5	16	5
20:54	20:55	36	20	8
20:55	20:56	36	36	20
20:56	20:57	25	25	32
20:57	20:58	35	35	29
20:58	20:59	27	27	12
20:59	21:00	35	35	5

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	996 veh/hr
Av. Salaverry	894 veh/hr
Av. Lora y Lora	1063 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
2953	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°22: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°22				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 21:00 hasta las 22:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
21:00	21:01	12	10	14
21:01	21:02	15	4	8
21:02	21:03	14	5	10
21:03	21:04	7	12	5
21:04	21:05	8	6	12
21:05	21:06	11	7	12
21:06	21:07	10	6	5
21:07	21:08	5	9	6
21:08	21:09	17	5	6
21:09	21:10	14	6	17
21:10	21:11	9	8	9
21:11	21:12	4	7	9
21:12	21:13	13	7	7
21:13	21:14	7	7	12
21:14	21:15	5	16	5
21:15	21:16	3	10	8
21:16	21:17	24	3	21
21:17	21:18	17	9	7
21:18	21:19	10	17	8
21:19	21:20	3	17	9
21:20	21:21	14	7	14
21:21	21:22	10	5	14
21:22	21:23	4	14	9
21:23	21:24	11	12	5
21:24	21:25	25	8	16
21:25	21:26	16	9	15
21:26	21:27	7	23	8
21:27	21:28	8	10	10
21:28	21:29	19	5	15
21:29	21:30	19	11	24
21:30	21:31	7	26	26
21:31	21:32	7	21	16
21:32	21:33	21	22	16
21:33	21:34	19	18	36
21:34	21:35	17	21	25
21:35	21:36	23	21	32
21:36	21:37	26	22	38
21:37	21:38	21	30	24
21:38	21:39	18	14	24
21:39	21:40	21	25	25
21:40	21:41	21	32	36
21:41	21:42	11	7	12
21:42	21:43	10	6	5
21:43	21:44	5	9	6
21:44	21:45	17	5	6
21:45	21:46	14	6	17
21:46	21:47	9	8	9
21:47	21:48	4	7	9
21:48	21:49	11	7	12
21:49	21:50	10	6	5
21:50	21:51	5	9	6
21:51	21:52	11	7	12
21:52	21:53	10	6	5
21:53	21:54	5	9	6
21:54	21:55	17	5	6
21:55	21:56	14	6	17
21:56	21:57	9	8	9
21:57	21:58	4	7	9
21:58	21:59	13	7	7
21:59	22:00	7	7	12

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	
788	veh/hr
Av. Salaverry	
728	veh/hr
Av. Lora y Lora	
659	veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
2175	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°23: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°23				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 22:00 hasta las 23:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
22:00	22:01	12	10	14
22:01	22:02	15	4	8
22:02	22:03	14	5	10
22:03	22:04	7	12	5
22:04	22:05	8	6	12
22:05	22:06	11	7	12
22:06	22:07	10	6	5
22:07	22:08	5	9	6
22:08	22:09	17	5	6
22:09	22:10	14	6	17
22:10	22:11	9	8	9
22:11	22:12	4	7	9
22:12	22:13	7	12	7
22:13	22:14	6	5	12
22:14	22:15	9	6	5
22:15	22:16	5	6	8
22:16	22:17	6	17	21
22:17	22:18	8	9	7
22:18	22:19	7	9	8
22:19	22:20	7	7	9
22:20	22:21	7	12	14
22:21	22:22	6	5	14
22:22	22:23	9	6	9
22:23	22:24	5	6	5
22:24	22:25	6	17	16
22:25	22:26	8	9	15
22:26	22:27	7	9	8
22:27	22:28	7	7	10
22:28	22:29	7	12	15
22:29	22:30	16	5	24
22:30	22:31	12	10	14
22:31	22:32	15	7	12
22:32	22:33	14	6	5
22:33	22:34	7	9	6
22:34	22:35	8	5	6
22:35	22:36	11	6	17
22:36	22:37	10	8	9
22:37	22:38	5	7	9
22:38	22:39	17	7	7
22:39	22:40	14	7	12
22:40	22:41	9	16	5
22:41	22:42	4	7	9
22:42	22:43	13	7	7
22:43	22:44	7	7	12
22:44	22:45	5	16	5
22:45	22:46	3	10	8
22:46	22:47	24	3	21
22:47	22:48	17	9	7
22:48	22:49	10	17	8
22:49	22:50	3	17	9
22:50	22:51	14	7	14
22:51	22:52	10	5	14
22:52	22:53	4	14	9
22:53	22:54	11	12	5
22:54	22:55	25	8	16
22:55	22:56	16	9	15
22:56	22:57	7	23	8
22:57	22:58	8	10	10
22:58	22:59	19	5	15
22:59	23:00	19	11	24

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	638 veh/hr
Av. Salaverry	600 veh/hr
Av. Lora y Lora	529 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
1767	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°24: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°24				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Miercoles 9 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 23:00 hasta las 00:00 hrs del dia sig.		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
23:00	23:01	5	0	1
23:01	23:02	2	3	8
23:02	23:03	1	1	1
23:03	23:04	9	2	6
23:04	23:05	5	1	2
23:05	23:06	1	5	4
23:06	23:07	5	3	2
23:07	23:08	2	1	5
23:08	23:09	5	0	5
23:09	23:10	0	1	6
23:10	23:11	1	1	5
23:11	23:12	3	2	2
23:12	23:13	1	1	6
23:13	23:14	2	7	8
23:14	23:15	1	5	6
23:15	23:16	8	9	7
23:16	23:17	7	9	8
23:17	23:18	7	7	9
23:18	23:19	7	12	14
23:19	23:20	6	5	14
23:20	23:21	9	6	9
23:21	23:22	5	6	5
23:22	23:23	6	17	16
23:23	23:24	8	9	15
23:24	23:25	2	7	8
23:25	23:26	1	5	6
23:26	23:27	6	2	3
23:27	23:28	2	7	8
23:28	23:29	2	0	5
23:29	23:30	1	1	6
23:30	23:31	5	6	17
23:31	23:32	6	8	9
23:32	23:33	8	7	9
23:33	23:34	7	7	7
23:34	23:35	7	7	12
23:35	23:36	7	16	5
23:36	23:37	16	7	9
23:37	23:38	7	7	7
23:38	23:39	7	7	12
23:39	23:40	7	16	5
23:40	23:41	6	17	8
23:41	23:42	8	9	21
23:42	23:43	7	9	7
23:43	23:44	7	7	4
23:44	23:45	7	12	2
23:45	23:46	16	5	5
23:46	23:47	7	9	5
23:47	23:48	7	7	6
23:48	23:49	7	12	5
23:49	23:50	8	9	7
23:50	23:51	7	9	8
23:51	23:52	8	9	7
23:52	23:53	7	9	8
23:53	23:54	7	7	9
23:54	23:55	7	12	14
23:55	23:56	6	5	14
23:56	23:57	9	6	9
23:57	23:58	5	6	5
23:58	23:59	6	17	16
23:59	00:00	8	9	15

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	467 veh/hr
Av. Salaverry	347 veh/hr
Av. Lora y Lora	408 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
1222	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• **ANEXO N°25: FICHA DE CONTEO VEHICULAR**

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°25				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Lunes 21 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 07:00 hasta las 08:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
07:00	07:01	22	28	24
07:01	07:02	7	28	20
07:02	07:03	21	17	25
07:03	07:04	30	17	36
07:04	07:05	22	19	37
07:05	07:06	17	28	24
07:06	07:07	27	18	29
07:07	07:08	27	11	38
07:08	07:09	19	27	45
07:09	07:10	14	33	28
07:10	07:11	25	22	16
07:11	07:12	31	18	27
07:12	07:13	20	23	40
07:13	07:14	13	33	26
07:14	07:15	24	24	24
07:15	07:16	31	25	35
07:16	07:17	25	29	36
07:17	07:18	19	27	20
07:18	07:19	28	13	30
07:19	07:20	29	15	26
07:20	07:21	21	27	29
07:21	07:22	15	32	25
07:22	07:23	22	22	22
07:23	07:24	28	15	26
07:24	07:25	23	19	25
07:25	07:26	17	32	30
07:26	07:27	22	18	23
07:27	07:28	30	5	37
07:28	07:29	23	15	34
07:29	07:30	19	30	18
07:30	07:31	23	10	26
07:31	07:32	29	12	38
07:32	07:33	26	28	42
07:33	07:34	16	24	22
07:34	07:35	20	21	17
07:35	07:36	25	15	37
07:36	07:37	25	28	30
07:37	07:38	15	30	24
07:38	07:39	28	26	23
07:39	07:40	26	13	36
07:40	07:41	20	21	38
07:41	07:42	10	34	19
07:42	07:43	23	19	27
07:43	07:44	27	13	36
07:44	07:45	18	25	29
07:45	07:46	9	24	22
07:46	07:47	25	24	27
07:47	07:48	32	16	35
07:48	07:49	18	29	42
07:49	07:50	13	23	22
07:50	07:51	26	20	24
07:51	07:52	29	12	40
07:52	07:53	18	24	33
07:53	07:54	11	24	27
07:54	07:55	24	11	22
07:55	07:56	33	11	37
07:56	07:57	25	21	24
07:57	07:58	16	32	20
07:58	07:59	24	21	32
07:59	08:00	24	17	35

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1741 veh/hr
Av. Salaverry	1329 veh/hr
Av. Lora y Lora	1298 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
4368	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°26: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°26				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Lunes 21 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 08:00 hasta las 09:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
08:00	08:01	19	21	38
08:01	08:02	15	27	27
08:02	08:03	21	21	21
08:03	08:04	28	14	35
08:04	08:05	17	22	33
08:05	08:06	17	29	24
08:06	08:07	24	15	21
08:07	08:08	29	9	38
08:08	08:09	19	22	35
08:09	08:10	14	30	22
08:10	08:11	21	27	20
08:11	08:12	26	15	32
08:12	08:13	20	26	40
08:13	08:14	14	27	21
08:14	08:15	23	16	20
08:15	08:16	33	14	38
08:16	08:17	21	30	37
08:17	08:18	6	25	22
08:18	08:19	13	20	26
08:19	08:20	33	12	33
08:20	08:21	23	22	30
08:21	08:22	13	27	19
08:22	08:23	17	18	22
08:23	08:24	27	16	26
08:24	08:25	17	26	33
08:25	08:26	16	30	25
08:26	08:27	23	25	19
08:27	08:28	23	14	38
08:28	08:29	19	24	32
08:29	08:30	18	22	19
08:30	08:31	20	20	32
08:31	08:32	22	12	42
08:32	08:33	20	22	36
08:33	08:34	10	23	26
08:34	08:35	22	19	23
08:35	08:36	25	4	35
08:36	08:37	16	24	28
08:37	08:38	17	22	17
08:38	08:39	26	22	21
08:39	08:40	17	11	44
08:40	08:41	14	29	26
08:41	08:42	9	32	17
08:42	08:43	20	17	29
08:43	08:44	20	10	41
08:44	08:45	20	22	34
08:45	08:46	11	26	21
08:46	08:47	16	13	29
08:47	08:48	26	17	35
08:48	08:49	18	25	36
08:49	08:50	9	26	11
08:50	08:51	24	21	25
08:51	08:52	22	13	28
08:52	08:53	15	28	28
08:53	08:54	12	25	16
08:54	08:55	23	22	28
08:55	08:56	24	11	29
08:56	08:57	11	23	35
08:57	08:58	11	36	15
08:58	08:59	21	19	37
08:59	09:00	23	8	39

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1709 veh/hr
Av. Salaverry	1153 veh/hr
Av. Lora y Lora	1248 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
4110	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°27: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°27				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Lunes 21 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 09:00 hasta las 10:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
09:00	09:01	9	29	35
09:01	09:02	11	25	17
09:02	09:03	26	22	22
09:03	09:04	28	19	17
09:04	09:05	21	21	26
09:05	09:06	14	23	26
09:06	09:07	28	18	17
09:07	09:08	22	10	41
09:08	09:09	18	20	31
09:09	09:10	12	21	11
09:10	09:11	28	16	21
09:11	09:12	21	13	29
09:12	09:13	15	27	28
09:13	09:14	15	29	21
09:14	09:15	24	21	27
09:15	09:16	18	8	30
09:16	09:17	18	25	29
09:17	09:18	11	27	19
09:18	09:19	19	25	23
09:19	09:20	24	10	34
09:20	09:21	21	23	33
09:21	09:22	10	26	18
09:22	09:23	15	18	25
09:23	09:24	20	9	18
09:24	09:25	18	22	26
09:25	09:26	10	28	18
09:26	09:27	22	16	29
09:27	09:28	23	8	33
09:28	09:29	16	26	32
09:29	09:30	13	25	8
09:30	09:31	19	15	28
09:31	09:32	24	10	30
09:32	09:33	11	20	24
09:33	09:34	11	29	15
09:34	09:35	19	24	16
09:35	09:36	24	8	27
09:36	09:37	13	28	40
09:37	09:38	15	34	29
09:38	09:39	17	15	29
09:39	09:40	29	12	32
09:40	09:41	17	22	37
09:41	09:42	14	27	19
09:42	09:43	19	14	23
09:43	09:44	23	12	35
09:44	09:45	13	31	30
09:45	09:46	13	29	11
09:46	09:47	21	18	22
09:47	09:48	23	10	29
09:48	09:49	10	18	16
09:49	09:50	11	29	9
09:50	09:51	22	20	17
09:51	09:52	21	17	32
09:52	09:53	18	20	30
09:53	09:54	8	20	28
09:54	09:55	24	18	25
09:55	09:56	29	13	
09:56	09:57	14	28	18
09:57	09:58	20	29	24
09:58	09:59	30	12	20
09:59	10:00	18	21	34

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1473 veh/hr
Av. Salaverry	1100 veh/hr
Av. Lora y Lora	1213 veh/hr
Total de vehiculo en todo el rango horario	
3786	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°28: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°28				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Lunes 21 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 11:00 hasta las 12:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
11:00	11:01	19	10	29
11:01	11:02	5	28	24
11:02	11:03	23	18	18
11:03	11:04	24	13	28
11:04	11:05	18	21	36
11:05	11:06	11	23	24
11:06	11:07	22	16	19
11:07	11:08	23	12	28
11:08	11:09	10	24	29
11:09	11:10	9	21	19
11:10	11:11	21	22	27
11:11	11:12	24	10	24
11:12	11:13	15	26	32
11:13	11:14	13	29	17
11:14	11:15	21	16	26
11:15	11:16	22	10	34
11:16	11:17	18	20	31
11:17	11:18	8	18	21
11:18	11:19	15	18	30
11:19	11:20	22	11	31
11:20	11:21	15	27	26
11:21	11:22	16	30	19
11:22	11:23	21	22	20
11:23	11:24	24	7	14
11:24	11:25	12	21	30
11:25	11:26	16	31	15
11:26	11:27	19	19	14
11:27	11:28	28	12	33
11:28	11:29	18	22	27
11:29	11:30	15	25	14
11:30	11:31	20	17	20
11:31	11:32	20	10	31
11:32	11:33	7	26	25
11:33	11:34	7	27	22
11:34	11:35	19	19	25
11:35	11:36	23	19	22
11:36	11:37	22	21	22
11:37	11:38	14	29	17
11:38	11:39	27	18	30
11:39	11:40	23	11	31
11:40	11:41	16	16	25
11:41	11:42	15	28	23
11:42	11:43	19	14	19
11:43	11:44	15	13	32
11:44	11:45	10	23	33
11:45	11:46	11	29	24
11:46	11:47	26	19	20
11:47	11:48	28	11	27
11:48	11:49	10	17	21
11:49	11:50	8	27	34
11:50	11:51	18	18	23
11:51	11:52	23	8	28
11:52	11:53	15	18	42
11:53	11:54	15	24	21
11:54	11:55	20	17	22
11:55	11:56	28	13	27
11:56	11:57	19	20	32
11:57	11:58	7	19	21
11:58	11:59	19	16	24
11:59	12:00	15	12	27

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	
1509	veh/hr
Av. Salaverry	
1046	veh/hr
Av. Lora y Lora	
1141	veh/hr

Total de vehiculo en todo el	
rango horario	
3696	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°29: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°29				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Lunes 21 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 12:00 hasta las 13:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
12:00	12:01	16	20	25
12:01	12:02	4	17	23
12:02	12:03	16	18	22
12:03	12:04	17	10	29
12:04	12:05	17	19	39
12:05	12:06	15	23	10
12:06	12:07	19	22	32
12:07	12:08	19	14	30
12:08	12:09	15	23	22
12:09	12:10	4	15	14
12:10	12:11	10	15	24
12:11	12:12	15	14	29
12:12	12:13	14	24	32
12:13	12:14	12	30	18
12:14	12:15	20	24	30
12:15	12:16	21	13	26
12:16	12:17	6	22	27
12:17	12:18	7	24	19
12:18	12:19	21	14	19
12:19	12:20	15	7	21
12:20	12:21	14	16	28
12:21	12:22	9	29	14
12:22	12:23	16	15	13
12:23	12:24	24	12	23
12:24	12:25	18	17	29
12:25	12:26	16	25	19
12:26	12:27	17	12	11
12:27	12:28	27	8	32
12:28	12:29	14	21	18
12:29	12:30	11	29	30
12:30	12:31	12	18	13
12:31	12:32	19	11	21
12:32	12:33	19	26	14
12:33	12:34	9	34	16
12:34	12:35	19	16	24
12:35	12:36	23	8	10
12:36	12:37	12	20	15
12:37	12:38	15	20	14
12:38	12:39	18	22	12
12:39	12:40	24	10	20
12:40	12:41	22	20	21
12:41	12:42	8	27	6
12:42	12:43	13	17	26
12:43	12:44	21	15	34
12:44	12:45	14	25	16
12:45	12:46	16	30	8
12:46	12:47	24	16	20
12:47	12:48	14	11	13
12:48	12:49	5	24	21
12:49	12:50	12	30	14
12:50	12:51	20	23	16
12:51	12:52	26	13	24
12:52	12:53	8	16	15
12:53	12:54	14	16	15
12:54	12:55	21	0	14
12:55	12:56	16	4	24
12:56	12:57	15	2	30
12:57	12:58	8	31	24
12:58	12:59	22	10	6
12:59	13:00	25	8	9

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1223 veh/hr
Av. Salaverry	943 veh/hr
Av. Lora y Lora	1075 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3241	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°30: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°30				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Lunes 21 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 13:00 hasta las 14:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
13:00	13:01	15	1	20
13:01	13:02	5	7	6
13:02	13:03	5	5	12
13:03	13:04	10	8	18
13:04	13:05	14	24	4
13:05	13:06	13	19	16
13:06	13:07	25	20	20
13:07	13:08	13	11	26
13:08	13:09	4	0	36
13:09	13:10	2	0	13
13:10	13:11	13	6	22
13:11	13:12	16	20	27
13:12	13:13	10	18	29
13:13	13:14	8	0	25
13:14	13:15	15	0	6
13:15	13:16	0	19	17
13:16	13:17	15	0	10
13:17	13:18	8	0	6
13:18	13:19	7	18	19
13:19	13:20	23	15	24
13:20	13:21	10	24	29
13:21	13:22	9	1	28
13:22	13:23	18	0	22
13:23	13:24	14	2	18
13:24	13:25	10	2	21
13:25	13:26	10	10	24
13:26	13:27	21	0	28
13:27	13:28	22	14	28
13:28	13:29	12	13	5
13:29	13:30	11	27	8
13:30	13:31	19	4	12
13:31	13:32	18	8	28
13:32	13:33	15	6	29
13:33	13:34	17	14	31
13:34	13:35	19	0	20
13:35	13:36	25	0	28
13:36	13:37	12	0	21
13:37	13:38	8	12	20
13:38	13:39	4	4	19
13:39	13:40	3	12	5
13:40	13:41	0	34	9
13:41	13:42	0	24	10
13:42	13:43	18	2	14
13:43	13:44	4	8	18
13:44	13:45	0	14	19
13:45	13:46	5	18	19
13:46	13:47	30	2	21
13:47	13:48	16	13	22
13:48	13:49	0	25	24
13:49	13:50	0	24	10
13:50	13:51	9	15	12
13:51	13:52	27	8	15
13:52	13:53	16	15	18
13:53	13:54	19	24	21
13:54	13:55	12	16	21
13:55	13:56	16	13	28
13:56	13:57	3	1	15
13:57	13:58	8	20	18
13:58	13:59	10	16	19
13:59	14:00	15	3	17

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1130 veh/hr
Av. Salaverry	706 veh/hr
Av. Lora y Lora	639 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
2475	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°31: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°31				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Lunes 21 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 16:00 hasta las 17:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
16:00	16:01	17	26	27
16:01	16:02	8	27	28
16:02	16:03	21	20	26
16:03	16:04	25	9	25
16:04	16:05	19	18	20
16:05	16:06	11	35	18
16:06	16:07	25	13	18
16:07	16:08	25	15	18
16:08	16:09	10	30	10
16:09	16:10	8	28	17
16:10	16:11	24	17	18
16:11	16:12	17	12	21
16:12	16:13	15	27	17
16:13	16:14	17	32	21
16:14	16:15	18	15	25
16:15	16:16	24	3	21
16:16	16:17	17	26	25
16:17	16:18	10	30	19
16:18	16:19	23	15	19
16:19	16:20	29	9	21
16:20	16:21	16	18	19
16:21	16:22	10	30	17
16:22	16:23	22	18	18
16:23	16:24	27	15	17
16:24	16:25	13	17	16
16:25	16:26	10	26	21
16:26	16:27	18	16	20
16:27	16:28	19	12	19
16:28	16:29	12	19	21
16:29	16:30	8	24	14
16:30	16:31	23	19	17
16:31	16:32	22	11	19
16:32	16:33	13	29	20
16:33	16:34	9	21	19
16:34	16:35	22	14	28
16:35	16:36	24	5	24
16:36	16:37	18	20	17
16:37	16:38	17	18	16
16:38	16:39	25	19	24
16:39	16:40	26	10	26
16:40	16:41	14	33	21
16:41	16:42	13	27	19
16:42	16:43	20	23	28
16:43	16:44	20	12	21
16:44	16:45	16	29	13
16:45	16:46	10	26	14
16:46	16:47	23	17	19
16:47	16:48	23	13	18
16:48	16:49	14	26	21
16:49	16:50	14	35	25
16:50	16:51	21	12	24
16:51	16:52	31	17	18
16:52	16:53	12	25	19
16:53	16:54	7	29	24
16:54	16:55	19	15	23
16:55	16:56	23	15	18
16:56	16:57	16	25	15
16:57	16:58	11	23	18
16:58	16:59	23	18	17
16:59	17:00	27	11	22

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1203 veh/hr
Av. Salaverry	1074 veh/hr
Av. Lora y Lora	1199 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3476	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°32: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°32				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Lunes 21 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 17:00 hasta las 18:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
17:00	17:01	10	24	24
17:01	17:02	15	29	20
17:02	17:03	24	20	29
17:03	17:04	26	16	35
17:04	17:05	19	24	26
17:05	17:06	12	25	22
17:06	17:07	15	18	29
17:07	17:08	15	17	30
17:08	17:09	16	22	25
17:09	17:10	12	25	15
17:10	17:11	14	20	23
17:11	17:12	28	18	31
17:12	17:13	14	22	27
17:13	17:14	8	30	18
17:14	17:15	16	19	14
17:15	17:16	17	23	32
17:16	17:17	16	17	17
17:17	17:18	17	23	13
17:18	17:19	20	13	16
17:19	17:20	29	16	20
17:20	17:21	17	22	24
17:21	17:22	10	26	16
17:22	17:23	19	17	23
17:23	17:24	27	8	22
17:24	17:25	13	29	28
17:25	17:26	17	23	25
17:26	17:27	21	17	16
17:27	17:28	21	10	15
17:28	17:29	16	21	3
17:29	17:30	12	26	26
17:30	17:31	24	20	23
17:31	17:32	23	9	17
17:32	17:33	15	23	15
17:33	17:34	12	23	24
17:34	17:35	16	17	15
17:35	17:36	27	10	15
17:36	17:37	12	18	11
17:37	17:38	9	24	20
17:38	17:39	25	17	2
17:39	17:40	26	17	14
17:40	17:41	16	26	18
17:41	17:42	10	25	12
17:42	17:43	19	20	21
17:43	17:44	17	10	31
17:44	17:45	15	22	22
17:45	17:46	12	15	19
17:46	17:47	28	15	12
17:47	17:48	25	11	15
17:48	17:49	15	26	15
17:49	17:50	7	27	16
17:50	17:51	18	16	12
17:51	17:52	26	8	22
17:52	17:53	14	20	30
17:53	17:54	15	27	19
17:54	17:55	25	13	23
17:55	17:56	25	14	17
17:56	17:57	14	20	23
17:57	17:58	12	28	13
17:58	17:59	25	22	6
17:59	18:00	23	11	4

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1170 veh/hr
Av. Salaverry	1066 veh/hr
Av. Lora y Lora	1174 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3410	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°33: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°33				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Lunes 21 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 18:00 hasta las 19:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
18:00	18:01	13	24	25
18:01	18:02	13	25	18
18:02	18:03	18	23	17
18:03	18:04	24	12	22
18:04	18:05	15	21	25
18:05	18:06	10	26	17
18:06	18:07	19	18	10
18:07	18:08	28	14	21
18:08	18:09	18	24	26
18:09	18:10	9	33	17
18:10	18:11	18	15	23
18:11	18:12	29	16	13
18:12	18:13	17	22	16
18:13	18:14	12	28	17
18:14	18:15	25	16	23
18:15	18:16	26	12	13
18:16	18:17	18	16	16
18:17	18:18	9	12	22
18:18	18:19	19	15	26
18:19	18:20	31	7	17
18:20	18:21	15	21	14
18:21	18:22	12	10	12
18:22	18:23	24	4	2
18:23	18:24	17	6	9
18:24	18:25	17	17	7
18:25	18:26	14	24	12
18:26	18:27	18	15	10
18:27	18:28	21	5	13
18:28	18:29	10	19	8
18:29	18:30	9	22	6
18:30	18:31	26	18	22
18:31	18:32	18	9	26
18:32	18:33	17	14	17
18:33	18:34	17	16	14
18:34	18:35	23	13	22
18:35	18:36	23	7	28
18:36	18:37	16	17	16
18:37	18:38	12	25	12
18:38	18:39	13	17	15
18:39	18:40	25	8	26
18:40	18:41	15	30	16
18:41	18:42	15	27	10
18:42	18:43	23	21	19
18:43	18:44	27	8	15
18:44	18:45	10	22	7
18:45	18:46	11	24	15
18:46	18:47	16	21	23
18:47	18:48	21	5	12
18:48	18:49	10	22	15
18:49	18:50	11	31	14
18:50	18:51	21	14	7
18:51	18:52	25	14	7
18:52	18:53	12	27	8
18:53	18:54	13	27	12
18:54	18:55	24	18	6
18:55	18:56	23	7	8
18:56	18:57	11	29	10
18:57	18:58	12	30	5
18:58	18:59	21	20	8
18:59	19:00	23	12	15

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	907 veh/hr
Av. Salaverry	1062 veh/hr
Av. Lora y Lora	1075 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3044	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°34: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°34				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Viernes 25 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 07:00 hasta las 08:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
07:00	07:01	28	20	35
07:01	07:02	15	24	15
07:02	07:03	23	23	25
07:03	07:04	31	10	26
07:04	07:05	17	25	42
07:05	07:06	7	29	22
07:06	07:07	21	22	22
07:07	07:08	35	15	45
07:08	07:09	16	26	38
07:09	07:10	16	28	32
07:10	07:11	25	25	29
07:11	07:12	31	12	54
07:12	07:13	25	24	34
07:13	07:14	11	24	24
07:14	07:15	19	30	28
07:15	07:16	27	12	42
07:16	07:17	19	27	36
07:17	07:18	14	32	25
07:18	07:19	24	23	37
07:19	07:20	33	12	41
07:20	07:21	26	29	39
07:21	07:22	14	28	21
07:22	07:23	25	18	25
07:23	07:24	28	10	46
07:24	07:25	22	21	30
07:25	07:26	12	26	23
07:26	07:27	24	21	30
07:27	07:28	36	17	42
07:28	07:29	21	25	32
07:29	07:30	9	25	26
07:30	07:31	22	18	33
07:31	07:32	26	8	42
07:32	07:33	18	24	40
07:33	07:34	18	29	23
07:34	07:35	23	20	31
07:35	07:36	25	16	41
07:36	07:37	20	25	43
07:37	07:38	19	34	24
07:38	07:39	24	17	23
07:39	07:40	34	13	38
07:40	07:41	20	21	42
07:41	07:42	12	27	20
07:42	07:43	19	25	27
07:43	07:44	24	12	33
07:44	07:45	25	19	36
07:45	07:46	15	27	26
07:46	07:47	20	22	29
07:47	07:48	35	12	43
07:48	07:49	26	27	36
07:49	07:50	13	15	17
07:50	07:51	17	22	24
07:51	07:52	29	13	31
07:52	07:53	17	26	29
07:53	07:54	11	30	23
07:54	07:55	19	17	29
07:55	07:56	28	15	40
07:56	07:57	16	20	27
07:57	07:58	17	25	25
07:58	07:59	25	21	30
07:59	08:00	21	11	31

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1902 veh/hr
Av. Salaverry	1292 veh/hr
Av. Lora y Lora	1274 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
4468	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• **ANEXO N°35: FICHA DE CONTEO VEHICULAR**

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°35				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Viernes 25 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 08:00 hasta las 09:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
08:00	08:01	17	21	33
08:01	08:02	15	21	28
08:02	08:03	25	21	36
08:03	08:04	31	13	39
08:04	08:05	16	30	33
08:05	08:06	20	21	34
08:06	08:07	15	24	43
08:07	08:08	22	14	48
08:08	08:09	20	21	21
08:09	08:10	13	30	29
08:10	08:11	17	22	35
08:11	08:12	23	11	30
08:12	08:13	15	22	25
08:13	08:14	15	26	26
08:14	08:15	20	21	38
08:15	08:16	24	18	27
08:16	08:17	16	25	29
08:17	08:18	7	23	30
08:18	08:19	28	17	21
08:19	08:20	24	16	29
08:20	08:21	22	26	30
08:21	08:22	11	28	32
08:22	08:23	20	22	31
08:23	08:24	24	17	30
08:24	08:25	9	20	19
08:25	08:26	7	25	25
08:26	08:27	22	24	17
08:27	08:28	28	11	27
08:28	08:29	16	26	21
08:29	08:30	13	26	38
08:30	08:31	15	19	29
08:31	08:32	24	10	25
08:32	08:33	17	21	29
08:33	08:34	6	23	32
08:34	08:35	22	20	33
08:35	08:36	30	12	32
08:36	08:37	18	23	41
08:37	08:38	13	22	28
08:38	08:39	23	14	30
08:39	08:40	27	9	40
08:40	08:41	19	23	41
08:41	08:42	12	26	35
08:42	08:43	16	19	34
08:43	08:44	19	17	39
08:44	08:45	22	25	25
08:45	08:46	8	20	17
08:46	08:47	23	20	19
08:47	08:48	25	9	30
08:48	08:49	21	21	24
08:49	08:50	7	21	22
08:50	08:51	17	19	23
08:51	08:52	23	14	20
08:52	08:53	16	21	41
08:53	08:54	9	24	36
08:54	08:55	16	12	21
08:55	08:56	26	7	19
08:56	08:57	21	21	32
08:57	08:58	17	32	30
08:58	08:59	22	17	26
08:59	09:00	27	10	24

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1781 veh/hr
Av. Salaverry	1116 veh/hr
Av. Lora y Lora	1193 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
4090	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°36: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°36				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Viernes 25 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 09:00 hasta las 10:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
09:00	09:01	21	25	22
09:01	09:02	11	24	23
09:02	09:03	25	21	30
09:03	09:04	27	17	31
09:04	09:05	20	25	27
09:05	09:06	16	24	21
09:06	09:07	24	24	25
09:07	09:08	25	10	19
09:08	09:09	12	20	21
09:09	09:10	9	25	23
09:10	09:11	16	21	24
09:11	09:12	20	15	29
09:12	09:13	17	23	31
09:13	09:14	7	23	17
09:14	09:15	21	23	16
09:15	09:16	28	12	15
09:16	09:17	12	18	21
09:17	09:18	9	24	27
09:18	09:19	31	18	24
09:19	09:20	23	14	29
09:20	09:21	18	21	28
09:21	09:22	15	25	31
09:22	09:23	25	18	24
09:23	09:24	17	19	28
09:24	09:25	12	19	34
09:25	09:26	18	29	21
09:26	09:27	21	17	26
09:27	09:28	21	6	14
09:28	09:29	19	15	21
09:29	09:30	12	24	25
09:30	09:31	20	20	31
09:31	09:32	16	9	29
09:32	09:33	17	14	25
09:33	09:34	11	21	29
09:34	09:35	17	22	21
09:35	09:36	21	12	24
09:36	09:37	19	15	17
09:37	09:38	7	30	21
09:38	09:39	14	17	30
09:39	09:40	14	12	21
09:40	09:41	20	20	24
09:41	09:42	13	26	29
09:42	09:43	12	12	19
09:43	09:44	23	9	10
09:44	09:45	13	24	26
09:45	09:46	5	22	15
09:46	09:47	13	16	19
09:47	09:48	19	12	21
09:48	09:49	10	18	22
09:49	09:50	9	20	31
09:50	09:51	20	18	14
09:51	09:52	26	11	21
09:52	09:53	13	27	22
09:53	09:54	12	21	23
09:54	09:55	15	19	19
09:55	09:56	18	9	17
09:56	09:57	17	19	30
09:57	09:58	11	17	32
09:58	09:59	22	20	31
09:59	10:00	25	12	19

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1419 veh/hr
Av. Salaverry	1024 veh/hr
Av. Lora y Lora	1123 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3566	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°37: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°37				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Viernes 25 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 11:00 hasta las 12:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
11:00	11:01	13	18	23
11:01	11:02	10	28	24
11:02	11:03	22	17	26
11:03	11:04	21	9	31
11:04	11:05	11	15	19
11:05	11:06	11	31	17
11:06	11:07	9	17	19
11:07	11:08	15	11	21
11:08	11:09	17	21	29
11:09	11:10	12	23	28
11:10	11:11	23	15	25
11:11	11:12	27	11	21
11:12	11:13	14	21	19
11:13	11:14	10	21	21
11:14	11:15	16	15	30
11:15	11:16	22	14	25
11:16	11:17	22	24	29
11:17	11:18	13	23	30
11:18	11:19	18	14	15
11:19	11:20	18	13	19
11:20	11:21	10	21	21
11:21	11:22	10	28	22
11:22	11:23	18	19	27
11:23	11:24	23	13	21
11:24	11:25	22	18	22
11:25	11:26	15	27	31
11:26	11:27	20	15	24
11:27	11:28	19	8	25
11:28	11:29	11	15	24
11:29	11:30	10	31	22
11:30	11:31	16	18	21
11:31	11:32	23	18	22
11:32	11:33	16	18	19
11:33	11:34	16	31	28
11:34	11:35	15	23	24
11:35	11:36	30	9	31
11:36	11:37	21	21	30
11:37	11:38	13	30	25
11:38	11:39	15	19	22
11:39	11:40	22	8	19
11:40	11:41	15	22	19
11:41	11:42	11	21	21
11:42	11:43	19	18	25
11:43	11:44	25	11	21
11:44	11:45	17	21	34
11:45	11:46	12	24	25
11:46	11:47	16	24	22
11:47	11:48	23	5	36
11:48	11:49	16	18	21
11:49	11:50	9	21	41
11:50	11:51	13	18	25
11:51	11:52	27	9	40
11:52	11:53	24	17	14
11:53	11:54	7	23	18
11:54	11:55	20	19	17
11:55	11:56	20	9	21
11:56	11:57	18	17	22
11:57	11:58	12	20	36
11:58	11:59	20	20	14
11:59	12:00	25	14	24

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1447 veh/hr
Av. Salaverry	1018 veh/hr
Av. Lora y Lora	1102 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3567	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• **ANEXO N°38: FICHA DE CONTEO VEHICULAR**

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°38				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Viernes 25 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 12:00 hasta las 13:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
12:00	12:01	18	27	24
12:01	12:02	10	28	26
12:02	12:03	11	12	28
12:03	12:04	14	12	16
12:04	12:05	14	20	14
12:05	12:06	9	14	18
12:06	12:07	22	18	21
12:07	12:08	17	13	24
12:08	12:09	10	19	24
12:09	12:10	13	26	16
12:10	12:11	23	16	13
12:11	12:12	20	15	18
12:12	12:13	15	14	12
12:13	12:14	12	21	15
12:14	12:15	16	21	22
12:15	12:16	20	4	21
12:16	12:17	13	16	24
12:17	12:18	6	24	14
12:18	12:19	12	16	17
12:19	12:20	19	14	21
12:20	12:21	15	26	24
12:21	12:22	10	23	21
12:22	12:23	17	20	24
12:23	12:24	21	3	25
12:24	12:25	17	21	25
12:25	12:26	17	18	16
12:26	12:27	16	21	19
12:27	12:28	23	12	14
12:28	12:29	16	22	19
12:29	12:30	12	23	21
12:30	12:31	16	17	24
12:31	12:32	25	11	26
12:32	12:33	18	15	12
12:33	12:34	10	27	19
12:34	12:35	22	18	21
12:35	12:36	25	9	24
12:36	12:37	16	22	28
12:37	12:38	17	27	27
12:38	12:39	12	19	26
12:39	12:40	15	11	15
12:40	12:41	8	21	20
12:41	12:42	12	29	22
12:42	12:43	21	19	21
12:43	12:44	24	14	14
12:44	12:45	12	25	19
12:45	12:46	11	33	21
12:46	12:47	23	20	22
12:47	12:48	24	10	26
12:48	12:49	14	23	27
12:49	12:50	10	29	21
12:50	12:51	23	18	20
12:51	12:52	28	14	18
12:52	12:53	15	20	14
12:53	12:54	10	25	20
12:54	12:55	26	18	21
12:55	12:56	32	13	15
12:56	12:57	25	13	17
12:57	12:58	15	34	16
12:58	12:59	24	23	18
12:59	13:00	16	12	20

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1210 veh/hr
Av. Salaverry	1007 veh/hr
Av. Lora y Lora	1128 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3345	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°39: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°39				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Viernes 25 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 13:00 hasta las 14:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
13:00	13:01	17	24	19
13:01	13:02	13	32	21
13:02	13:03	18	17	20
13:03	13:04	19	8	24
13:04	13:05	13	22	26
13:05	13:06	10	31	27
13:06	13:07	20	17	21
13:07	13:08	25	17	19
13:08	13:09	14	25	16
13:09	13:10	13	29	17
13:10	13:11	18	21	15
13:11	13:12	24	13	21
13:12	13:13	10	24	22
13:13	13:14	9	25	19
13:14	13:15	20	13	20
13:15	13:16	22	15	15
13:16	13:17	15	28	14
13:17	13:18	13	30	15
13:18	13:19	16	16	16
13:19	13:20	23	5	19
13:20	13:21	19	18	24
13:21	13:22	14	20	26
13:22	13:23	15	19	24
13:23	13:24	23	10	23
13:24	13:25	16	21	22
13:25	13:26	12	24	21
13:26	13:27	24	20	30
13:27	13:28	24	11	24
13:28	13:29	29	18	26
13:29	13:30	14	27	21
13:30	13:31	18	12	29
13:31	13:32	21	14	30
13:32	13:33	11	18	21
13:33	13:34	14	19	24
13:34	13:35	17	9	25
13:35	13:36	22	11	26
13:36	13:37	14	27	20
13:37	13:38	12	19	17
13:38	13:39	12	19	14
13:39	13:40	21	8	10
13:40	13:41	19	23	15
13:41	13:42	5	17	21
13:42	13:43	21	17	24
13:43	13:44	24	10	26
13:44	13:45	16	22	19
13:45	13:46	13	26	25
13:46	13:47	18	19	20
13:47	13:48	17	12	17
13:48	13:49	18	24	16
13:49	13:50	11	20	13
13:50	13:51	17	17	17
13:51	13:52	29	11	19
13:52	13:53	19	16	21
13:53	13:54	14	21	22
13:54	13:55	24	14	23
13:55	13:56	21	11	27
13:56	13:57	17	18	28
13:57	13:58	9	29	21
13:58	13:59	13	23	24
13:59	14:00	26	4	23

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1264 veh/hr
Av. Salaverry	1035 veh/hr
Av. Lora y Lora	1110 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3409	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°40: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°40				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Viernes 25 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 16:00 hasta las 17:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
16:00	16:01	9	20	12
16:01	16:02	13	29	26
16:02	16:03	24	13	29
16:03	16:04	25	11	19
16:04	16:05	17	21	13
16:05	16:06	11	30	23
16:06	16:07	10	17	13
16:07	16:08	16	8	17
16:08	16:09	13	16	13
16:09	16:10	8	23	23
16:10	16:11	22	12	23
16:11	16:12	28	7	14
16:12	16:13	14	22	21
16:13	16:14	16	29	26
16:14	16:15	17	21	12
16:15	16:16	21	10	16
16:16	16:17	14	18	19
16:17	16:18	9	29	23
16:18	16:19	14	21	21
16:19	16:20	9	10	15
16:20	16:21	7	22	16
16:21	16:22	3	19	18
16:22	16:23	26	19	27
16:23	16:24	19	13	14
16:24	16:25	18	20	18
16:25	16:26	15	21	23
16:26	16:27	26	16	30
16:27	16:28	22	14	17
16:28	16:29	7	22	15
16:29	16:30	9	24	20
16:30	16:31	23	19	29
16:31	16:32	26	19	17
16:32	16:33	14	20	13
16:33	16:34	12	24	23
16:34	16:35	16	18	25
16:35	16:36	15	13	47
16:36	16:37	12	25	30
16:37	16:38	9	28	25
16:38	16:39	31	16	34
16:39	16:40	20	19	16
16:40	16:41	16	19	12
16:41	16:42	12	32	34
16:42	16:43	21	19	18
16:43	16:44	21	21	26
16:44	16:45	15	29	15
16:45	16:46	14	29	18
16:46	16:47	17	17	15
16:47	16:48	22	17	20
16:48	16:49	15	22	21
16:49	16:50	13	23	15
16:50	16:51	21	14	16
16:51	16:52	19	18	18
16:52	16:53	20	26	23
16:53	16:54	11	15	19
16:54	16:55	19	18	12
16:55	16:56	24	15	25
16:56	16:57	17	30	21
16:57	16:58	14	25	30
16:58	16:59	16	16	24
16:59	17:00	13	20	24

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	
1241	veh/hr
Av. Salaverry	
980	veh/hr
Av. Lora y Lora	
1183	veh/hr

Total de vehiculo en todo el	
rango horario	
3404	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°41: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°41				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Viernes 25 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 17:00 hasta las 18:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
17:00	17:01	14	24	18
17:01	17:02	16	29	16
17:02	17:03	23	21	25
17:03	17:04	29	20	34
17:04	17:05	15	22	16
17:05	17:06	11	29	20
17:06	17:07	21	15	13
17:07	17:08	24	14	19
17:08	17:09	18	25	13
17:09	17:10	8	20	23
17:10	17:11	22	8	13
17:11	17:12	22	6	17
17:12	17:13	12	11	13
17:13	17:14	15	18	23
17:14	17:15	25	13	23
17:15	17:16	19	14	12
17:16	17:17	12	21	13
17:17	17:18	13	26	10
17:18	17:19	10	12	20
17:19	17:20	25	16	22
17:20	17:21	15	19	29
17:21	17:22	10	23	21
17:22	17:23	24	19	20
17:23	17:24	23	19	24
17:24	17:25	12	26	18
17:25	17:26	3	29	20
17:26	17:27	20	19	25
17:27	17:28	15	13	21
17:28	17:29	6	17	18
17:29	17:30	12	26	22
17:30	17:31	22	30	26
17:31	17:32	32	23	29
17:32	17:33	15	26	19
17:33	17:34	13	26	16
17:34	17:35	21	14	21
17:35	17:36	18	13	19
17:36	17:37	14	21	32
17:37	17:38	15	20	19
17:38	17:39	15	16	19
17:39	17:40	28	20	18
17:40	17:41	10	28	29
17:41	17:42	10	19	21
17:42	17:43	23	14	26
17:43	17:44	13	20	22
17:44	17:45	17	23	19
17:45	17:46	13	30	21
17:46	17:47	23	17	30
17:47	17:48	23	15	17
17:48	17:49	13	17	19
17:49	17:50	9	29	16
17:50	17:51	16	20	19
17:51	17:52	25	13	12
17:52	17:53	14	23	20
17:53	17:54	6	25	21
17:54	17:55	0	47	21
17:55	17:56	21	22	25
17:56	17:57	15	25	18
17:57	17:58	16	23	14
17:58	17:59	18	27	20
17:59	18:00	27	11	19

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1208 veh/hr
Av. Salaverry	999 veh/hr
Av. Lora y Lora	1231 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3438	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

• ANEXO N°42: FICHA DE CONTEO VEHICULAR

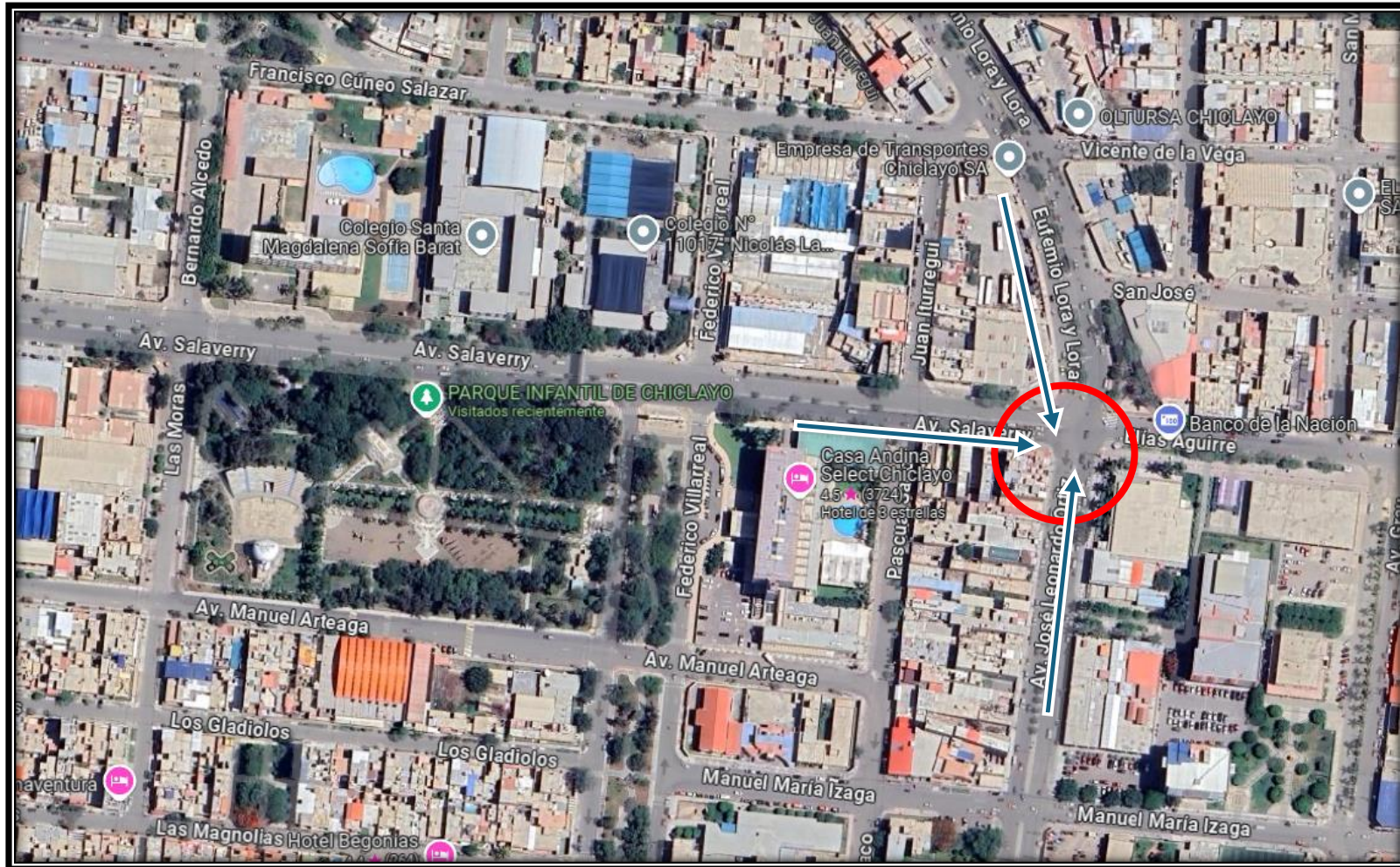
FICHA DE CONTEO VEHICULAR - N°42				
UBICACIÓN		Nudo Vial Salaverry - Elias Aguirre		
FECHA		Viernes 25 de abril del 2025		
RANGO HORARIO		Desde las 18:00 hasta las 19:00 hrs		
TESIS		Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo		
TESISTA		Renatto Stephano Velasquez Lucanas		
Minuto		Cantidad de vehiculos que ingresan al nudo desde		
		Av. J.L. Ortiz (veh/min)	Av. Salaverry (veh/min)	Av. Lora y Lora (veh/min)
18:00	18:01	13	20	25
18:01	18:02	10	34	21
18:02	18:03	21	16	12
18:03	18:04	20	12	22
18:04	18:05	16	34	26
18:05	18:06	17	21	25
18:06	18:07	19	11	21
18:07	18:08	22	13	12
18:08	18:09	17	26	22
18:09	18:10	4	23	26
18:10	18:11	26	15	21
18:11	18:12	11	22	8
18:12	18:13	13	22	22
18:13	18:14	15	14	29
18:14	18:15	18	20	28
18:15	18:16	12	26	22
18:16	18:17	22	22	23
18:17	18:18	26	8	23
18:18	18:19	18	21	30
18:19	18:20	15	32	22
18:20	18:21	19	18	24
18:21	18:22	15	14	25
18:22	18:23	9	24	35
18:23	18:24	17	28	15
18:24	18:25	16	19	24
18:25	18:26	23	14	32
18:26	18:27	18	21	30
18:27	18:28	10	28	21
18:28	18:29	14	20	21
18:29	18:30	6	17	18
18:30	18:31	17	28	19
18:31	18:32	15	22	25
18:32	18:33	24	9	40
18:33	18:34	15	20	39
18:34	18:35	15	21	19
18:35	18:36	11	18	23
18:36	18:37	20	13	36
18:37	18:38	14	24	30
18:38	18:39	17	29	18
18:39	18:40	11	21	15
18:40	18:41	22	38	28
18:41	18:42	27	22	24
18:42	18:43	15	25	22
18:43	18:44	15	27	15
18:44	18:45	30	35	41
18:45	18:46	24	20	32
18:46	18:47	19	18	29
18:47	18:48	5	33	16
18:48	18:49	9	53	35
18:49	18:50	22	38	19
18:50	18:51	27	22	29
18:51	18:52	15	10	33
18:52	18:53	15	19	31
18:53	18:54	30	21	18
18:54	18:55	24	25	26
18:55	18:56	19	8	26
18:56	18:57	5	18	38
18:57	18:58	9	23	19
18:58	18:59	15	33	24
18:59	19:00	22	39	23

Total de vehiculos desde	
Av. Jose Leonardo Ortiz	1477 veh/hr
Av. Salaverry	1010 veh/hr
Av. Lora y Lora	1347 veh/hr

Total de vehiculo en todo el rango horario	
3834	veh/hr

FUENTE: Elaboración propia

- ANEXO N°43: IMAGEN DEL NUDO VIAL SALAVERRY – ELIAS AGUIRRE Y VIAS ALIMENTADORAS



FUENTE: Google Maps

- ANEXO N°44: INTERSECCION INFLUYENTE DE AV. SALAVERRY: Cruce con Calle Las Moras/Bernardo Acedo



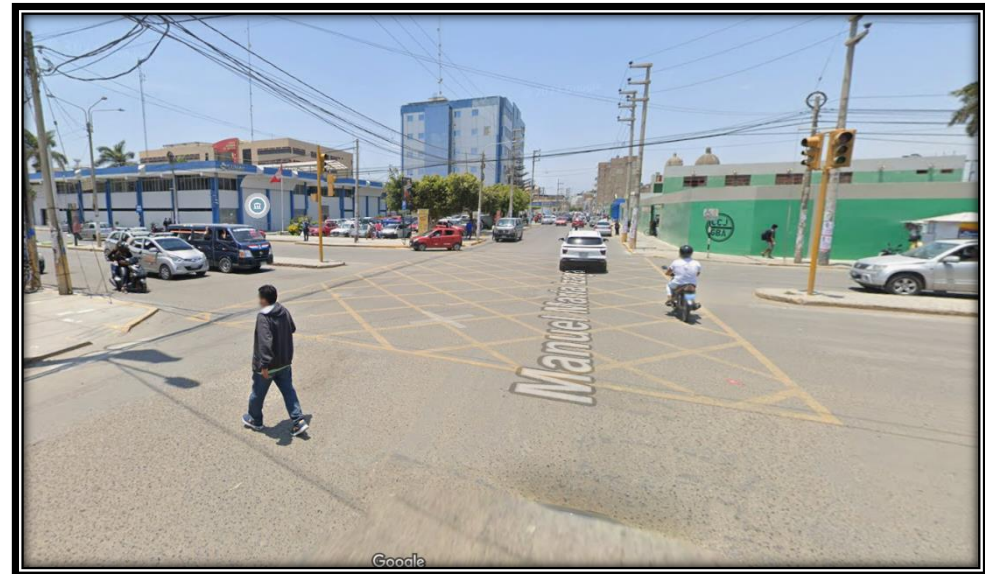
FUENTE: Google Maps

- ANEXO N°45: INTERSECCION INFLUYENTE DE AV. EUFEMIA LORA Y LORA: Cruce con Calle San José



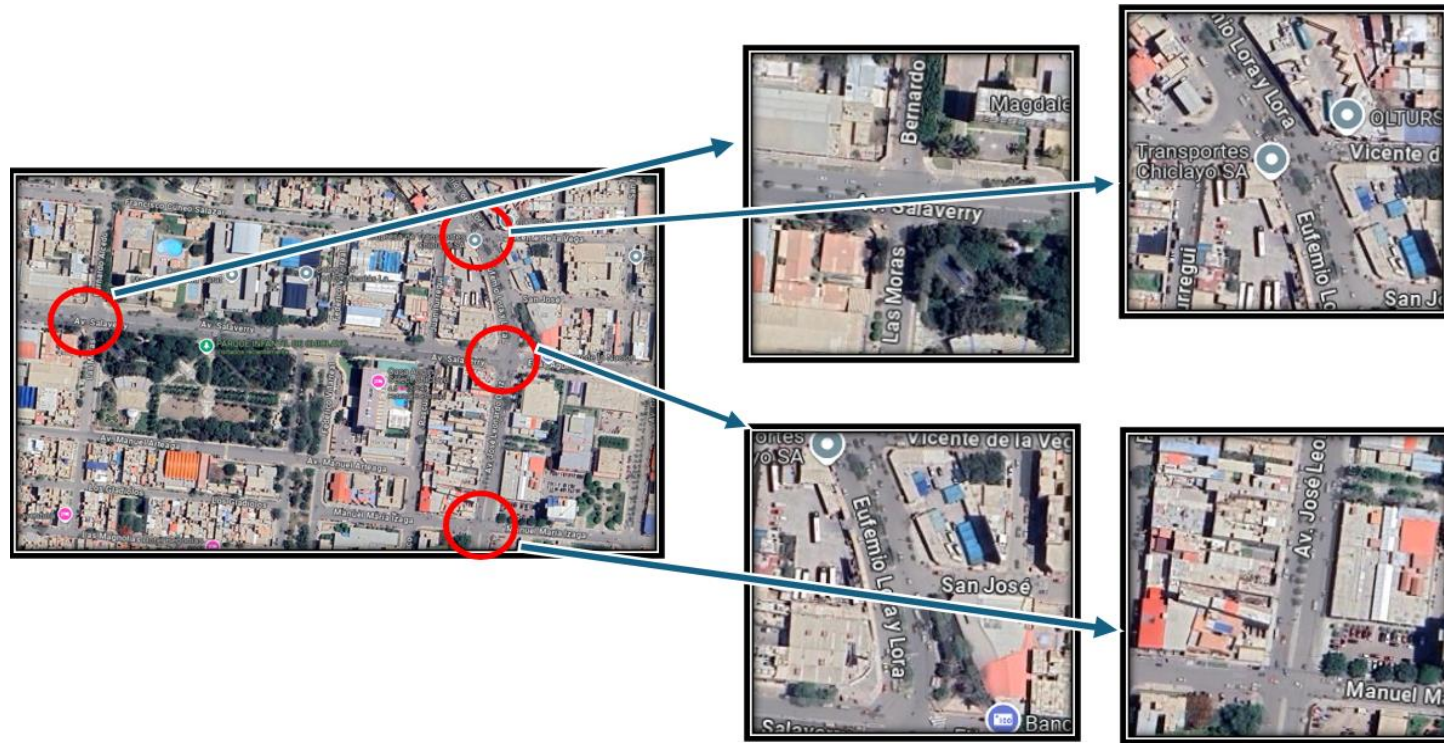
FUENTE: Google Maps

- ANEXO N°46: INTERSECCION INFLUYENTE DE AV. JOSE LEONARDO ORTIZ: Cruce con Calle Maria Izaga



FUENTE: Google Maps

- ANEXO N°47: IMAGENES DE INTERSECCIONES DE VIASALIMENTADORAS INFLUYENTE



FUENTE: Google Maps

- ANEXO N°48: TOMANDO MEDIDAS EN CAMPO



FUENTE: PROPIA DEL TESISISTA

- ANEXO N°49: TOMANDO MEDIDAS EN CAMPO



FUENTE: PROPIA DEL TESISTA

- **ANEXO N°50: TOMANDO MEDIDAS EN CAMPO**



FUENTE: PROPIA DEL TESISTA

- ANEXO N°51: TOMANDO MEDIDAS EN CAMPO



FUENTE: PROPIA DEL TESISTA

- ANEXO N°52: OBSERVANDO SEÑALES VERTICALES EXISTENTES



FUENTE: PROPIA DEL TESISISTA

- **ANEXO N°53: OBSERVANDO SEÑALES VERTICALES EXISTENTES**



FUENTE: PROPIA DEL TESISTA

- ANEXO N°54: OBSERVANDO SEÑALES VERTICALES EXISTENTES



FUENTE: PROPIA DEL TESISISTA

- ANEXO N°55: OBSERVANDO SEÑALES VERTICALES EXISTENTES



FUENTE: PROPIA DEL TESISISTA

- **ANEXO N°56: OBSERVANDO SEÑALES VERTICALES EXISTENTES**



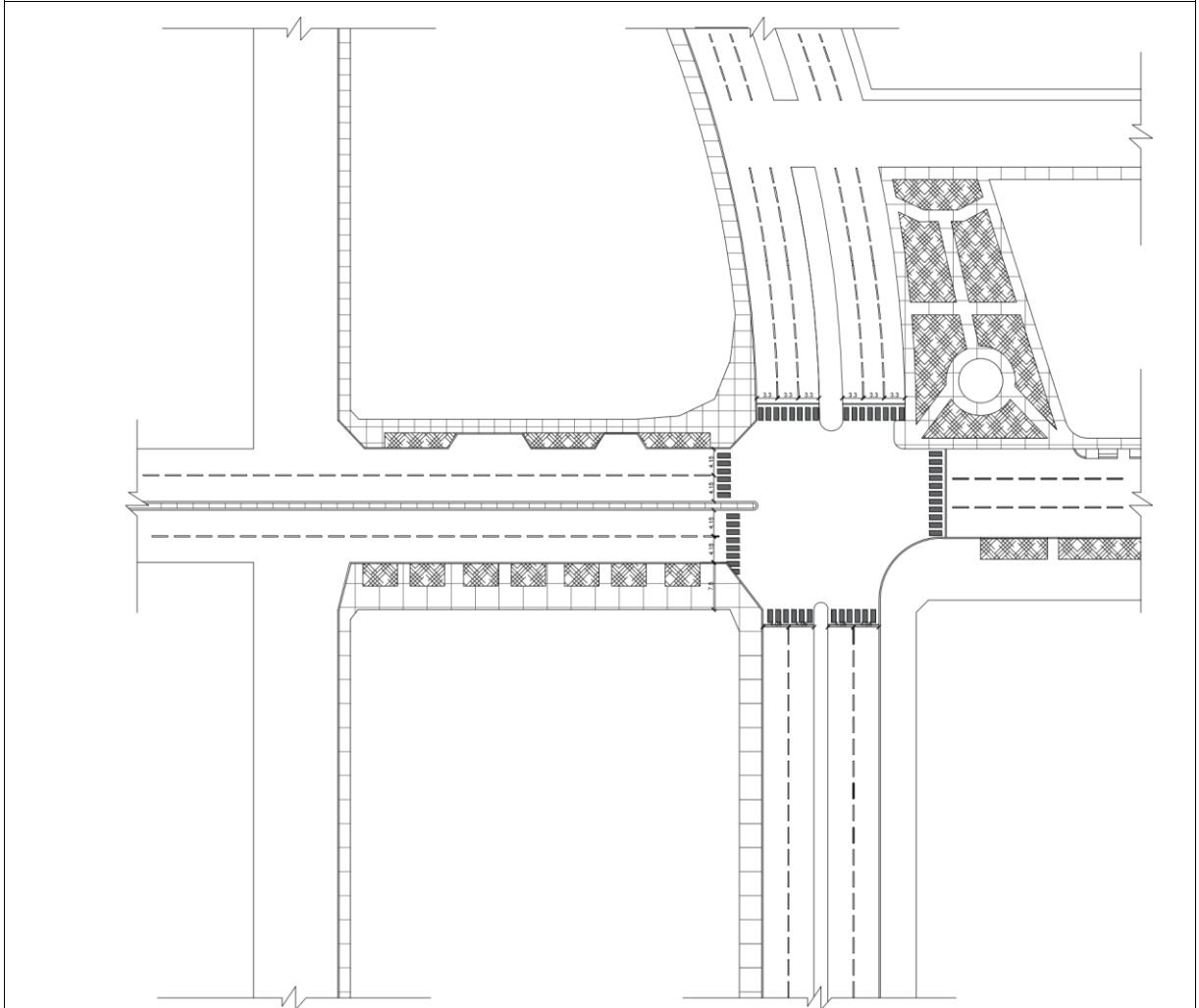
FUENTE: PROPIA DEL TESISISTA

- ANEXO N°57: OBSERVANDO EL TIEMPO SEMAFORICO



FUENTE: PROPIA DEL TESISISTA

• **ANEXO N°58: PLANO DEL CRUCE VEHICULAR SALAVERRY-ELIAS AGUIRRE – ESTADO ACTUAL**



**DISEÑO GEOMETRICO ACTUAL DEL
NUDO VIAL SALAVERRY-ELIAS AGUIRRE**

PLANO	Diseño Geométrico - 01	FECHA	Dic - 2025
AUTOR	Tesista Renatto Stephano Velasquez Lucanas	UNIV.	U. Catolica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	Análisis del nivel de servicio en el nudo vial Salaverry-Elias Aguirre con enfoque HCM y propuestas de mejora, Chiclayo.		

FUENTE: PROPIA DEL TESISTA


- **ANEXO N°59: PLANO DEL CRUCE VEHICULAR SALAVERRY-ELIAS AGUIRRE – ESTADO ACTUAL**



FUENTE: PROPIA DEL TESISTA

- **ANEXO N°60: SOLICITUD AL CLUB DE TIRO ELIAS AGUIRRE PARA APOYO EN ESTA INVESTIGACION.**

SOLICITUD



Sra. Diana Guerrero Poémape
Presidenta de la Sociedad de Tiro
Elías Aguirre 77 - Chiclayo

Asunto: Solicitud de autorización para la instalación de una cámara de video con fines académicos.

Estimada Sra. Guerrero Poémape,

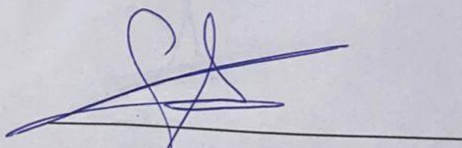
Reciba un cordial saludo. Mi nombre es Renatto Stephano Velasquez Lucanas, estudiante de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, con código universitario 151TD55384 y Documento Nacional de Identidad 72033726. Actualmente, me encuentro desarrollando mi tesis titulada **“Análisis del Nivel de Servicio en el Nudo Vial Salaverry-Elías Aguirre con Enfoque HCM y Propuestas de Mejora, Chiclayo”**, la cual tiene como objetivo analizar la problemática del tránsito vehicular en dicho cruce.

En ese sentido, me dirijo a usted con el fin de solicitar autorización para la instalación temporal de una cámara en la parte superior o en el frontis de la fachada de la Sociedad de Tiro Elías Aguirre. Esta cámara será utilizada exclusivamente para la recolección de datos sobre el flujo vehicular en la zona y contribuirá al análisis académico del estudio.

Asimismo, agradecería se me pueda brindar factibilidad para el acceso a un punto de energía eléctrica con el fin de alimentar la cámara durante el periodo de estudio. Garantizo que la instalación será segura, no ocasionará daños en la infraestructura del club y será retirada una vez finalizado el proceso de recolección de información.









Quedo atento a su respuesta y agradezco de antemano su apoyo a la investigación académica.

Atentamente,


 Renatto Stephano Velasquez Lucanas
 DNI: 72033726
 Celular: 996865465
 Correo: steph.vlqz@gmail.com

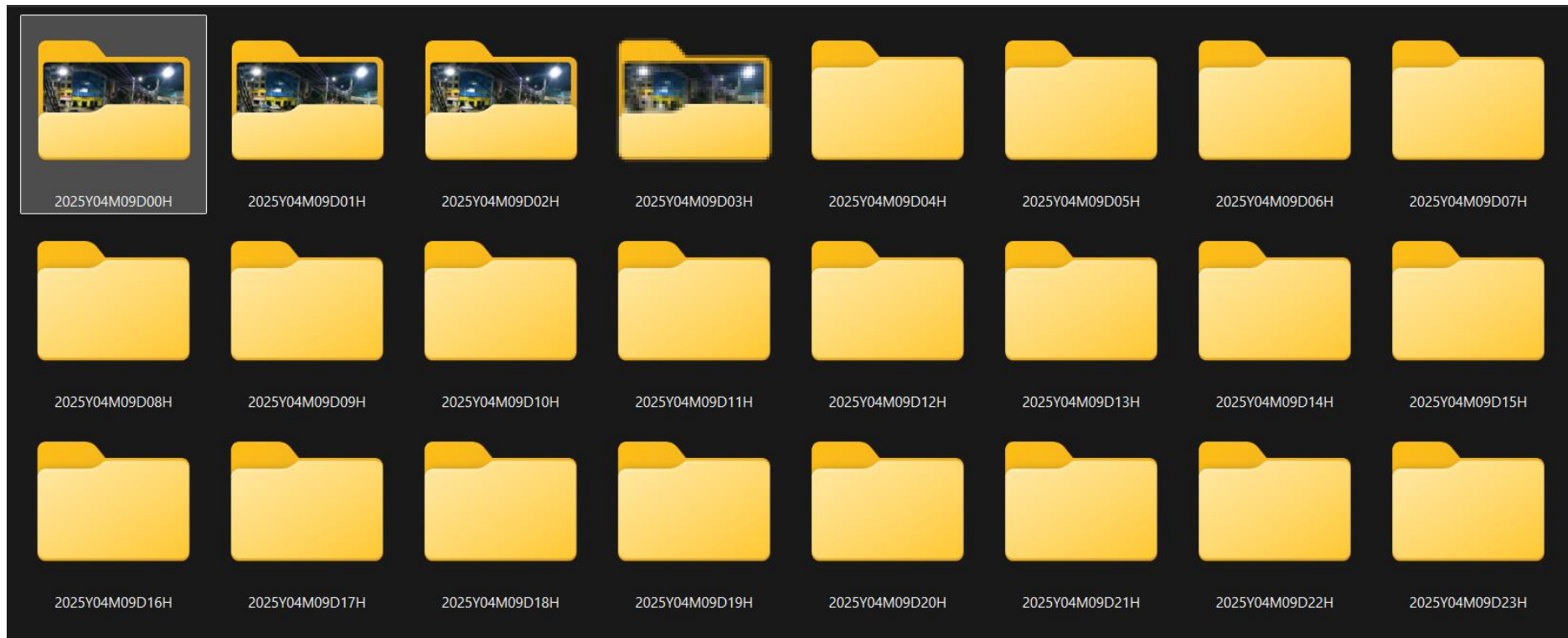
FUENTE: PROPI

- **ANEXO N°61: CARPETA DE VIDEOS – 7 DIAS**

Nombre	Fecha de modificación	Tipo
 1 Lunes 21 de abril del 2025	26/09/2025 17:45	Carpeta de archivos
 2 Martes 22 de abril del 2025	26/09/2025 17:54	Carpeta de archivos
 3 Miercoles 09 de abril 2025	26/09/2025 18:02	Carpeta de archivos
 4 Jueves 10 de abril 2025	26/09/2025 18:11	Carpeta de archivos
 5 Viernes 25 de abril 2025	26/09/2025 18:20	Carpeta de archivos
 6 Sabado 26 de abril 2025	26/09/2025 18:28	Carpeta de archivos
 7 Domingo 27 de abril 2025	26/09/2025 18:37	Carpeta de archivos
 CRUCES ALEDAÑOS	10/10/2025 20:13	Carpeta de archivos

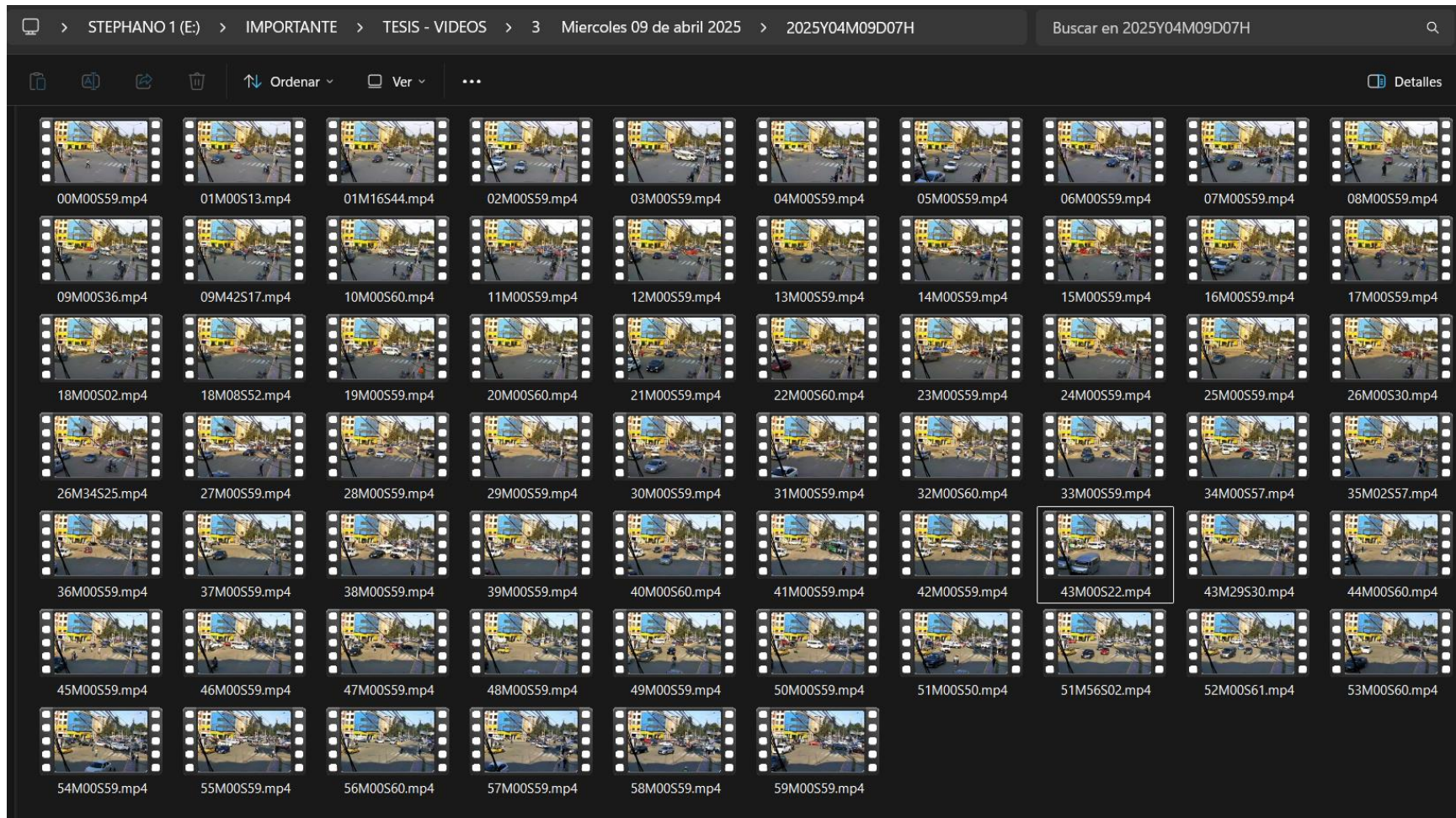
FUENTE: PROPIA DEL TESISISTA

- **ANEXO N°62: CARPETA DE VIDEOS – DIA MIERCOLES 24 HRS**



FUENTE: PROPIA DEL TESISTA

• ANEXO N°63: CARPETA DE VIDEOS – DIA MIERCOLES – HORA 7:00 A 8:00 HRS



FUENTE: PROPIA DEL TESISISTA