

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Análisis y mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Avenida
Prolongación Unión, distrito y provincia de Trujillo – La Libertad, 2022

Línea de investigación: Ingeniería de Transportes

Sub línea de investigación: Transportes

Autores:

Hilario Jacobo, Juan Julio

Valdiviezo Pérez, Flor de María

Jurado Evaluador:

Presidente: Velásquez Díaz, Gilberto Anaximandro

Secretario: Farfán Córdova, Marlon Gastón

Vocal: Panduro Alvarado, Elka

Asesor:

Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de sustentación: 2023/04/14

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Análisis y mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Avenida
Prolongación Unión, distrito y provincia de Trujillo – La Libertad, 2022

Línea de investigación: Ingeniería de Transportes

Sub línea de investigación: Transportes

Autores:

Hilario Jacobo, Juan Julio

Valdiviezo Pérez, Flor de María

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Velásquez Díaz, Gilberto Anaximandro

Secretario: Ing. Farfán Córdova, Marlon Gastón

Vocal: Ing. Panduro Alvarado, Elka

Asesor:

Burgos Sarmiento, Tito Alfredo

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2143-1566>

TRUJILLO – PERÚ

2023

Fecha de sustentación: Fecha de sustentación: 2023/04/14

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Porque día a día se esfuerzan para formarme como buena persona ética y profesionalmente.

BR. HILARIO JACOBO JUAN

En primer lugar, a Dios, por darme la oportunidad de vivir para lograr mis objetivos en mi formación profesional, en segundo lugar, a mis Padres y mis hermanos por ser los pilares más importantes en mi vida, por sus consejos, enseñanzas, valores y principios por ustedes he logrado llegar hasta aquí.

En tercer lugar, a mi tía Jenny, a quien quiero como mi segunda madre, por estar conmigo en momentos significantes, por escucharme y ayudarme en cualquier momento y por último a mis tíos y abuelos, quienes han sido de gran ayuda en mi vida porque siempre he contado con su apoyo y su amor.

BR. VALDIVIEZO PÉREZ FLOR DE MARÍA

AGRADECIMIENTO

A los docentes, gracias a ellos por la información brindada en el campus universitario. Nuestra especial consideración al Ing. Burgos Sarmiento Tito Alfredo por su asesoramiento, observaciones, críticas, tolerancia y apoyo académico en toda la elaboración de la presente tesis.

BR. HILARIO JACOBO JUAN

A DIOS:

Por darme la fuerza necesaria para cumplir mis objetivos y metas trazadas, también por haber puesto en mi camino a personas que han sido mi compañía y me brindaron su apoyo desinteresado durante mi carrera profesional.

PADRES:

Por su apoyo incondicional, su confianza, dedicación y por creer en mí.

ASESOR:

Por brindarme su apoyo y su tiempo para culminar este proyecto.

BR. VALDIVIEZO PÉREZ FLOR DE MARÍA

RESUMEN

En el transcurso de cada año, la población y el parque automotor va creciendo, y los estudios respectivos que se han realizado con anterioridad se vuelven obsoletos, por ende, también se vuelven imprecisos si se quieren diseñar nuevos proyectos viales y que estos a su vez satisfagan la necesidad poblacional. Por esto se ha visto necesario desarrollar esta investigación, cuya meta principal está orientada en el diagnóstico del tránsito para plantear algunas propuestas en la zona de estudio para la mejora del tránsito vehicular y peatonal. La metodología utilizada para desarrollar este estudio fue la del “Manual de Capacidad de Carreteras”, obteniendo datos como: Ancho de las vías, tipos de vehículos, capacidad, distribución de semáforos, niveles de servicio y máxima intensidad en horas punta. El análisis de resultados pudo demostrar que existen demoras en los viajes vehiculares en cada intersección semaforizada, lo que genera problemas de congestión. Se concluyó además que las intersecciones de la Av. Prolongación Unión con la Av. América y con la Avenida Pesqueda tienen un Nivel E y D en cuanto a servicio vehicular, respectivamente, considerado como un nivel regularmente bajo, debido al gran desequilibrio en la oferta y demanda de transporte. El nivel de servicio de peatones para ambas intersecciones es el C siendo un nivel regular. Por último, se plantean algunas propuestas de mejora en base al análisis y resultados obtenidos en este trabajo.

ABSTRACT

In the course of each year, the population and the vehicle fleet grow, and the respective studies that have been carried out previously become obsolete, therefore, they also become inaccurate if new road projects are to be designed and that these in turn meet the population's needs. For this reason, it has been necessary to develop this research, whose main goal is oriented to the diagnosis of traffic in order to propose some proposals in the study area for the improvement of vehicular and pedestrian traffic. The methodology used to develop this study was that of the "Highway Capacity Manual", obtaining data such as: road width, types of vehicles, capacity, traffic light distribution, service levels and maximum intensity at peak hours. The analysis of the results showed that there are delays in vehicular trips at each traffic-light intersection, which generates congestion problems. It was also concluded that the intersections of Prolongación Unión Avenue with América Avenue and Pesqueda Avenue have a Level E and D in terms of vehicular service, respectively, considered a regularly low level, due to the great imbalance in the supply and demand of transportation. The pedestrian level of service for both intersections is C being a regular level. Finally, some proposals for improvement are put forward based on the analysis and results obtained in this work.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado

Luego de haber cumplido de manera correcta y pertinente en conformidad a las normas dadas por el Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento de Grados y Títulos para obtener el grado de título profesional de Ingeniero Civil, gratamente ponemos a consideración el presente trabajo de investigación titulado: “Estudio y propuesta de mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Avenida Prolongación Unión de Trujillo - La Libertad”.

Atentamente,

Trujillo, del 2022.

Br. Hilario Jacobo Juan

Br. Valdiviezo Pérez Flor de María

ÍNDICE

| | |
|--|------------|
| DEDICATORIA | IV |
| AGRADECIMIENTO | V |
| RESUMEN | VI |
| ABSTRACT | VII |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Problema de investigación | 1 |
| 1.2. Objetivos | 2 |
| 1.3. Justificación del estudio | 3 |
| II. MARCO DE REFERENCIA | 3 |
| 2.1. Antecedentes del estudio | 3 |
| 2.2. Marco teórico | 6 |
| 2.3. Marco conceptual | 37 |
| 2.4. Sistema de Hipótesis | 39 |
| 2.4.1. Hipótesis | 39 |
| 2.4.2. Variables e Indicadores | 39 |
| 2.4.3. Operacionalización de variables | 39 |
| TABLA 1 | 39 |
| III. METODOLOGÍA EMPLEADA | 40 |
| 3.1. Tipo y Nivel de Investigación | 40 |
| 3.1.1. Tipo de Investigación | 40 |
| 3.1.2. Nivel de Investigación | 40 |
| 3.2. Población y Muestra de Estudio | 40 |
| 3.2.1. Población | 40 |
| 3.2.2. Muestra | 40 |
| 3.3. Diseño de Investigación | 40 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de investigación | 41 |
| 3.5. Procesamiento y Análisis de Datos | 41 |
| IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 43 |
| 4.1. Análisis e Interpretación de datos | 43 |
| 4.1.1. Ubicación del Proyecto | 43 |
| 4.1.2. Procedimientos | 44 |
| 4.1.3. Análisis Vehicular | 44 |
| 4.1.4. Análisis Peatonal | 44 |
| 4.1.5. Intersección SemafORIZADA Av. Prolong. Unión y Av. América | 45 |
| 4.1.6. Intersección SemafORIZADA Av. Prolong. Unión y Av. Pesqueda | 70 |
| 4.2. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO | 93 |
| V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 106 |
| CONCLUSIONES | 109 |
| RECOMENDACIONES | 110 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 111 |
| ANEXOS | 113 |

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1: Vehículos De Categoría L5 | 6 |
| Figura 2: Vehículos De La Categoría M1 | 7 |
| Figura 3: Vehículos De Categoría M2 Y M3 | 8 |
| Figura 4: Vehículos De Categoría N1, N2 Y N3 | 8 |
| Figura 5: Vehículos De La Categoría O1, O2 Y O3: Remolques | 9 |
| Figura 6: Funcionamiento De Una Intersección SemafORIZADA | 12 |
| Figura 7: Tipos De Movimientos En Una Intersección | 13 |
| Figura 8: Ancho De Carriles | 14 |
| Figura 9: Obstáculos Laterales A La Calzada Y Ancho De Bermas | 15 |
| Figura 10: Niveles De Servicio En Vías Urbanas | 16 |
| Figura 11: Factor De Corrección De Ancho De Carril | 18 |
| Figura 12: Factor De Corrección Del Porcentaje De Vehículos Pesados. | 19 |
| Figura 13: Factor De Corrección Del Porcentaje De La Pendiente | 19 |
| Figura 14: Factor De Corrección Del Número De Estacionamientos Por Hora. | 20 |
| Figura 15: Factor De Corrección Para El Tipo De Zona Urbana | 20 |
| Figura 16: Factor De Corrección Para El Número De Autobuses Que Paran Por Hora. | 20 |
| Figura 17: Factor De Corrección Para Giros A La Derecha. | 21 |
| Figura 18: Factor De Corrección Para Giros A La Derecha | 21 |
| Figura 19: Clasificación Del Nivel De Servicio Vehicular | 23 |
| Figura 20: Límites De La Vía Peatonal | 24 |
| Figura 21: Niveles De Servicio En Vías Peatonales | 25 |
| Figura 22: Elementos De Partida Para El Cálculo De Pasos Peatonales | 30 |
| Figura 23: Posibles Movimientos En Una Esquina | 31 |
| Figura 24: Estados De La Esquina En Un Ciclo Semafórico | 32 |
| Figura 25: Características Geométricas De Una Esquina | 33 |
| Tabla 1: Operacionalización De Variable Independiente | 39 |
| Figura 26: Mapa De La Ciudad De Trujillo | 43 |
| Figura 27: Mapa De Ubicación De La Av. Prolongación Unión | 43 |
| Figura 28: Mapa De Ubicación De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. América | 45 |
| Figura 29: Aforo Vehicular De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. América | 47 |
| Figura 30: Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. América | 47 |
| Tabla 2: Aforo Vehicular C/ 15 Min En La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. América | 48 |
| Figura 31: Porcentaje De Tipos De Vehículos De La Av. Prolong. Unión Y Av. América | 48 |
| Tabla 3: Ancho De Vías De La Av. Prolong. Unión – Intersección Con Av. América | 52 |
| Tabla 4: Ancho De Vías De La Av. América | 52 |
| Tabla 5: Reglaje Semafórico De La Intersección Av. Prolongación Unión Y América | 54 |
| Tabla 6: Datos De La Intersección Av. Prolongación Unión Y América | 54 |
| Tabla 7: Factor Verde De La Intersección Av. Prolongación Unión Y América | 55 |
| Tabla 8: Factor Anchura De Carril De La Intersección Av. Prolongación Unión Y América | 56 |

| | |
|---|--------------------------------------|
| Tabla 9: Factor Estacionamiento De La Intersección Av. Prolongación Unión Y América | 57 |
| Tabla 10: Factor Parada De Autobús De La Intersección Av. Prolongación Unión Y América | 58 |
| Tabla 11: Giros De La Intersección Av. Prolongación Unión Y América | 58 |
| Tabla 12: Factor Giros A La Derecha De La Intersección Av. Prolongación Unión Y América | 59 |
| Tabla 13: Factor Giros A La Izquierda De La Intersección Av. Prolongación Unión Y América | 60 |
| Tabla 14: Capacidad Vehicular De La Av. Prolongación Unión Y América | 61 |
| Tabla 15: Intensidad Circulante De La Av. Prolongación Unión Y América | 62 |
| Tabla 16: Cociente I/Cr De La Av. Prolongación Unión Y América | 63 |
| Tabla 17: Nivel De Servicio De Los Accesos De La Av. Prolongación Unión Y América | 64 |
| Tabla 18: Nivel De Servicio Vehicular De La Intersección Av. Prolongación Unión Y América | 65 |
| Figura 32: Mapa De Ubicación De La Esquina De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. América | 66 |
| Figura 33: Aforo Peatonal De La Esquina De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. América | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| Tabla 19: Datos Para El Análisis Peatonal De La Esquina De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. América | 68 |
| Tabla 20: Intensidades Peatonales De Los 15 Minutos De Mayor Flujo De La Esquina De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. América | 68 |
| Tabla 21: Análisis Del Nivel De Servicio Peatonal De La Esquina De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. América | 69 |
| Figura 34: Mapa De Ubicación De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. Pesqueda | 70 |
| Figura 35: Aforo Vehicular De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. Pesqueda | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| Figura 36: Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. Pesqueda | 72 |
| Tabla 22: Aforo Vehicular C/ 15 Min En La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. Pesqueda | 73 |
| Figura 37: Porcentaje De Tipos De Vehículos De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. Pesqueda | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| Tabla 23: Ancho De Vías De La Av. Prolong. Unión – Intersección Con Av. Pesqueda | 77 |
| Tabla 24: Ancho De Vías De La Av. Pesqueda | 77 |
| Tabla 25: Reglaje Semafórico De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. Pesqueda | 79 |
| Tabla 26: Datos De La Intersección Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 79 |
| Tabla 27: Factor Verde De La Intersección Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 80 |
| Tabla 28: Factor Anchura De Carril De La Intersección Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 81 |
| Tabla 29: Factor Estacionamiento De La Intersección Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 82 |
| Tabla 30: Factor Parada De Autobús De La Intersección Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 83 |
| Tabla 31: Giros De La Intersección Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 83 |

| | |
|--|--------------------------------------|
| Tabla 32: Factor Giros A La Derecha De La Intersección Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 84 |
| Tabla 33: Factor Giros A La Izquierda De La Intersección Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 85 |
| Tabla 34: Capacidad Vehicular De La Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 86 |
| Tabla 35: Intensidad Circulante De La Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 86 |
| Tabla 36: Cociente I/Cr De La Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 87 |
| Tabla 37: Nivel De Servicio De Los Accesos De La Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 88 |
| Tabla 38: Nivel De Servicio Vehicular De La Intersección Av. Prolongación Unión Y Pesqueda | 89 |
| Figura 38: Mapa De Ubicación De La Esquina De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. Pesqueda | 89 |
| Figura 39: Aforo Peatonal De La Esquina De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. Pesqueda | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| Tabla 39: Datos Para El Análisis Peatonal De La Esquina De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. Pesqueda | 91 |
| Tabla 40: Intensidades Peatonales De Los 15 Minutos De Mayor Flujo De La Esquina De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. Pesqueda | 91 |
| Tabla 41: Análisis Del Nivel De Servicio Peatonal De La Esquina De La Intersección Av. Prolong. Unión Y Av. Pesqueda | 92 |
| Tabla 42: Comparación Semaforización Actual Y Propuesta Av. Prolongación Unión – Av. América | 93 |
| Tabla 43: Comparación Demora Actual Y Demora Propuesta Av. Prolongación Unión – Av. América | 94 |
| Tabla 44: Comparación Semaforización Actual Y Propuesta Av. Prolongación Unión – Av. Pesqueda | 95 |
| Tabla 45: Comparación Demora Actual Y Demora Propuesta Av. Prolongación Unión – Av. Pesqueda | 95 |
| Figura 40: Tránsito De Vehículos En La Intersección Av. Prolong. Unión – Av. América | 97 |
| Figura 41: Tipo De Carril “Solo Bus” | 98 |
| Figura 42: Figura De Un Carril Destinado A Solo La Circulación De Buses | 98 |
| Figura 43: Vehículos Estacionados En La Avenida Prolongación Unión | 99 |
| Figura 44: Modelo De Transporte Masivo | 100 |
| Figura 45: Restricción Vehicular En La Ciudad Copiapó | 101 |
| Figura 46: Correcta Demarcación De Líneas De Carril Y Pasos Peatonales | 102 |
| Figura 47: Demarcación De Malla Octogonal De No Bloquear Intersecciones | 103 |
| Figura 48: Señal De No Bloquear Cruce (R-53) | 103 |
| Figura 49: Medidas Estándares Para Un Paso Peatonal Elevado | 104 |
| Figura 50: Presencia De Comercio Ambulatorio En La Intersección Obstaculizando El Tránsito Vehicular Y Peatonal | 105 |

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

Uno de los principales problemas a nivel mundial en lo que se refiere a avenidas o calles, hoy en día es el congestionamiento vehicular y es en ciudades de Estados Unidos como: Los Ángeles, Nueva York y San Francisco y en ciudades de Europa como: Bruselas, Milán y París donde hay un aumento de tráfico en las vías. “Esto se debe a que su población se enfrenta al problema de la movilidad como si fuera para transportar lo imprescindible.” (Rodríguez et al., 2015)

Ante esto Silva & Villanueva (2019) mencionan que:

“Un control deficiente en la planificación vial tiene consecuencias negativas, como el aumento del tiempo de viaje, la contaminación acústica, la pérdida de tiempo de trabajo y descanso, la mala salud y los accidentes frecuentes.”

Muchas ciudades están tratando de mejorar las intersecciones para resolver los problemas de tráfico en diferentes áreas urbanas, lo que significa identificar los puntos más importantes que deben verificarse y analizarse para el tráfico en toda el área. (Cáceres y otros, 2016)

En el Perú la problemática sobre congestionamiento vehicular también se encuentra presente, el “Instituto Nacional de Estadística e Informática” (INEI) indicó que:

“El crecimiento demográfico en La Libertad ha aumentado un 10% en los últimos 10 años. Según el último censo de 2017, la población total era de 1,778,080.”

Kraemer et al. (2003) afirman que:

“El aumento en la cantidad de automóviles y la alta demanda de transporte, impulsada por el crecimiento demográfico combinado con los nacimientos y la inmigración, tiene un impacto significativo en el sistema vial, las condiciones del tráfico y los problemas de tránsito.”

Según la entidad de “Transporte Metropolitano de Trujillo”:

“En la ciudad de Trujillo, la congestión se produce por exceso de tráfico en la vía, estacionamiento en lugares inaceptables, congestión vehicular por tráfico ambulatorio, etcétera.”

Los estudios de tránsito en la ciudad de Trujillo se estima que tienen entre 3 y 6 años y existen calles y avenidas que carecen de estos estudios. Por este motivo y con el fin de realizar correctamente un ordenamiento en el tráfico, mejora de carreteras y gestión del tráfico de la Avenida Prolongación Unión se necesita conocer el nivel de servicio, estudio de tráfico y capacidad para las vías vehiculares y peatonales.

En la Avenida Prolongación Unión hay un desequilibrio presente entre la demanda y la oferta a lo largo del día en materia de transporte, generando congestión vehicular lo que a su vez provoca que en los tiempos de viaje haya demoras, se produzca contaminación ambiental y sonora, así como el estrés de los vecinos y los accidentes de tráfico que afectan a la calidad de esta vía urbana, dejándola muy degradada.

La planificación y mantenimiento de la Avenida Prolongación Unión es imprecisa porque no se cuenta con información sobre estudios de tránsito, niveles de servicio, capacidad y señalamiento de carriles vehiculares y peatonales, lo que empeora la situación cada día más.

1.1.1. Enunciado del problema

¿Cuál es el análisis de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Avenida Prolongación Unión de Trujillo - La Libertad?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Analizar la transitabilidad vehicular y peatonal de la “Avenida Prolongación Unión” de Trujillo – La Libertad

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar el estudio de tránsito vehicular y peatonal, evaluando los datos de flujo vehicular y peatonal que permitirán la obtención de resultados mediante el uso de aforos.
- Determinar el nivel de servicio y capacidad vehicular usando la metodología dada por el Manual de capacidad de carreteras
- Determinar el nivel de servicio peatonal usando la metodología dada por el Manual de capacidad de carreteras.
- Brindar propuestas de solución para mejorar la transitabilidad tanto vehicular como peatonal.

1.3. Justificación del estudio

Este trabajo de investigación se justifica académicamente debido a la oportunidad de poder aplicar el conocimiento y metodologías obtenidas en las materias relacionadas, tratando de solucionar los problemas actuales de la Avenida Prolongación Unión, con los métodos utilizados por los manuales: “Manual de capacidad de carreteras” (HCM) y “Manual de dispositivos de control de tránsito”, normas de tránsito y señalización respectivas.

Socialmente la justificación se da al ofrecer una solución a la problemática encontrada y así otorgar una mejora en la transitabilidad que brinde comodidad y salud a los pobladores e incremente el crecimiento vehicular aportando al desarrollo urbanístico de la zona de estudio.

Metodológicamente se justifica al aplicar el método científico, mediante conceptos y procedimientos para calcular el nivel de servicio y la capacidad de diferentes estructuras viales de la metodología del “Manual de Capacidad de Carreteras” (HCM) y Normas de Señalización de Tránsito, para su adecuada utilización.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

Internacionales:

Guamán (2016) en su tesis: “**Diagnóstico del problema de congestión vehicular en el intercambiador Fernández Salvador: intersección Av. Mariscal Sucre, Av. Fernández Salvador y calle Melchor de Valdez**” propuso:

Mediante el cálculo del número de vehículos, encontrando los días de mayor demanda y el índice de congestión, teniendo en cuenta el número, velocidad y carga de vehículos, identificar los principales factores que inciden en la congestión de la ciudad. Desde este punto de vista, se concluye que los atascos de tráfico son estresantes para los conductores y peatones, lo que aumenta el riesgo de accidentes, además, para cruzar toda la intersección con congestión vehicular toma 19 minutos y sin atascos de tráfico tardaría 30 segundos. La contribución principal de este trabajo es que el funcionamiento del intercambiador depende de sus accesos, de forma similar al funcionamiento de una intersección. Cuando un acceso se

congestiona, la intersección entera se congestiona, incluso si no hay demanda máxima.

Yugcha (2016) en su tesis: ***“Mejoramiento del tránsito vehicular y peatonal con una propuesta de movilidad continua entre la vía Tisaleo - San Diego - Alobamba del cantón Tisaleo provincia de Tungurahua”*** realizó:

Un levantamiento topográfico para determinar la ubicación del proyecto, el conteo vehicular, con un periodo de 12 horas continuas y con los resultados obtenidos se realizó el diseño geométrico (horizontal y vertical), diseño de la estructura del pavimento con el mayor aprovechamiento de la infraestructura vial existente, basados en las normas vigentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MOP) y la Norma Americana AASHTO. Además, se realizó un presupuesto referencial, cronograma valorado de trabajo con sus respectivas actividades para su ejecución en forma secuencial y análisis de precios unitarios. Para el diseño vertical se concluyó una longitud mínima para curvas verticales de 30 m, con una gradiente mínima del 0.5%, y una gradiente máxima del 8 %, de acuerdo al MOP-2003.

Nacionales

Luna (2015) en su investigación: ***“Determinación del Nivel de Servicio Peatonal en las intersecciones de la Avenida Ejército con La Recoleta, Emmel, Tronchadero en la ciudad de Arequipa en el periodo 2015”*** propuso:

Evaluar el nivel de servicio en las Intersecciones de avenida, analizando las condiciones y problemas existente para posteriormente plantear posibles soluciones al problema mediante las metodologías dadas. De esto se concluyó que el nivel de servicio estaba entre A y B, siendo una calidad buena de infraestructura vial que logra satisfacer las necesidades de los peatones. Los principales contribuyentes o aportes son las mejoras de bajo costo que pueden mejorar la calidad existente de la infraestructura que se está probando.

Leonardo (2017) en su investigación ***“Análisis del Nivel de Servicio de las Intersecciones Semaforizadas de la Avenida Villanueva Pinillos y modelado con Synchro 8.0 – Jaén”*** determinó:

El nivel de servicio de los cruces señalizados de la Avenida Villanueva Pinillos en Jaén, mediante estudio de tráfico, determinando el tráfico de vehículos en los cruces indicados y luego simulando los ciclos semafóricos mediante el uso de software. Finalmente, se concluye que el tránsito vehicular de tres de las intersecciones estudiadas fue: 575veh/hr, 416veh/hr y 445veh/hr, además, el nivel de servicio de estas intersecciones es clase C. Su aporte hace referencia al valor del volumen máximo de los vehículos oscilando entre las 12h - 13h a las 18h - 19h para la parte estudiada de la investigación, que es el aporte principal al trabajo de investigación.

Méndez & Wang (2019) en su investigación ***“Estudio y propuesta de mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Avenida Los Incas en la ciudad de Trujillo – La Libertad”*** plantearon:

La realización de un diagnóstico del tránsito, y de algunas propuestas para el mejoramiento al problema de transitabilidad vehicular y peatonal en las intersecciones semaforizadas a lo largo de la Avenida Los Incas en la ciudad de Trujillo. El estudio se desarrolló utilizando la metodología descrita en el *“Manual de Capacidad de Carreteras”*, que identifica datos como el tráfico máximo de vehículos y peatones en hora punta, el tipo de tráfico vehicular, el ancho del carril, la distribución de los semáforos, nivel y capacidad de servicio, concluyendo que se tiene un nivel de servicio vehicular F en todas las intersecciones semaforizadas de la avenida, debido al desequilibrio entre la oferta y la demanda de tráfico entre B y E igual al nivel de servicio peatonal es regular-bajo. Como aporte de esta investigación se tienen todas las propuestas de mejoras planteadas y basadas en los análisis y resultados obtenidos.

2.2. Marco teórico

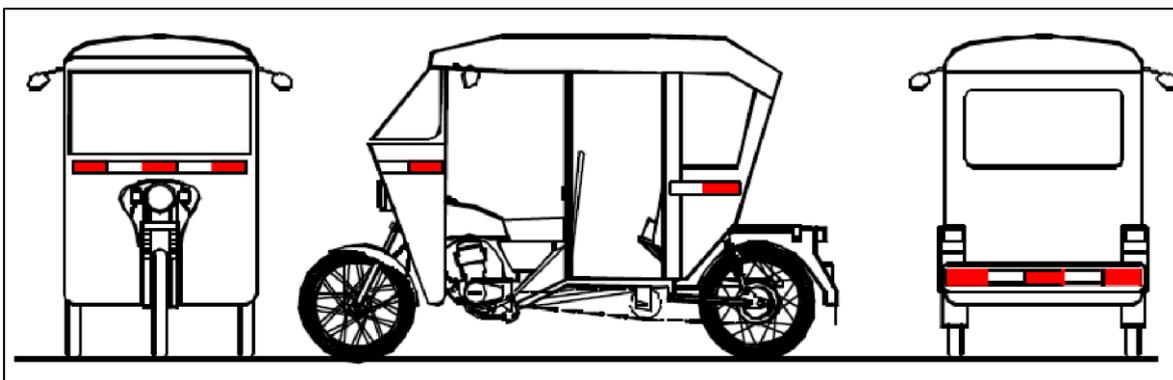
Clasificación vehicular

Esta clasificación fue tomada del “Reglamento Nacional de Vehículos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones” (2003, pp. 54-55).

- **Categoría L:** Son los vehículos automotores con menos de 4 ruedas.
 - **L1:** Este tipo de vehículo consta de: 2 ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.
 - **L2:** Este tipo de vehículo consta de: 3 ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.
 - **L3:** Este tipo de vehículo consta de: 2 ruedas, mayores a 50 cm³ y más de 50 km/h. de velocidad.
 - **L4:** Estos vehículos tienen 3 ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, mayores a 50 cm³ y más de 50 km/h. de velocidad.
 - **L5:** Estos vehículos tienen 3 ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, mayores a 50 cm³ y más de 50 km/h de velocidad con un peso bruto vehicular de hasta 1 Tn.

Figura 1

Vehículos de categoría L5



Nota: Esta figura fue tomada del Reglamento Nacional de Vehículos del MTC (p. 71), 2003

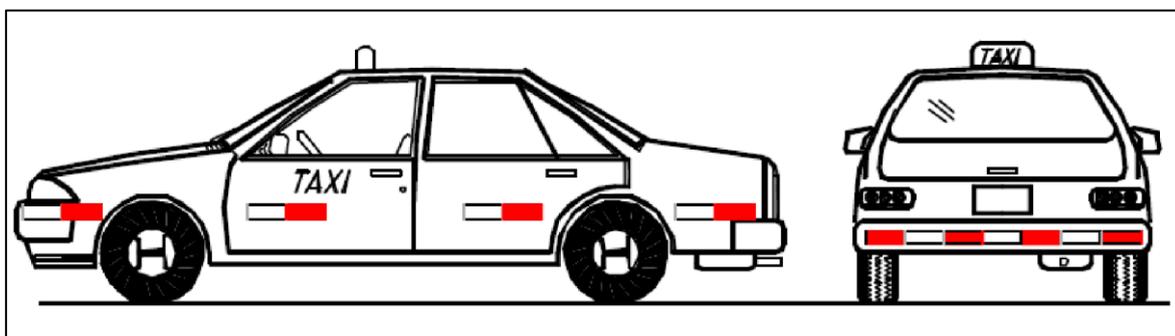
- **Categoría M:** Aquí se encuentran los vehículos diseñados y construidos para el transporte de pasajeros de 4 o más ruedas.
 - **M1:** Sin contar el asiento del conductor, este tipo de vehículo consta de 8 asientos o menos.
 - **M2:** Sin contar el asiento del conductor, este tipo de vehículo tiene más de 8 asientos y el peso total del vehículo es de 5 toneladas o menos.
 - **M3:** Sin contar el asiento del conductor, este tipo de vehículo consta de más de 8 asientos, y un peso total vehicular de más de 5 toneladas.

La categoría M2 y M3 se clasifican en:

- Clase I: Poseen áreas para pasajeros de pie.
- Clase II: Construidos para transportar pasajeros en asiento con un diseño para transportar pasajeros en el pasadizo, de pie
- Clase III: Construidos solo para transportar pasajeros sentados.

Figura 2

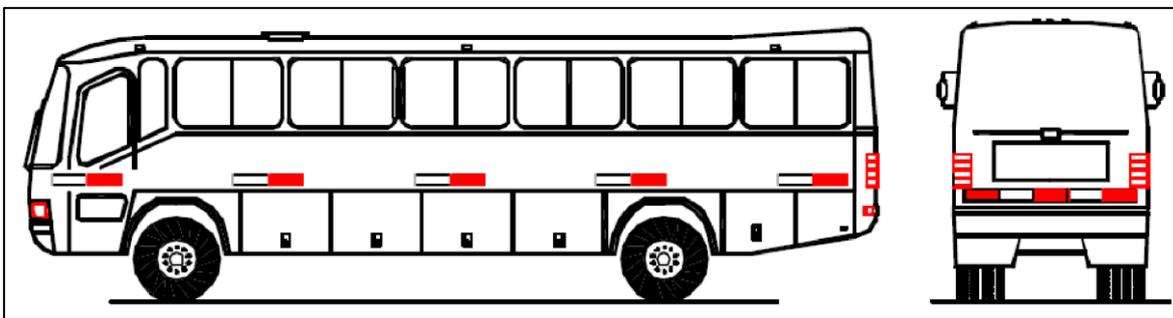
Vehículos de la categoría M1: Automóvil y servicio de taxi



Nota: Esta figura fue tomada del Reglamento Nacional de Vehículos del MTC (p. 71), 2003

Figura 3

Vehículos de categoría M2 y M3: Ómnibus, microbús y minibús,

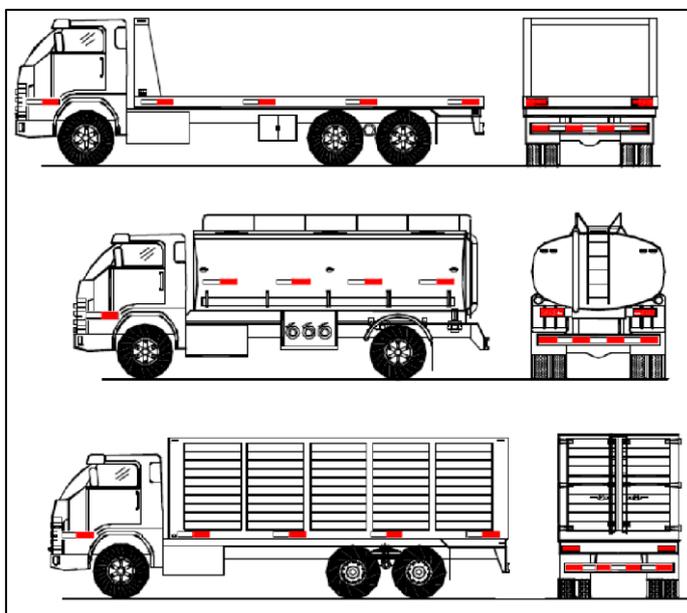


Nota: Esta figura fue tomada del Reglamento Nacional de Vehículos del MTC (p. 72), 2003

- **Categoría N:** Están los vehículos automotores de 4 o más ruedas diseñados y construidos para transportar mercancía.
 - N1: Poseen un peso bruto vehicular de 3,5 o menos toneladas.
 - N2: Poseen un peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas y máximo de 12 toneladas.
 - N3: Poseen un peso bruto vehicular de más de 12 toneladas.

Figura 4

Vehículos de categoría N1, N2 y N3: Camiones y cisternas

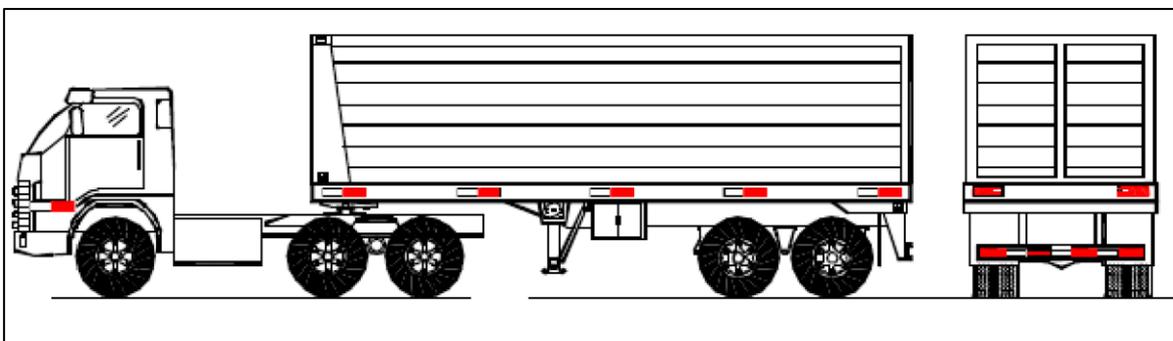


Nota: Esta figura fue tomada del Reglamento Nacional de Vehículos del MTC (p. 72), 2003

- **Categoría O:** Pertencen remolques, incluidos los semirremolques.
 - O1: Remolques de peso bruto vehicular (PBV) de 0,75 o menos toneladas.
 - O2: Remolques de PBV mayor a 0,75 toneladas y 3,5 toneladas como máximo.
 - O3: Remolques de PBV mayor a 3,5 toneladas y 10 toneladas como máximo.
 - O4: Remolques de PBV mayor a 10 toneladas.

Figura 5

Vehículos de la categoría O1, O2 y O3: Remolques



Nota: Esta figura fue tomada del Reglamento Nacional de Vehículos del MTC (p. 72), 2003

- **Combinaciones Especiales**

- S: Tienen la siguiente clasificación aquellos vehículos de las categorías "M", "N" u "O" que requieren carrocerías o equipos especiales para transportar pasajeros o mercancías:
 - SA: Casas rodantes
 - SB: Vehículos blindados para el transporte de valores
 - SC: Ambulancias
 - SD: Vehículos funerarios

Nota: "Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece."

Aforos de volumen

Según (Tapia Arandia & Veizaga Balta, 2006): “Los aforos de volumen, permiten conocer la realidad relacionada con la circulación de los vehículos respecto al tiempo y espacio” y sirven para:

- Estudios de mantenimiento o conservación
- Estudios de construcción
- Estudios de señalización
- Estudios de accidentes en la zona

Métodos de aforo

● **Método Manual**

Es el llenado de formularios según los datos que se desee conseguir:

- Composición vehicular
- Flujo direccional y por carriles
- Volúmenes totales

Periodos de 1 hora, 1 día, 1 mes o 1 año pueden ser los tiempos de aforo.

● **Método Mecánico**

Realizado con dispositivos mecánicos instalados en la pista, que pueden ser:

- Sensores neumáticos: Es un tubo neumático que recoge datos mediante pulsos provocados por la rueda y se coloca en posición horizontal sobre la calzada.
- Contacto eléctrico: Consiste en una placa de acero, la cual es presionada por la rueda del vehículo, se cierra el circuito y comienza a contar y se cubre con una capa de caucho.
- Fotoeléctrico: Se coloca una fuente de luz al costado de la carretera y cuando los vehículos la interrumpen, el dispositivo hace el aforo vehicular.
- Radar: Habilidad creada al proyectar ondas que, cuando un automóvil en movimiento las obstruye, su frecuencia cambia y se realiza el conteo.
- Fotografías: El aforo vehicular se realiza luego de tomar fotografías del tramo.

- **Encuestas de Origen y Destino**

Recopilan datos sobre el origen y destino, que al ser analizados sirven para planear o aperturas de nuevas vías.

Se puede realizar mediante:

- Encuesta a conductores de transporte público y privado
- Tarjeta postal para conductores.
- Placas de vehículos: La placa está inscrita entre 2 o más puntos en el área de estudio.
- Encuestas a usuarios del transporte público.

Vías urbanas

Según Otero (2015):

Se puede definir como el espacio de circulación de vehículos en una ciudad, existen tipos de vías públicas, si cumple con ciertas reglas se pueden seleccionar como vías urbanas, la primera regla es operar con precisión el movimiento de la vía donde no se obstaculiza la comunicación urbana.

Capacidad vehicular

Según Bañon & Beviá (2000):

“Es el número de vehículos que pueden recorrer una vía urbana, en tiempo estimado, su unidad de medida es el vehículo por hora, donde influyen las características geométrías, la composición del tráfico, y los accesos que tenga la vía.”

Para el análisis de las intersecciones semaforizadas, se utiliza:

- Fase: Intervalo de tiempo de los semáforos para estar en color verde.
- Ciclo: Tiempo en el que un semáforo tarda en terminar todas sus fases (rojo, ámbar y verde).

Los tiempos de cambio un semáforo, tienen generalmente un intervalo de

entre 6 o 5 segundos, el ámbar tiene 3 y los otros colores tienen un factor de seguridad.

La fórmula de un ciclo es:

Fórmula de un ciclo

$$C = \sum_{i=1}^n Vi + n * (Y + D) \quad (1)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del "Manual de Capacidad de Carreteras".

Donde:

n = Es el número total de fases en ciclo semafórico.

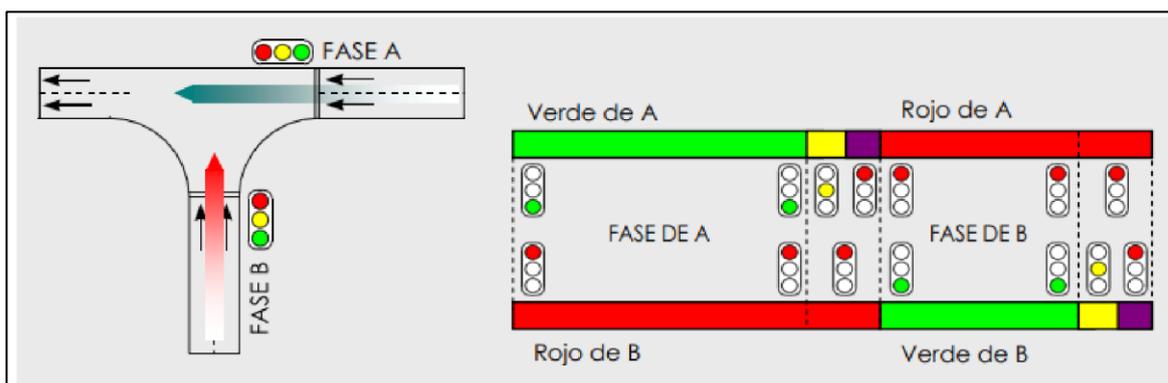
V_i = Es cada una de las fases o verdes que conforman el ciclo semafórico.

Y = Es el tiempo de ámbar.

D = Es el tiempo de seguridad o despeje.

Figura 6

Funcionamiento de una intersección semaforizada



Nota: Esta figura fue tomada del Manual de Capacidad de Carreteras, 2010.

Movimientos en una Intersección

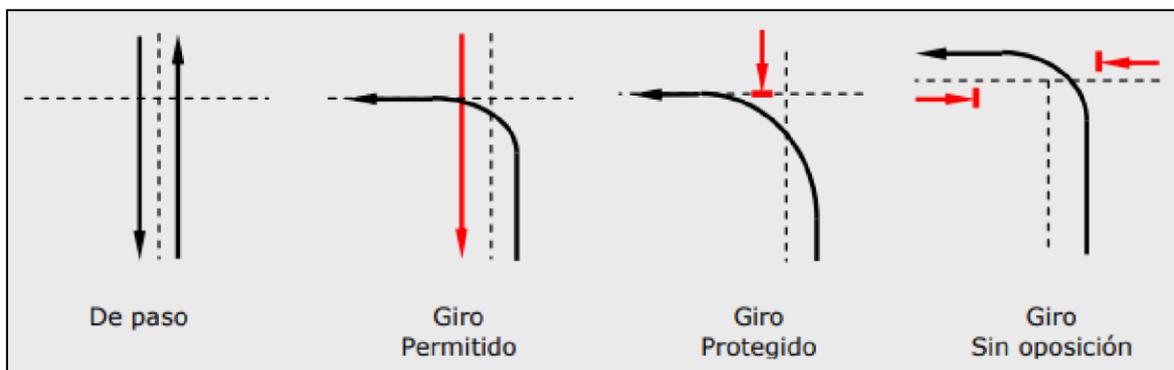
Para el correcto y preciso análisis de la capacidad en una intersección, intervienen otras variables además del tiempo de las fases, como la dirección donde los vehículos hacen sus giros en una intersección, que pueden ser:

- Giro de paso: El vehículo circula de manera recta continúa circulando en intersecciones.
- Giro permitido: El vehículo gira hacia la derecha o izquierda al mismo tiempo que el tráfico que se aproxima o con el tráfico de peatones. Aquí el uso de la fase verde por parte de los vehículos se incrementará.
- Giro protegido: el vehículo gira hacia la derecha o izquierda, sin obstáculos por la protección del semáforo.

- Giro sin oposición: El vehículo gira hacia la derecha o izquierda, sin interferencia, porque la vía se diseñó así.

Figura 7

Tipos de movimientos en una intersección



Nota: Esta figura fue tomada del Manual de Capacidad de Carreteras, 2010.

Factores influyentes en la Capacidad

Geometría de la Calle:

Al evaluar el tráfico en una intersección, uno de los factores más importantes es el ancho del carril, junto con las marcas del carril, los arcenes, etc. Ya que no solo varía con el ancho del carril.

La inclinación de la rasante influye en la capacidad vehicular, esta puede favorecer o dificultar la circulación de vehículos, en especial los pesados.

Composición del Tráfico:

Los autobuses al ser vehículos pesados tienen el doble efecto por sus frecuentes paradas alterando la accesibilidad.

Estacionamiento:

La imprudencia de algunos conductores afecta el tráfico de una intersección porque reducen el ancho del carril al detenerse o estacionarse, lo que reduce la velocidad de circulación de los vehículos. Para mayor comodidad, la capacidad de la intersección mejorará cuando haya un camino sólido en la zona de intersección de carriles, una vía dedicada al aparcamiento.

Maniobras de Giro

Al llegar a una intersección, el conductor tiene varias posibilidades: Seguir de frente o realizar giros ya sea a la derecha o a la izquierda, dependiendo de la tipología de la vía.

Factor de Hora Punta (FHP)

De trata del estado más crítico del tiempo de una vía donde se tiene la mayor demanda de vehículos. Matemáticamente su fórmula es: “la división entre la intensidad de la hora punta entre cuatro veces la intensidad de los quince minutos de máxima demanda”. (Bañon Blázquez & Beviá García, 2000)

Factor de hora punta

$$FHP = \frac{IHP}{4 * I_{15}} \quad (2)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”.

“Se utiliza en intersecciones calculando la intensidad de la hora punta (IHP) y no la intensidad de los quince minutos de máxima demanda (I15), se calcula normalmente entre 0.75 y 0.90, usando como valor medio 0.85, aplicable en zonas urbanas.” (Méndez & Wang, 2019)

“El FHP se aplica en intersecciones realizando el aforo de la IHP y no I15, en zonas urbanas, dicho factor se halla entre 0.75 y 0.90, tomándose como valor medio 0.85.” (Méndez & Wang, 2019)

Factores que afectan a la capacidad

- **Ancho de carriles**

El ancho de carril ideal es de 3,50 m. Si el camino es más corto en un camino de dos carriles, las maniobras por lo general toman más tiempo para el carril. Aquí hay una figura que relaciona el ancho del carril con la capacidad.

Figura 8

Ancho de carriles

| Distancia al obstáculo desde el borde de la calzada (a ambos lados) (m) | Ancho efectivo de dos carriles de 3.50 m | Capacidad de una vía de dos carriles de 3.50 m %de la capacidad ideal |
|---|--|---|
| 1.80 | 7.00 m | 100 |
| 1.50 | 6.60 m | 92 |
| 0.60 | 6.00 m | 83 |
| 0 | 5.10 m | 72 |

Nota: Esta tabla fue tomada de Ingeniería de Tránsito, por Montoya, 2005.

- **Obstáculos laterales a la calzada y ancho de berma**

Algún obstáculo lateral a la calzada próximo al borde, excepto un borde de 15 cm, produce efecto de estrechamiento.

Figura 9*Obstáculos laterales a la calzada y ancho de bermas*

| Distancia al obstáculo desde el borde de la calzada (a ambos lados) (m) | Ancho efectivo de dos carriles de 3.50 m | Capacidad de una vía de dos carriles de 3.50 m %de la capacidad ideal |
|---|--|---|
| 1.80 | 7.00 m | 100 |
| 1.50 | 6.60 m | 92 |
| 0.60 | 6.00 m | 83 |
| 0 | 5.10 m | 72 |

Nota: Esta tabla fue tomada de Ingeniería de Tránsito, por Montoya, 2005.

Niveles de Servicio en Vías Urbanas

El Manual de Capacidad (Romana, Nuñez, Martínez, & Diez de Arizaleta, 2010) nos dice:

Figura 10

Niveles de servicio en vías urbanas

| | | |
|----------|--|--|
| A | <ul style="list-style-type: none"> • Demoras menores a (<5 s.) • No existe congestión vehicular en este nivel de servicio. |  |
| B | <ul style="list-style-type: none"> • Las demoras se encuentran entre (5 – 15 s.) • Los vehículos circulan normalmente y solo se detienen esporádicamente. |  |
| C | <ul style="list-style-type: none"> • La demora esta entre (15 a 25 s.) • La calidad del servicio es regular, existe congestión vehicular, pero es manejable. • Varios vehículos se detienen a lo largo del tramo. |  |
| D | <ul style="list-style-type: none"> • La demora esta entre 25 y 40 s. • La calidad del servicio es baja, y presenta congestión vehicular. • Existen varios vehículos detenidos debido al tráfico. |  |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • Demora entre 40 y 60 s. • Existe una circulación lenta de los vehículos • Gran congestión vehicular. • Muchos vehículos detenidos debido al tráfico. |  |
| F | <ul style="list-style-type: none"> • La demora supera los 60 s. • La peor calidad de servicio que una infraestructura vial puede tener. • Existe grave desequilibrio entre oferta y demanda • Alta congestión vehicular. |  |

Nota: Esta tabla fue tomada del Manual de Capacidad de Carreteras.

Determinación del Nivel de Servicio

Tomar en cuenta:

- Intensidad: Cantidad de vehículos que pueden atravesar una intersección cuando el semáforo está en verde.

-

Intensidad de vehículos por hora en verde

$$I_v = \frac{C}{V} * I = \frac{I}{f_v} \quad (3)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada de "Manual de Capacidad de Carreteras"

Intensidad de vehículos por metro de ancho y hora de verde

$$I_{m,v} = \frac{C}{V * A} * I = \frac{I}{A * f_v} \quad (4)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada de "Manual de Capacidad de Carreteras"

- Capacidad: Esta es la máxima intensidad que puede albergar un acceso, la capacidad real (C_r) de un cruce se puede analizar, en alusión al concepto de capacidad por hora verde (C_v):

-

Capacidad de una vía

$$C_r = \frac{V}{C} * C_v = f_v * C_v \quad (5)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada de "Manual de Capacidad de Carreteras"

Donde:

f_v = factor verde, relación entre la fase verde y el ciclo total semafórico

La capacidad ideal de una vía es 1900 veh/h livianos, además influyen los siguientes

factores:

Capacidad ideal de una vía

$$C_R = 1.900 * N * f_V * f_A * f_P * f_i * f_e * f_{bb} * f_{gd} * f_{gi} * f_{ar} \quad (6)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del "Manual de Capacidad de Carreteras".

Donde

N: Número de carril de grupo.

f_v : Factor verde respecto al ciclo total semafórico.

f_A : Factor de corrección por ancho de carril

f_P : Factor de corrección por porcentaje de vehículos pesados

f_i : Factor de corrección por pendiente de la vía

f_e : Factor de corrección por número de estacionamientos.

F_{bb} : Factor de corrección por número de detenciones de autobús

F_{gd} : Factor de corrección por cantidad de giros a la derecha

F_{gi} : Factor de corrección por cantidad de giros a la izquierda

F_{ar} : Factor de corrección por el tipo de zona.

Factores de Corrección

Figura 11

Factor de corrección de ancho de carril

| ANCHURA (f_A) | | | |
|--|-------|-----------|-------|
| $f_A = 1 + \frac{A - 3.60}{9}$ <p>A = Ancho del carril (2,40 ≤ A ≤ 4,80 m)</p> | | | |
| Ancho (m) | f_A | Ancho (m) | f_A |
| 2.40 | 0.867 | 3.60 | 1.000 |
| 2.70 | 0.900 | 3.90 | 1.033 |
| 3.00 | 0.933 | 4.20 | 1.067 |
| 3.30 | 0.967 | 4.50 | 1.100 |

Nota: Esta tabla fue tomada del Manual de Capacidad de Carreteras.

Figura 12

Factor de Corrección del Porcentaje de Vehículos Pesados.

| PESADOS (f_P) | | | |
|--|-------|-----------------|-------|
| $f_P = \frac{1}{1 + P_P \cdot (E_C - 1)}$ | | | |
| $P_P = \%$ de vehículos pesados $(0 \leq P_P \leq E_C = 2.0)$ | | | |
| $\%$ Pesados | f_P | $\%$ Pesados | f_P |
| 0 | 1.000 | 25 | 0.800 |
| 2 | 0.980 | 30 | 0.769 |
| 4 | 0.962 | 35 | 0.741 |
| 6 | 0.943 | 40 | 0.714 |
| 8 | 0.926 | 45 | 0.690 |
| 10 | 0.909 | 50 | 0.667 |
| 15 | 0.870 | 75 | 0.571 |
| 20 | 0.833 | 100 | 0.500 |

Nota: Esta tabla fue tomada de Manual de Capacidad de Carreteras.

Figura 13

Factor de Corrección del Porcentaje de La Pendiente

| INCLINACIÓN (f_i) | | |
|--|---------------|-------|
| $f_i = 1 - \frac{i}{200}$ | | |
| $i =$ Pendiente en % $(-6 \leq i \leq +10)$ | | |
| TIPO | PENDIENTE (%) | f_i |
| Bajada | -6 ó inferior | 1.030 |
| | -4 | 1.020 |
| | -2 | 1.010 |
| A nivel | 0 | 1.000 |
| Subida | +2 | 0.990 |
| | +4 | 0.980 |
| | +6 | 0.970 |
| | +8 | 0.960 |
| | +10 ó sup. | 0.950 |

Nota: Esta tabla fue tomada de Manual de Capacidad de Carreteras.

Figura 14

Factor de Corrección del Número de estacionamientos por hora.

| ESTACIONAMIENTO (f_e) | | | |
|--|--------------------|-------|-------|
| $f_e = 1 - \frac{0.1}{N} - \frac{18 \cdot N_m}{3600 \cdot N} > 0.05$ | | | |
| $N_m = \text{N}^\circ \text{ de estacionamientos por hora}$ $(0 \leq N_m \leq 180)$ | | | |
| N_m | Nº de carriles (N) | | |
| | 1 | 2 | 3 |
| Prohibido | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 0 | 0.900 | 0.950 | 0.967 |
| 10 | 0.850 | 0.925 | 0.950 |
| 20 | 0.800 | 0.900 | 0.933 |
| 30 | 0.750 | 0.875 | 0.917 |
| 40 | 0.700 | 0.850 | 0.900 |
| 50 | 0.650 | 0.825 | 0.883 |
| 60 | 0.600 | 0.800 | 0.867 |
| 70 | 0.550 | 0.775 | 0.850 |

Nota: Esta tabla fue tomada de Manual de Capacidad de Carreteras.

Figura 15

Factor de Corrección para el tipo de Zona Urbana.

| ZONA URBANA (f_{ar}) | | |
|--|---------------------|-------------------|
| TIPO DE ÁREA | CENTRO URBANO (CBD) | ZONAS PERIFÉRICAS |
| FACTOR DE ÁREA (f_a) | 0.90 | 1.00 |

Nota: Esta tabla fue tomada de Manual de Capacidad de Carreteras.

Figura 16

Factor de Corrección para el Número de Autobuses que paran por hora.

| PARADAS DE AUTOBÚS (f_{bb}) | | | | | | |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| $f_{bb} = 1 - \frac{14.4 \cdot N_b}{3600 \cdot N} \geq 0.05$ | | | | | | |
| $N_b = \text{N}^\circ \text{ de autobuses que paran por hora}$ $(0 \leq N_b \leq 250)$ | | | | | | |
| Nº DE CARRILES (N) | Nº DE AUTOBUSES QUE PARAN POR HORA (N_b) | | | | | |
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 1 | 1.000 | 0.960 | 0.920 | 0.880 | 0.840 | 0.800 |
| 2 | 1.000 | 0.980 | 0.960 | 0.940 | 0.920 | 0.900 |
| 3 | 1.000 | 0.987 | 0.973 | 0.960 | 0.947 | 0.933 |

Nota: Esta tabla fue tomada de Manual de Capacidad de Carreteras.

Figura 17

Factor de Corrección para Giros a la derecha.

| GIROS A LA DERECHA (f_{gd}) | | | | | | |
|--|--------------------------|-------|--------------------|------------|--------|--|
| P_{gd} = Proporción de giros a la derecha $P_{gd,p}$ = Proporción de giros protegidos a la derecha I_p = Intensidad peatonal en conflicto (pt/h) | | | | | | |
| CARRIL (EXCL=Exclusivo, COMP=Compartido) FASE (PROT=Protegida, PERM=Permitida, PR+PE=Protegida/Permitida) | | | | | | |
| Nº | CASO | | RANGO DE VARIABLES | | | FÓRMULA SIMPLIFICADA |
| | CARRIL | FASE | P_{gd} | $P_{gd,p}$ | I_p | |
| 1 | EXCL. | PROT. | 1.0 | 1.0 | 0 | 0.85 |
| 2 | | PERM. | 1.0 | 0 | 0-1700 | $0.85 - (I_p/2100)$ |
| 3 | | PR+PE | 1.0 | 0-10 | 0-1700 | $0.85 - (I_p/2100) \cdot (1 - P_{gd,p})$ |
| 4 | COMP. | PROT. | 0-1 | 1.0 | 0 | $1 - 0.15 \cdot P_{gd}$ |
| 5 | | PERM. | 0-1 | 0 | 0-1700 | $1 - P_{gd} \cdot (0.15 + I_p/2100)$ |
| 6 | | PR+PE | 0-1 | 0-10 | 0-1700 | $1 - P_{gd} \cdot \left(0.15 - \frac{I_p \cdot (1 - P_{gd,p})}{2100} \right)$ |
| 7 | ACCESO DE UN SOLO CARRIL | | 0-1 | - | 0-1700 | $0.90 - P_{gd} \cdot (0.135 + I_p/2100)$ |

Nota: Esta tabla fue tomada de Manual de Capacidad de Carreteras.

Figura 18

Factor de Corrección para Giros a la izquierda

| GIROS A LA IZQUIERDA (f_{gi}) | | | |
|--|--------------------------|-------|---|
| P_{gi} = Proporción de giros a la izquierda Q_0 = Intensidad en sentido opuesto (veh/h) | | | |
| Nº | CASO | | FÓRMULA SIMPLIFICADA |
| | CARRIL | FASE | |
| 1 | EXCL. | PROT. | 0.95 |
| 2 | | PERM. | Procedimiento especial (Ver manual de Capacidad) |
| 3 | | PR+PE | Caso 1 a fase protegida Caso 2 a fase permitida |
| 4 | COMP. | PROT. | $f_{gi} = 1/(1+0.05 \cdot P_{gi})$ |
| 5 | | PERM. | Procedimiento especial (Ver manual de Capacidad) |
| 6 | | PR+PE | $Q_0 < 1.220$ $f_{gi} = \frac{1400 - Q_0}{(1400 - Q_0) + P_{gi} \cdot (235 + 0.435Q_0)}$ $Q_0 \geq 1.220$ $f_{gi} = \frac{1}{1 + 4.525 \cdot Q_0}$ |
| 7 | ACCESO DE UN SOLO CARRIL | | No se contempla |

Nota: Esta tabla fue tomada de Manual de Capacidad de Carreteras.

Cálculo del nivel de servicio mediante la determinación de demoras

Se aplica la siguiente ecuación para calcular la "demora media" en cada grupo luego de obtener la capacidad de todos los accesos que tiene la intersección y dividir cada uno de sus accesos en grupos de carriles:

Demoras para el cálculo del nivel de servicio

$$d = 0.38 * C * \frac{(1 - f_v)^2}{(1 - f_v * I/cr)} + 173 * (I/cr)^2 * \sqrt{((I/cr) - 1)^2 + 16 * (I/cr)^2} \quad (7)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

Donde:

f_v es el factor de verde del grupo de carriles

C es el ciclo semafórico en segundos

I es la intensidad total del grupo de carriles

Cr es la capacidad real del grupo de carriles

Dependiendo de la magnitud y de la media ponderada de demoras de cada grupo de carriles, la demora media de cada acceso se obtiene tras encontrar la demora de cada grupo de carriles.

Demoras para grupos de carriles

$$d_{acc} = \frac{\sum_i d_i * I_i}{\sum_i I_i} \quad (8)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

Finalmente, calculando las demoras en cada acceso se calcula la “demora media” de la intersección.

Demoras para accesos

$$d_{Int} = \frac{\sum_i d_{acc} * I_{acc}}{\sum_i I_{acc}} \quad (9)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

Estos valores se usan para determinar los niveles de servicio de cada acceso y de la intersección:

Nivel de servicio en vías urbanas según demoras:

Figura 19

Clasificación del Nivel de Servicio Vehicular

| NIVEL DE SERVICIO | DEMORA MEDIA (s/veh) |
|-------------------|----------------------|
| A | $d \leq 5$ |
| B | $5 < d \leq 15$ |
| C | $15 < d \leq 25$ |
| D | $25 < d \leq 40$ |
| E | $40 < d \leq 60$ |
| F | $d < 60$ |

Nota: Esta tabla fue tomada de Manual de Capacidad de Carreteras.

Comportamiento de los peatones

“En zonas urbanas, las calles y vías son usadas por vehículos y peatones, por lo que es fundamental realizar el análisis del binomio peatón – automóvil para estar en condiciones de planificar infraestructuras que se adecuen a ambos grupos.” (Bañon & Beviá, 2000)

Según Méndez & Wang (2019):

El modelo de peatones es similar al utilizado para estudiar el tráfico de automóviles, ya que los humanos se comportan racionalmente con comportamientos inesperados, puede enfocarse en estudiar multitudes de personas más numerosas porque su comportamiento está establecido por reglas más simples.

Principios de la circulación peatonal

- Comodidad: Abarca aspectos ambientales, elementos que atraigan al peatón, permitiendo que las vías de tránsito conserven un buen estado y protegerlos de los agentes climáticos o atmosféricos.
- Conveniencia: Incluye factores que favorecen la movilidad peatonal tales como distancia total o longitud recorrida por los peatones, ruta más corta, etc.
- Seguridad vial: Incluye la infraestructura apropiada que separa el tránsito de peatones y vehículos, asignando zonas o áreas exclusivas para peatones.
- Seguridad pública: Incluye la visibilidad, el Buen alumbrado público, carácter comunitario y sus índices de delincuencia

- Economía: Incluye los costos de alquiler de la propiedad, cantidad de espacio comercial en el entorno peatonal y costos incurridos por fallas y demoras para los ocupantes.

Anchura Efectiva de la Vía Peatonal

Según Méndez & Wang (2019):

Es una franja inclinada que permite a los peatones moverse libremente y a protegerse de la calzada en lugar de acercarse a la fachada de los edificios, reduciendo el tamaño y ancho de la vía para peatones, agravada por otros obstáculos, como la presencia de mobiliario urbano, postes de alumbrado público, árboles, maceteros, papeleras, cabinas telefónicas, etc.

Figura 20

Límites de la vía peatonal

| Obstáculo | r (m) | Obstáculo | r (m) |
|-----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| LÍMITES VÍA PEATONAL | | JARDINERÍA | |
| Línea de fachada | 0.45 | Árboles | 0.61 – 1.22 |
| Fachada | 0.60 | Jardineras | 1.52 |
| Fachada con escaparate | 0.90 | USOS COMERCIALES | |
| Bordillo | 0.45 | Tenderetes | 1.22 – 1.81 |
| MOBILIARIO URBANO | | Kioskos | 1.50 – 3.26 |
| Báculos de alumbrado | 0.75 – 1.10 | Elementos de publicidad | 0.80 – 1.23 |
| Semáforos | 0.90 – 1.22 | Fila de mesas | 1.06 – 1.21 |
| Alarmas contra incendios | 0.75 – 1.13 | ACCESOS | |
| Hidrantes | 0.75 - 0.91 | Escaleras parking/metro | 1.66 – 2.13 |
| Señales de tráfico | 0.61 – 0.75 | Rejillas de ventilación | 1.83 |
| Parquímetros | 0.61 | Sótanos | 1.52 – 2.13 |
| Buzones postales | 0.97 – 1.13 | ELEMENTOS RESALTADOS | |
| Cabinas de teléfono | 1.22 | Pilares | 0.75 -0.91 |
| Papeleras | 0.91 | Porches y soportales | 0.61 – 1.83 |
| Bancos | 0.52 | Acometidas | 0.30 |
| Paradas de autobús | | Soportes de toldos | 0.75 |
| con banco de espera | 1.73 – 1.95 | | |
| señal exclusivamente | 0.60 – 0.87 | | |

Nota: Esta tabla fue tomada de Manual de Capacidad de Carreteras.

Nivel de Servicio en Vías Peatonales

Los métodos a seguir para determinar los distintos niveles de servicio en el tránsito peatonal están fundamentados en dimensiones parciales que, por esta razón no pueden ser tan precisas y alejarse de la realidad, sin embargo, dimensiones como la ocupación, intensidad, densidad peatonal o velocidad ideal para hacerse una idea del estado de transitabilidad de la calzada. (Méndez Cruz & Wang Oropeza, 2019)

Figura 21

Niveles de servicio en vías peatonales

| | Ocupación (m ² /pt) | V (m/min) | i (pt/min/m ²) | i/c |
|----------|-----------------------------------|--------------|-------------------------------|--------|
| A | ≥ 11.70 | ≥ 78 | ≤ 7 | ≤ 0.08 |
| B | ≥ 3.60 | ≥ 75 | ≤ 23 | ≤ 0.28 |
| C | ≥ 2.16 | ≥ 72 | ≤ 33 | ≤ 0.40 |
| D | ≥ 1.35 | ≥ 68 | ≤ 49 | ≤ 0.60 |
| E | ≥ 0.54 | ≥ 45 | ≤ 82 | ≤ 1.00 |
| F | < 0.54 | < 45 | Variable | |

Nota: Esta tabla fue tomada de Manual de Capacidad de Carreteras.

- **Nivel de servicio A:** Los peatones caminan en la dirección que quieren, sin que les obstaculice la presencia de otros peatones, también pueden elegir la velocidad a la que caminan y el conflicto entre peatones es casi inexistente.
- **Nivel de servicio B:** Los peatones pueden elegir la velocidad en la que caminan ya que se da el espacio necesario para ello o adelantarse unos a otros y evadir los al cruzarse entre sí.
- **Nivel de servicio C:** Se puede elegir una velocidad regular ya que existe el espacio necesario, lo que permite que un peatón adelante a otro, principalmente en corrientes de circulación en un mismo sentido. En caso de circulación en la dirección contraria o entrecruzado, ocurrirán conflictos leves eventualmente, además las velocidades y el volumen disminuirán.
- **Nivel de servicio D:** La libertad para escoger a qué velocidad movilizarse y adelantar a otros se ve limitada. Además, en caso de haber cruces o movimientos en sentido opuesto la posibilidad de ocasionar conflictos es

alta, para lo cual será necesario modular la velocidad y cambio de ubicación constante para evadirlos.

- **Nivel de servicio E:** Se ve restringida la velocidad de circulación de peatones, ocasionando que constantemente se cambie y adapte el paso ya que no hay suficiente espacio disponible que permita adelantar a los peatones que caminan lento. Es factible desplazarse en dirección opuesta o cruzada con intensa dificultad.
- **Nivel de servicio F:** Se restringe constantemente la velocidad de circulación y solo es posible avanzar con la manera denominada “arrastre de pies”, además entre peatones son inevitables los constantes roces y es casi imposible desplazarse en sentido opuesto o entrecruzado.

METODOLOGÍA DEL NIVEL DE SERVICIO PEATONAL

Se diagnostica los casos más comunes encontrados en una avenida después de haber evaluado la problemática peatonal y las herramientas de solución.

- **Vías Peatonales**

Se fundamenta el cálculo realizando el conteo del número de personas que caminan durante 15 minutos dentro de las horas pico de máxima demanda peatonal. La metodología que se debe desarrollar conlleva ciertos cálculos de datos:

A.) Datos necesarios:

La toma de datos se realizará mediante un estudio de campo debido a que se va a evaluar una vía ya construida, estos datos son:

- La capacidad máxima de demanda peatonal durante 15 minutos (QP15), con la unidad de medida es (pt/15 minutos).
- Anchura total de la infraestructura peatonal (A), en metros.

B.) Cálculo de anchura efectiva:

El ancho neto de la vía (AE) se obtiene restando el ancho total (A) de los obstáculos que no se utilizan para el tráfico normal de peatones (r_i).

Anchura Efectiva

$$A_E = A - \sum r_i \quad (10)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

C.) Intensidad unitaria (i):

Reemplazando QP15 y AE, se obtiene:

Intensidad Unitaria.

$$i = \frac{Q_{P15}}{15 * A_E} \quad (11)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del "Manual de Capacidad de Carreteras"

D.) Intensidad de peatones:

Intensidad de Peatones.

$$i_p = i + 13.12 \quad (12)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del "Manual de Capacidad de Carreteras"

E.) Nivel de servicio:

Se realiza por condiciones de intensidad (i) y para la existencia de pelotones (I_p)

F.) Evaluación de los resultados:

Analizamos los resultados obtenidos para los diferentes niveles de servicio y por lo tanto describimos las conclusiones y recomendaciones apropiadas.

- **Pasos Peatonales**

Se pueden analizar teniendo en cuenta que cada peatón utiliza una determinada cantidad de espacio durante un determinado período de tiempo, de modo que ningún otro peatón puede circular por la misma zona. En base a este criterio, el proceso sería:

Datos iniciales:

- Ancho, longitud del paso peatonal en metros. (A_p, L_p)
- Distribución Semafórica en segundos. (V_p, R_p, C)
- Peatones que ingresan al paso peatonal en unidades pt/min. (I_e)
- Peatones que salen del cruce en unidades pt/min. (I_s)

Tiempo-espacio disponible (TSp):

Se halla multiplicando la “superficie de la infraestructura” por el “intervalo de verde” de la fase peatonal.

Tiempo-espacio disponible

$$TSp_p = S_p * \frac{V_p}{60} = A_p * L_p * \frac{V_p}{60} \quad (13)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

Considerando las unidades:

- TSp, unidad en m².min.
- Ap y Lp unidades en metros
- Vp unidades en segundos.

➤ **Tiempo medio de cruce (tp):**

Tiempo en que una persona tarda en cruzar un paso de peatones, que es la velocidad media del peatón de 1,35 m/s, el tiempo medio se expresará como:

Tiempo medio de cruce

$$t_p = \frac{L_p}{V} = \frac{L_p}{1.35} \quad (14)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

➤ **Tiempo total de ocupación de cruce (Tp):**

Se multiplica el “tiempo medio de cruce” por el número de peatones que lo utilizan en cada ciclo de semáforo:

Tiempo total de ocupación de cruce

$$T_p = (I_E + I_S) * \frac{t_p}{60} \quad (15)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

T_p , es el tiempo total de ocupación en pt.min.

I_e es el volumen de peatones que entran en el cruce tomando uno de los extremos como referencia el ciclo semafórico en pt/C.

I_s es el volumen de peatones que salen del cruce por dicha acera en un ciclo semafórico en pt/C.

t_p es el tiempo medio de cruce en segundos.

Cálculo de nivel de servicio:

Ocupación media

$$\Omega_p = \frac{TS_p}{T_p} \quad (16)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del "Manual de Capacidad de Carreteras"

Ω_p es la ocupación media en m²/pt

TS_p es el tiempo-espacio total disponible, en m²/min

T_p es el tiempo total de ocupación en pt.min.

Con el valor de "Ocupación media" calculado, utilizando la Figura 21 el nivel de servicio se determina inmediatamente.

➤ **Oleada máxima:**

Suponiendo que se alcance un número máximo de peatones, el número máximo de peatones disponibles en el cruce será:

Máxima oleada

$$Q_{\text{máx}} = (I_E + I_S) * \frac{(R_p + t_p)}{60} \quad (17)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del "Manual de Capacidad de Carreteras"

$(I_e + I_s)$: volumen total de peatones que ingresan por ambos extremos, unidades en pt/min.

R_p : Tiempo en la fase roja del ciclo semafórico, en caso no exista ninguna señal de cruce se añadirán 3 segundos más.

T_p : Tiempo medio de cruce en segundos

$Q_{m\acute{a}x}$: Máxima oleada en peatones.

El nivel de servicio de servicio se hallar calculando la ocupación media y usando la Figura 21

Ocupación media de la máxima oleada

$$\Omega = \frac{S_p}{Q_{m\acute{a}x}} = \frac{L_p * A_p}{Q_{m\acute{a}x}} \quad (18)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del "Manual de Capacidad de Carreteras"

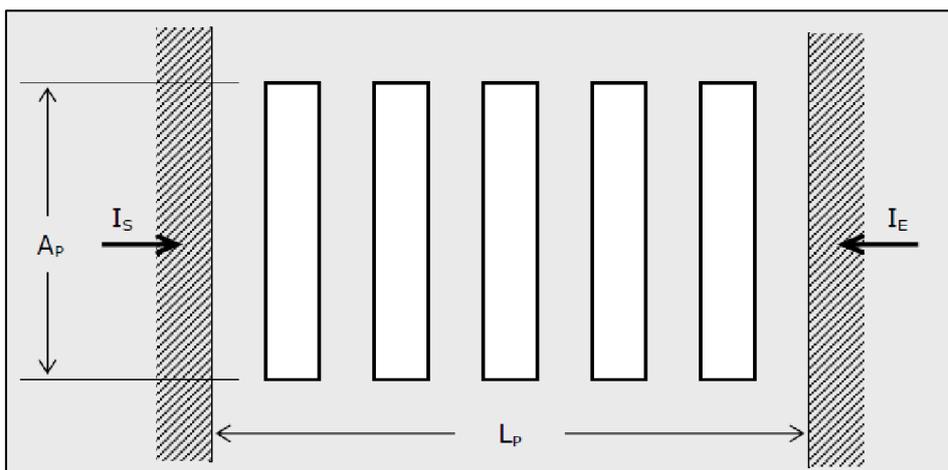
Ω_p : Ocupación media en m²/pt

S_p : Superficie total disponible en metros cuadrados.

$Q_{m\acute{a}x}$: Máxima oleada en peatones.

Figura 22

Elementos de partida para el cculo de pasos peatonales



Nota: Esta figura fue tomada del Manual de Capacidad de Carreteras.

• ESQUINAS

Son zonas de intersección entre 2 vías peatonales y puntos críticos donde se produce el cruce de diversos flujos peatonales.

Las esquinas presentan una distribución de su superficie en 2 zonas:

a.) Zona de circulación: Usada para la circulación regular de peatones que giran en la esquina y los que entran a la esquina desde el paso peatonal o los que llegan a la cola de la fase roja de cruce.

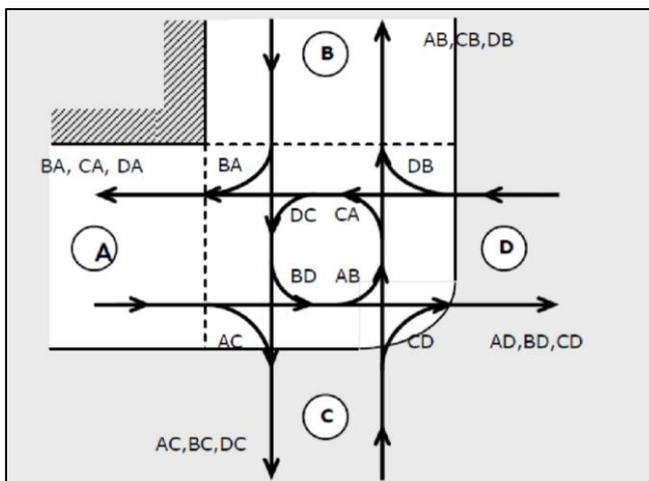
b.) Zona de espera: Sirve para acomodar a los peatones que esperan cruzar la calle en la fase roja peatonal.

Para estudiar estas zonas se debe analizar los posibles sentidos que un peatón puede seguir al llegar a una esquina: Seguir en el mismo sentido, girar a la izquierda o girar a la derecha.

En la siguiente figura se observan las 12 posibles combinaciones:

Figura 23

Posibles movimientos en una esquina



Nota: Esta figura fue tomada del Manual de Capacidad de Carreteras.

“Las esquinas en algunas circunstancias se conectan directamente con los pasos peatonales y al igual que éstos funcionan como zonas tiempo-espacio, donde hay peatones transitando, peatones cruzando y peatones esperando.”

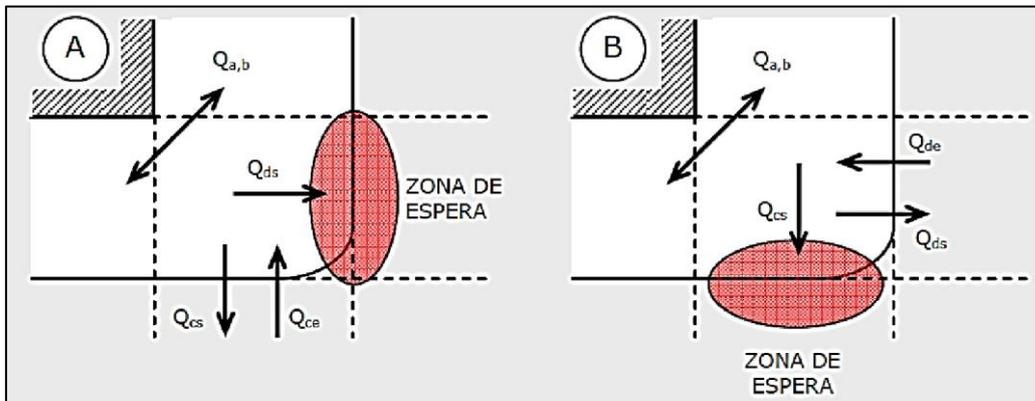
(Méndez & Wang, 2019)

Para el correcto funcionamiento de la zona se debe procurar que el tiempo-espacio disponible en su totalidad se distribuya según las necesidades de cada uno de estos grupos, modificando el reparto

del tiempo del ciclo semafórico o ampliando la superficie de la esquina. (Méndez Cruz & Wang Oropeza, 2019)

Figura 24

Estados de la esquina en un ciclo semafórico



Nota: Esta figura fue tomada del Manual de Capacidad de Carreteras.

Para la metodología de cálculo de estas zonas se seguirán los siguientes pasos:

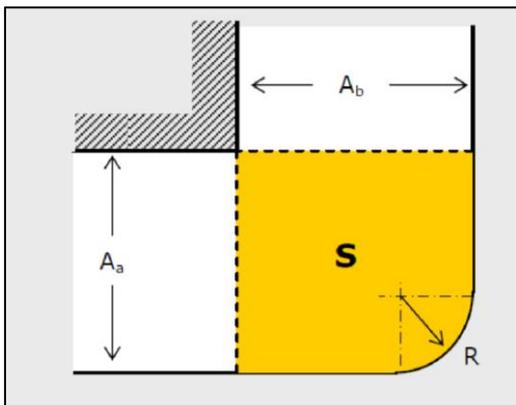
A.) Datos de partida:

La obtención de los datos iniciales en las esquinas, puede ser compleja, ya que hay que tener en cuenta varios flujos de peatones, los cálculos básicos para el cálculo son:

- Ancho de las aceras (A_a, A_b) en metros.
- Radio de la esquina (R) en metros.
- Reglaje peatonal del semáforo (V_c, R_c, V_d, R_d, C) en segundos.
- Cada una de las corrientes que intervienen en la esquina, ($I_a, b, I_{ce},$
- I_{cs}, I_{de}, I_{ds}) en pt/min o pt/C.

Figura 25: Características geométricas de una esquina

Características geométricas de una esquina



Nota: Esta figura fue tomada del "Manual de Capacidad de Carreteras".

B.) Tiempo-espacio disponible (TS):

Se multiplica el área de la esquina y el ciclo del semáforo, tomando en cuenta que a el área se le resta el radio y las obstrucciones u obstáculos que existan:

Superficie de esquina

$$S = A_a * A_b - \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) * R - \sum K_i \cong A_a * A_b - 0.215 * R - \sum K_i \quad (19)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del "Manual de Capacidad de Carreteras"

Tiempo-espacio disponible en esquina

$$TS = S * \frac{C}{60} \quad (20)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del "Manual de Capacidad de Carreteras"

TS en m2.min.

Aa, Ab y R en metros

C en segundos

Ki es la superficie de cada uno de los obstáculos presentes, en m2.

C.) Cálculo de los tiempos de espera (ti):

Al suponerse una incorporación de peatones homogénea a las zonas de espera, el tiempo medio de espera se expresa:

Tiempo de espera

$$t_i = \int_0^{R_i} t \, dt = \frac{1}{2} * \frac{I_i}{C} * R_i^2 \quad (21)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

Siendo:

I_i : La intensidad peatonal en el cruce de la intersección

C : El ciclo semafórico

R_i : El tiempo de rojo del semáforo.

Aplicando esta expresión a los 2 estados de la figura 13, se obtienen las siguientes expresiones análogas:

Tiempo de espera del estado A

$$\text{Estado A} \rightarrow t_{ds} = \frac{1}{2} * \frac{I_{ds}}{C} * \frac{R_d^2}{60} \quad (22)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

Tiempo de espera del estado B

$$\text{Estado B} \rightarrow t_{cs} = \frac{1}{2} * \frac{I_{cs}}{C} * \frac{R_c^2}{60} \quad (23)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

t_{cs} , t_{ds} es el tiempo de espera en cada estado, en pt.min

I_{cs} , I_{ds} es el número total de peatones por ciclo semafórico que cruzan la calle secundaria, en pt/C.

R_c , R_d es el tiempo en rojo del semáforo peatonal.

C es el ciclo semafórico, en segundos.

D.) Demanda tiempo-espacio en la zona de espera (TSR):

La consistencia del grupo de espera debe ser suficiente para formar una cola, con una tasa de ocupación promedio de 0.45 m²/pt donde la demanda espacio-temporal se expresa:

Demanda tiempo-espacio en la zona de espera

$$TS_R = \Omega_e * \sum t_i \quad (24)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

Siendo:

Ω_e : La ocupación media de la zona de espera, en m²/pt

t_i : Cada uno de los tiempos de espera, en pt.min.

Demanda tiempo-espacio en la zona de espera

$$TS_R = 0.45 * (t_{cs} + t_{ds}) \quad (25)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

E.) Tiempo-espacio disponible para la circulación (TSD):

Se resta el tiempo total de espacio (TS) y el tiempo requerido en áreas de espera (TSR), si el resultado es negativo, no hay suficiente espacio para que los peatones circulen, creando congestión en la esquina, que debe ajustarse para mejorar el espacio-tiempo disponible, cambiando el tiempo de ciclo del semáforo o aumentando el área de la zona.

Tiempo-espacio disponible para la circulación

$$TS_D = TS - TS_R \quad (26)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

TSD: Tiempo-espacio disponible en m².min.

TS: Tiempo-espacio total disponible en m².min.

TSR: Tiempo-espacio requerido en m².min.

F.) Cálculo del flujo peatonal por ciclo (I_c):

Es la cantidad de peatones que la esquina puede acomodar en cada ciclo de semáforo, representado por suma de toda la intensidad de tráfico peatonal disponible

Flujo peatonal por ciclo

$$I_c = \sum I_i \quad (27)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

Estas intensidades están expresadas en peatones/ciclo y son:

Flujo peatonal total por ciclo

$$I_C = I_{ce} + I_{cs} + I_{de} + I_{ds} + I_{a-b} \quad (28)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

G.) Estimación del tiempo total de circulación (tc):

Es el tiempo usado por los peatones en cruzar la zona de la esquina, se calcula multiplicando el volumen total de circulación por un tiempo medio considerado de tránsito, se suele tomar 4 segundos:

Tiempo total de circulación

$$t_c = I_c * \frac{t}{60} = I_c * \frac{4}{60} \quad (29)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

tc: Tiempo total de circulación expresado en pt.min.

Ic: Flujo peatonal por ciclo en pt/C.

T: Tiempo medio de tránsito en la esquina en segundos.

H.) Obtención de la ocupación media (Ω):

Define el nivel de servicio de la esquina, se calcula dividiendo el “tiempo-espacio disponible para la circulación” (TSD) por el “tiempo total de circulación” (tc), la ocupación media en m2 es:

Ocupación media de la esquina

$$\Omega = \frac{TSD}{t_c} \quad (30)$$

Nota: Esta ecuación fue tomada del “Manual de Capacidad de Carreteras”

2.3. Marco conceptual

- **Ingeniería de Tránsito:** Rama de la ingeniería civil dedicada a resolver problemas de transporte. (Méndez & Wang, 2019)
- **Tránsito vehicular:** Circulación de vehículos, de un destino a otro. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, 2016)
- **Transporte:** Acción de llevar personas o cargas de un destino a otro. (Méndez & Wang, 2019)
- **Infraestructura de transporte:** Obras dedicadas a mejorar la calidad de transporte: Pavimentos, carreteras, etc. (Méndez & Wang, 2019)
- **Accesibilidad:** Acceso hacia un destino. (Méndez & Wang, 2019)
- **Accidente de tránsito:** Evento que ocasiona daños entre vehículos o con personas. (Méndez & Wang, 2019)
- **Autopista:** Vía de 2 o más carriles con el objetivo de brindar una correcta circulación de vehículos. (Méndez & Wang, 2019)
- **Vehículo:** Medio de transporte con una capacidad promedio de 5 personas o hasta más. (Méndez & Wang, 2019)
- **Acera:** Parte de la vía a lo largo de la calzada, destinada exclusivamente para el tránsito de peatones. (Méndez & Wang, 2019)
- **Gestión vial:** Manejo por parte de las autoridades para planear y resolver problemas de tránsito. (Méndez & Wang, 2019)
- **Aforo de tránsito:** Conteo de vehículos mediante diferentes métodos. (Méndez & Wang, 2019)
- **Análisis de demanda:** Estudio de los factores que influyen en la demanda, llevado a cabo por medio de la recolección de datos y la utilización de varias técnicas analíticas para comprender la demanda. (Méndez & Wang, 2019)

- **Area de tránsito:** Area destinada para el derecho de paso, normalmente un centro comercial que es usada para unidades de transporte comúnmente en combinación con tráfico de peatones. (Méndez & Wang, 2019)
- **Berma:** Porción de la vía peatonal para detener vehículos. (Méndez & Wang, 2019)
- **Calle en sentido único:** El tránsito es en un solo sentido. (Méndez & Wang, 2019)
- **Calle en doble sentido:** El tránsito es en 2 sentidos. (Méndez & Wang, 2019)
- **Calle:** Todas las vías dentro de una unidad, menos carreteras. (Méndez & Wang, 2019)
- **Calzada:** Parte de una vía por donde transitan los vehículos que comprende el área que ocupa el pavimento. (Méndez & Wang, 2019)
- **Capacidad vial:** Cantidad máxima de vehículos que pueden circular por una vía. (Méndez & Wang, 2019)
- **Demora:** Tiempo que pierden los pasajeros y conductores debido a problemas de tránsito. (Méndez & Wang, 2019)

2.4. Sistema de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis

La presente investigación no considera hipótesis ya que no trabaja con relaciones de causa y efecto, al ser una investigación descriptiva lo que busca es recopilar información que sea cuantificable y posteriormente analizarla.

Por otro lado, si se quiere plantear una predicción como posible hipótesis, se podría decir que las propuestas de mejoramiento de la transitabilidad permitirían mejorar el nivel de servicio y reducirían la congestión vehicular y peatonal de la Av. Prolongación Unión.

2.4.2. Variables e Indicadores

2.4.3. Operacionalización de variables

Al ser una investigación de tipo descriptivo según la técnica de contrastación, el presente trabajo no posee variable dependiente.

Variable: Estudio de Tránsito

Tabla 1

Operacionalización de variable

| Variable | Dimensiones | Indicadores | Unidad de medida | Instrumentos |
|---------------------|------------------------------|---|------------------|-----------------------------------|
| Estudio de Tránsito | Intersecciones Semaforizadas | Flujo Vehicular | Veh/h | Aforo Vehicular |
| | | Flujo Peatonal | Pt/min, Pt/C | Aforo Peatonal |
| | | Nivel de Servicio y capacidad vehicular | Seg. | Manual de capacidad de carreteras |
| | | Nivel de Servicio Peatonal | m2/pt | Manual de capacidad de carreteras |

Fuente: Elaboración Propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

Investigación aplicada

3.1.2. Nivel de Investigación

Investigación descriptiva

3.2. Población y Muestra de Estudio

3.2.1. Población

La población estudiada fue la Avenida Prolongación Unión de Trujillo – La Libertad, comprendida desde la intersección con la Avenida América y la Avenida Pesqueda.

3.2.2. Muestra

Como muestra se tomaron las 2 intersecciones semaforizadas de la Avenida Prolongación Unión de Trujillo siendo:

- Av. Prolongación Unión - Avenida América
- Av. Prolongación Unión de - Avenida Pesqueda

3.3. Diseño de Investigación

Siendo el tema principal el analizar la capacidad vehicular y peatonal de la Av. Prolongación Unión en sus dos intersecciones semaforizadas, evaluando el problema y luego plantear propuestas de solución, el nivel más apropiado para este estudio es el descriptivo.



Donde:

“M” es la muestra

“O” es la información relevante y de interés recogida para su posterior análisis

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

- **Técnicas:**

- Técnicas de observación para la recolección de datos y la medición de las características geométricas de la avenida.
- Observación para el registro de datos del aforo vehicular y peatonal durante un período de 15 minutos durante las horas pico.
- Revisión documentaria del “Manual de Capacidad de Carreteras” para la metodología a seguir.
- Revisión documentaria del “Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras”.

- **Instrumentos:**

- Guías de observación para levantamiento topográfico y medición de las características geométricas de la avenida.
- Guía de observación para conteo de vehículos.
- Guía de observación para el conteo y aforo peatonal en esquinas.
- Guías de observación para el ciclo, distribución y reglaje semafórico
- Guías de revisión documentaria del “Manual de Capacidad de Carreteras” para el cálculo del “factor de hora punta”, factores de corrección, niveles de servicio, etc.
- Guías de revisión documentaria del “Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras” para las propuestas de mejoramiento en cuanto a señales de tránsito y semaforización.
- Equipos para el registro fotográfico de la congestión vehicular en las intersecciones de la avenida (Cámara, videograbadora, etc.)
- Software de procesamiento de información obtenida en campo (Excel)

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

- Las “características geométricas de la avenida” se tomaron con medidas manuales para obtener datos más precisos, luego los datos fueron procesados y organizados en tablas de Excel.
- Para la “capacidad vehicular”, se hizo el conteo vehicular por tipo de vehículo, se determinó el día y hora de mayor demanda en ambas

intersecciones, la evaluación del “nivel de servicio” y la “capacidad vehicular”.

- Para calcular el “aforo peatonal” se hizo de manera parecida al “aforo vehicular” procesando los datos en tablas para evaluar los “15 minutos de mayor intensidad peatonal” del día y “hora de máxima demanda” en una esquina de las intersecciones semaforizadas, y evaluar el “nivel de servicio peatonal” que presenta.
- Para el cálculo del aforo y nivel de servicio de vehículos y peatones, se hizo mediante una hoja de cálculo de Excel, donde se utilizó las fórmulas establecidas en la metodología del “Manual de Capacidad de Carreteras”.
- Para las propuestas de mejora se utilizaron metodologías adecuadas, con base en las normas, reglamentos, manuales de control y normas nacionales de tránsito.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e Interpretación de datos

4.1.1. Ubicación del Proyecto

El desarrollo del presente proyecto fue en el distrito y provincia de Trujillo, departamento La Libertad.

Figura 26

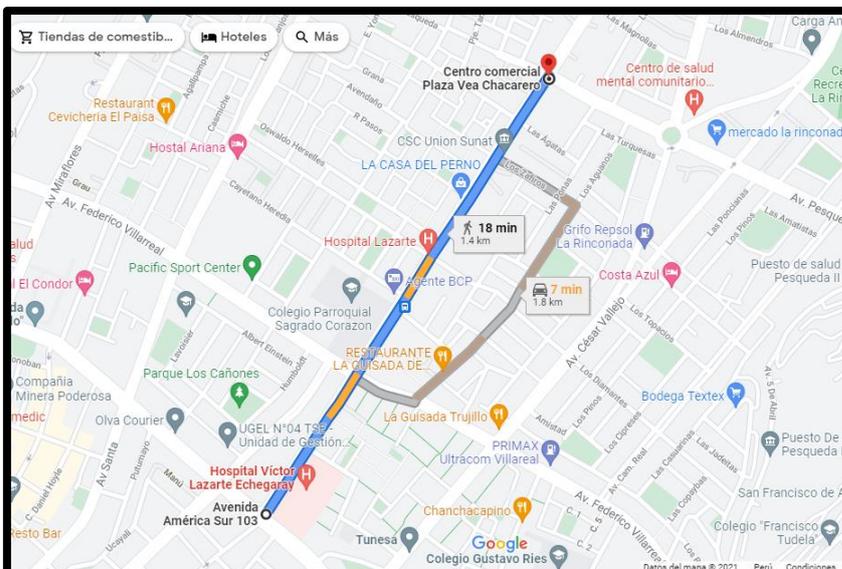
Mapa de la ciudad de Trujillo



Fuente: Google Maps

Figura 27

Mapa de ubicación de la Avenida Prolongación Unión



Fuente: Google Maps

4.1.2. Procedimientos

- Observar el estado de la infraestructura vial y la señalización vertical y horizontal mediante la observación del área de estudio.
- Correcta medición de las características geométricas de la avenida.
- Obtención de datos de campo (aforos vehiculares y peatonales en las horas punta de los días de mayor demanda, la composición vehicular que transita por la avenida y tiempos semafóricos).
- Evaluación del volumen vehicular e intensidad peatonal en el flujo de los 15 minutos de máxima demanda.
- Procesamiento de los datos obtenidos para el tránsito vehicular y peatonal usando correctas metodologías.
- Determinar el nivel de servicio de la avenida (vehicular y peatonal)
- Analizar los resultados e identificar posibles problemáticas.
- Dar propuestas y recomendaciones.

4.1.3. Análisis Vehicular

Este análisis se realizó en cada intersección semaforizada a lo largo de su trayecto, se empezó con el estudio del tráfico (aforo vehicular, distribución semafórica, diagnóstico de la congestión, capacidad y nivel de servicio) para posteriormente analizar los resultados y según estos, poder brindar propuestas de mejora ante el problema encontrado.

El aforo vehicular fue hecho para cada acceso de la intersección, considerando los giros y movimientos que hacen los vehículos. Este estudio se hizo de lunes a viernes en las horas: 6:00 am – 7:00 am, 12:00 pm – 1:00 pm y 6:00 pm – 7:00 pm.

4.1.4. Análisis Peatonal

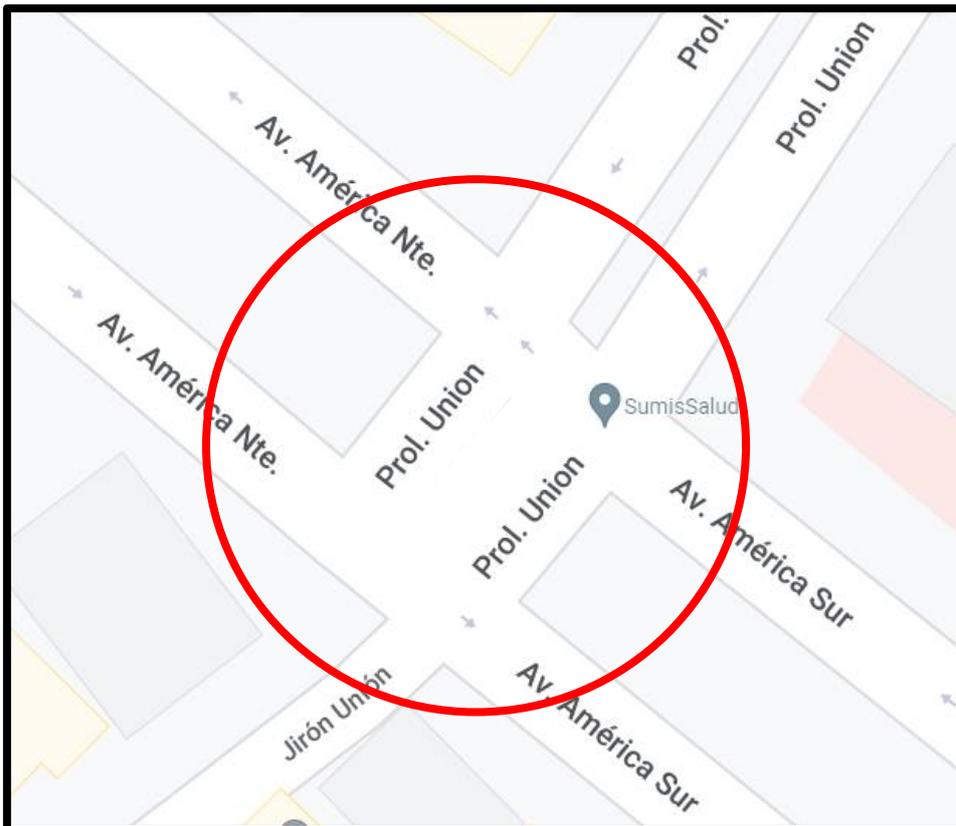
Dicho análisis se realizó en una esquina de cada intersección semaforizada debido a la influencia de los flujos de cada acera confluyente, peatones que cruzan la calle y los que aguardan a que cambie la señal del semáforo, por ello las esquinas son tramos críticos de la red peatonal debido a la concentración de todas estas actividades. Además, la circulación de los vehículos puede verse afectada por una esquina sobrecargada de gente, al necesitar un tiempo adicional de señal verde del semáforo para su cruce, y producir demoras a los movimientos de giro.

Para el aforo peatonal tomado en una esquina de cada intersección semaforizada se utilizó el día y la hora punta con mayor demanda del análisis vehicular.

4.1.5. Intersección Semaforizada Av. Prolong. Unión y Av. América

Figura 28

Mapa de ubicación de la Intersección Av. Prolong. Unión y Av. América



Fuente: Google Maps.

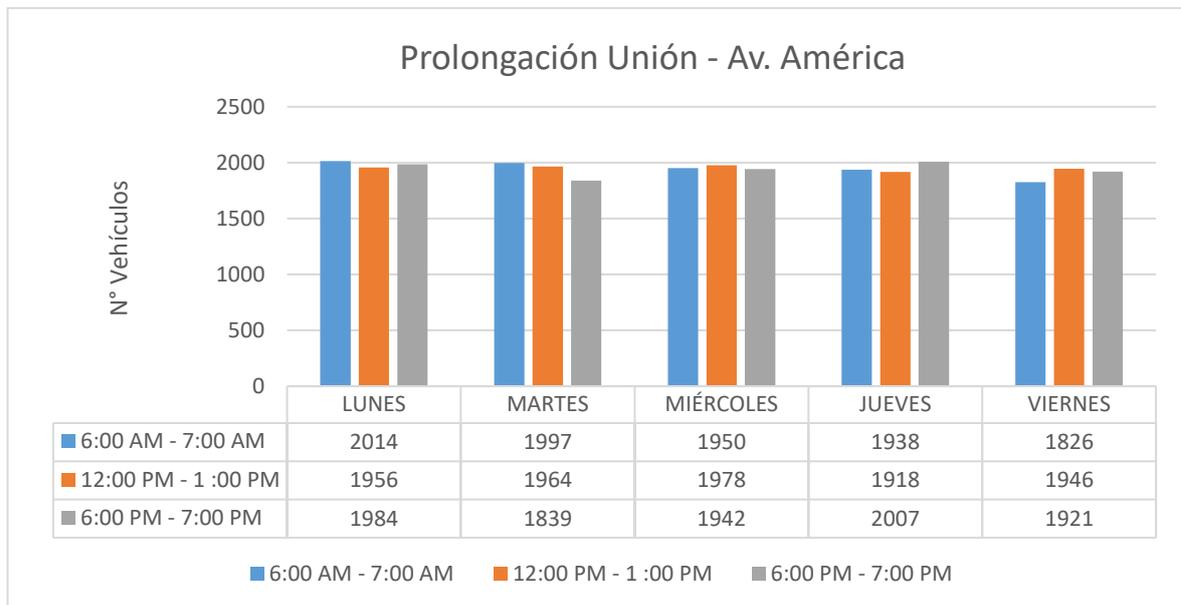
A. Aforo Vehicular

El aforo vehicular de la Intersección Avenida Prolongación Unión y Avenida América se realizó desde el día lunes a viernes en las horas 6:00 a.m. a 7:00 a.m., 12:00 p.m. a 1:00 p.m. y 6:00 p.m. a 7:00 p.m.

El análisis de cada uno de los datos tomados nos dio los siguientes resultados:

Figura 29

Aforo vehicular de la Intersección Av. Prolong. Unión y Av. América



Fuente: Elaboración propia

El día lunes entre las 6:00 a.m. a 7:00 a.m. es el de mayor demanda vehicular en la Intersección Avenida Prolongación unión y Avenida América. Para los aforos se ha identificado y tomado en cuenta los movimientos de circulación de los vehículos para cada acceso de la intersección, tal como se muestra a continuación:

Tabla 2

Aforos Vehiculares c/ 15 min en la Intersección Av. Prolong. Unión y Av. América

| AFORO DE 6:00 AM - 6:15 AM | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|--------|-------|--------------------|--------|-------------|-------|-------------|--------|-------|-------|
| TIPO DE VEHÍCULO | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PROLONG. UNIÓN | | AV. AMÉRICA | | AV. AMÉRICA | | TOTAL | % |
| | → | ↗ G.IZ | ↘ G.D | ↖ G.D | ↙ G.IZ | ↑ | ↘ G.D | ↓ | ↖ G.IZ | | |
| AUTO (M1) | 49 | 12 | 33 | 19 | 13 | 57 | 41 | 41 | 31 | 296 | 57.25 |
| COMBIS (M2-III) | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 16 | 0 | 60 | 11.61 |
| MICROS (M3-II) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 26 | 0 | 61 | 11.80 |
| CAMIONETAS (M1) | 7 | 12 | 9 | 12 | 10 | 9 | 2 | 9 | 10 | 80 | 15.47 |
| CAMIONES 2 Y 3 EJES (N1, N2 Y N3) | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0.77 |
| MOTOS(L3) | 2 | 0 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 16 | 3.09 |
| MOTOTAXIS (L5) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | | | | | | | | | | 517 | 100 |
| AFORO DE 6:15 AM - 6:30 AM | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE VEHÍCULO | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PROLONG. UNIÓN | | AV. AMÉRICA | | AV. AMÉRICA | | TOTAL | % |
| | → | ↗ G.IZ | ↘ G.D | ↖ G.D | ↙ G.IZ | ↑ | ↘ G.D | ↓ | ↖ G.IZ | | |
| AUTO (M1) | 47 | 13 | 32 | 18 | 16 | 59 | 40 | 39 | 28 | 292 | 56.59 |
| COMBIS (M2-III) | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 15 | 0 | 61 | 11.82 |
| MICROS (M3-II) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 | 0 | 25 | 0 | 59 | 11.43 |
| CAMIONETAS (M1) | 9 | 11 | 7 | 11 | 9 | 11 | 4 | 11 | 9 | 82 | 15.89 |
| CAMIONES 2 Y 3 EJES (N1, N2 Y N3) | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 1.16 |
| MOTOS(L3) | 0 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 0 | 16 | 3.10 |
| MOTOTAXIS (L5) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | | | | | | | | | | 516 | 100 |

| AFORO DE 6:30 AM - 6:45 AM | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|--------|-------|--------------------|--------|-------------|-------|-------------|--------|-------|-------|--|
| TIPO DE VEHÍCULO | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PROLONG. UNIÓN | | AV. AMÉRICA | | AV. AMÉRICA | | TOTAL | % | |
| | → | ↗ G.IZ | ↘ G.D | ↖ G.D | ↙ G.IZ | ↑ | ↘ G.D | ↓ | ↙ G.IZ | | | |
| AUTO (M1) | 48 | 10 | 30 | 17 | 14 | 56 | 43 | 40 | 26 | 284 | 57.49 | |
| COMBIS (M2-III) | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 14 | 0 | 55 | 11.13 | |
| MICROS (M3-II) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 0 | 23 | 0 | 56 | 11.34 | |
| CAMIONETAS (M1) | 7 | 9 | 8 | 10 | 11 | 10 | 5 | 10 | 10 | 80 | 16.19 | |
| CAMIONES 2 Y 3 EJES (N1, N2 Y N3) | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 6 | 1.21 | |
| MOTOS(L3) | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 0 | 13 | 2.63 | |
| MOTOTAXIS (L5) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | | | | | | | | | | 494 | 100 | |

| AFORO DE 6:45 AM - 7:00 AM | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|--------|-------|--------------------|--------|-------------|-------|-------------|--------|-------|-------|--|
| TIPO DE VEHÍCULO | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PROLONG. UNIÓN | | AV. AMÉRICA | | AV. AMÉRICA | | TOTAL | % | |
| | → | ↗ G.IZ | ↘ G.D | ↖ G.D | ↙ G.IZ | ↑ | ↘ G.D | ↓ | ↙ G.IZ | | | |
| AUTO (M1) | 45 | 11 | 28 | 20 | 11 | 55 | 40 | 39 | 24 | 273 | 56.06 | |
| COMBIS (M2-III) | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 12 | 0 | 53 | 10.88 | |
| MICROS (M3-II) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 22 | 0 | 54 | 11.09 | |
| CAMIONETAS (M1) | 5 | 10 | 6 | 13 | 9 | 12 | 7 | 9 | 13 | 84 | 17.25 | |
| CAMIONES 2 Y 3 EJES (N1, N2 Y N3) | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 7 | 1.44 | |
| MOTOS(L3) | 3 | 2 | 0 | 3 | 0 | 3 | 2 | 0 | 3 | 16 | 3.29 | |
| MOTOTAXIS (L5) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | | | | | | | | | | 487 | 100 | |

| TOTAL DE VEHÍCULOS | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|--------|-------|--------------------|--------|-------------|-------|-------------|--------|-------------|-------|--|
| TIPO DE VEHÍCULO | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PROLONG. UNIÓN | | AV. AMÉRICA | | AV. AMÉRICA | | TOTAL | % | |
| | → | ↗ G.IZ | ↘ G.D | ↖ G.D | ↙ G.IZ | ↑ | ↘ G.D | ↓ | ↙ G.IZ | | | |
| TOTAL DE VEHÍCULOS | 297 | 97 | 157 | 137 | 97 | 520 | 192 | 360 | 157 | 2014 | | |
| AUTO (M1) | 189 | 46 | 123 | 74 | 54 | 227 | 164 | 159 | 109 | 1145 | 56.85 | |
| COMBIS (M2-III) | 71 | 0 | 0 | 0 | 0 | 101 | 0 | 57 | 0 | 229 | 11.37 | |
| MICROS (M3-II) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 134 | 0 | 96 | 0 | 230 | 11.42 | |
| CAMIONETAS (M1) | 28 | 42 | 30 | 46 | 39 | 42 | 18 | 39 | 42 | 326 | 16.19 | |
| CAMIONES 2 Y 3 EJES (N1, N2 Y N3) | 3 | 6 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 2 | 2 | 23 | 1.14 | |
| MOTOS(L3) | 6 | 3 | 4 | 12 | 4 | 11 | 10 | 7 | 4 | 61 | 3.03 | |
| MOTOTAXIS (L5) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 | |
| | | | | | | | | | | 2014 | 100 | |

Fuente: Elaboración propia

B. Cálculo del Factor Hora Punta

El momento más crítico de la Intersección Av. Prolongación Unión y Av. América, se produjo durante la hora punta, entre las 6:00 a.m. y 6:15 a.m. del día lunes.

El Manual de Capacidad de Carreteras define al Factor de Hora Punta, como el cociente entre el flujo vehicular de la hora punta y cuatro veces la intensidad de los 15 minutos más cargados.

$$FHP = \frac{IHP}{4 * I_{15}}$$

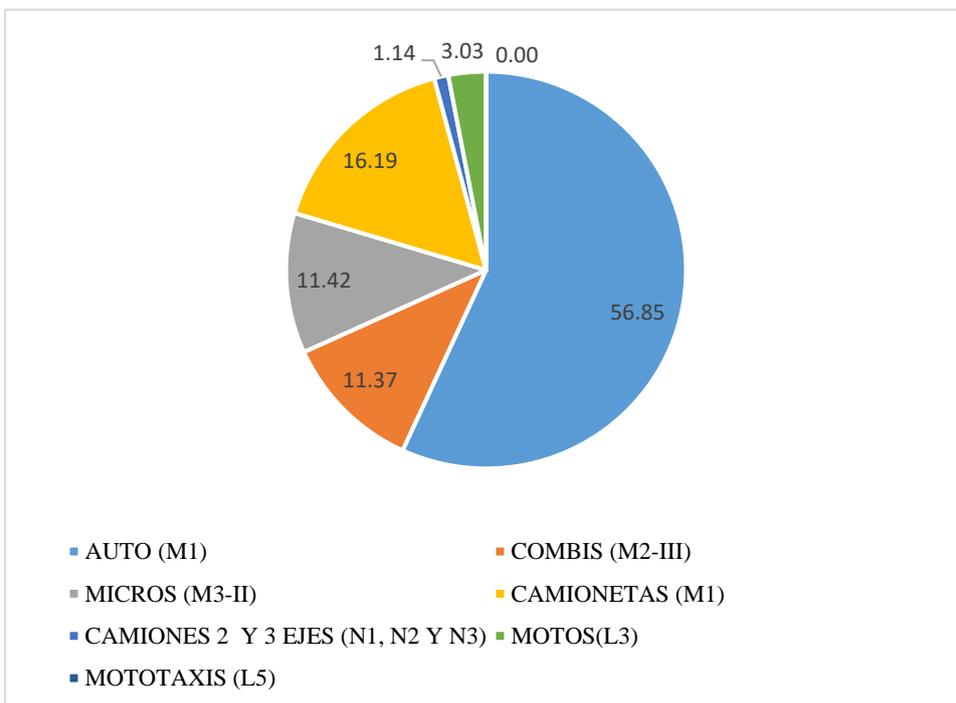
Reemplazando tenemos:

$$FHP = \frac{2014}{4 * 517} = 0.97$$

Factor Hora Punta de la Intersección Avenida Prolongación Unión y Avenida América: 0.97.

Figura 31

Porcentaje de tipos de vehículos de la Intersección Av. Prolong. Unión y Av. América



Fuente: Elaboración propia

C. Evaluación del Nivel de Servicio y Capacidad Vehicular

La Evaluación del Nivel de Servicio y Capacidad Vehicular de la Intersección Avenida Prolongación Unión y Avenida América, tuvo como fundamento el Manual de Capacidad de Carreteras.

Para una correcta evaluación del Nivel de Servicio y Capacidad de la Intersección, obtuvimos los siguientes datos mediante mediciones realizadas en campo.

Parámetros para el Cálculo de Nivel de Servicio Vehicular

1. Ancho de las vías

Tabla 3

Ancho de vías de la Intersección Av. Prolong. Unión – Intersección con Av. América

| Accesos | N° Carril | Ancho (m) |
|---|-----------|-----------|
| Este  | 2 | 3.7 |
| Oeste  | 3 | 3.65 |
| Oeste  | 2 | 4.1 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Ancho de vías de la Intersección Av. América

| Accesos | N° Carril | Ancho (m) |
|---|-----------|-----------|
| Sur  | 4 | 3.45 |
| Sur  | 3 | 3.4 |
| Norte  | 3 | 3 |

Fuente: Elaboración propia

2. Porcentaje de Vehículos Pesados (%)

El porcentaje (%) de vehículos pesados es 1,14% según el Aforo Vehicular realizado en la Intersección.

3. Pendiente de las Vías (%)

Las pendientes de la Avenida Prolongación Unión y la Avenida América respectivamente son 2% y 1.2 %, según la entidad Transporte Metropolitano de Trujillo (TMT), considerados como un terreno plano.

4. Estacionamientos de Vehículos en las vías.

En la Avenida Prolongación Unión se encontraron 23 vehículos estacionados por hora, sumando todos sus accesos y 13 vehículos estacionados por hora en la Avenida América. Se mostrará la cantidad exacta en la tabla de datos.

5. Paradas de Autobuses.

Como paradas de autobuses se consideró a las paradas que hacen los Micros y Combis para recoger o dejar pasajeros debido a la influencia negativa en el flujo vehicular.

En la Avenida Prolongación Unión se encontraron 24 paradas de micros y combis por hora, sumando todos sus accesos y 35 paradas de autobuses en la Avenida América. Se mostrará la cantidad exacta en la tabla de datos.

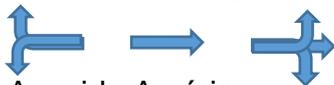
6. Tipo de Zona de la Intersección

Ambas avenidas son zonas urbanas, según su definición, se encuentran negocios y zonas mercantiles, con un flujo de vehículos y peatones.

7. Grupos de Carril.

Hemos identificado los siguientes grupos de carril:

Avenida Prolongación Unión:



Avenida América:



8. Distribución Semafórica en la Intersección

Los semáforos se encuentran distribuidos según lo mostrado en la Figura 30 Intersección Avenida Prolongación Unión y Avenida América.

- Los Semáforos fueron nombrados con las letras A, B, C, D, E, F, G y H.
- Los Semáforos A, B, C y D controlan el flujo vehicular de la Avenida Prolongación Unión en ambos sentidos.
- Los semáforos E, F, G y H controla el flujo vehicular de la Avenida América.

Los tiempos semafóricos se tomaron de manera manual y se obtuvo la siguiente distribución semafórica.

Tabla 5*Reglaje Semafórico de la Intersección Av. Prolongación Unión y América*

| | SEMÁFORO ROJO | ÁMBAR | VERDE | TOTAL |
|---|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| A | 58 | 3 | 18 | 79 |
| B | 58 | 3 | 18 | 79 |
| C | 58 | 3 | 18 | 79 |
| D | 58 | 3 | 18 | 79 |
| E | 48 | 3 | 28 | 79 |
| F | 48 | 3 | 28 | 79 |
| G | 48 | 3 | 28 | 79 |
| H | 48 | 3 | 28 | 79 |

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 6***Datos de la Intersección Av. Prolongación Unión y América*

| | Accesos | Carril | Ancho (m) | V. Pesados (%) | Pendiente (%) | Estac. (veh/h) | Paradas (veh/h) | Zona |
|---------------------------|--|---------------|------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-------------|
| Prolongación Unión | Este  | 2 | 3.70 | 1.14 | 2 | 10 | 0 | Urbana |
| | Oeste  | 3 | 3.65 | 1.14 | 2 | 13 | 21 | Urbana |
| | Oeste  | 2 | 4.10 | 1.14 | 2 | 0 | 3 | Urbana |
| Av. América | Sur  | 4 | 3.45 | 1.14 | 1.2 | 5 | 9 | Urbana |
| | Sur  | 3 | 3.40 | 1.14 | 1.2 | 2 | 15 | Urbana |
| | Norte  | 3 | 3.00 | 1.14 | 1.2 | 6 | 11 | Urbana |

Fuente: Elaboración propia

9. Factores de Corrección

9.1. Factor Verde de Grupo de Carriles (fv):

$$fv = \frac{\text{Fase verde}}{\text{Ciclo total semafórico}}$$

Los resultados se detallan en la Tabla 7 a continuación:

Tabla 7

Factor Verde de la Intersección Av. Prolongación Unión y América

| Accesos | | Carril | fv |
|---------------------------|--|--------|-------|
| Prolongación Unión | Este  | 2 | 0.228 |
| | Oeste  | 3 | 0.228 |
| | Oeste  | 2 | 0.228 |
| Av. América Sur | Sur  | 4 | 0.354 |
| | Sur  | 3 | 0.354 |
| | Norte  | 3 | 0.354 |

Fuente: Elaboración propia

9.2. Factor Anchura de Carril (fA)

$$fA = 1 + \frac{A - 3.6}{9}$$

Tabla 8

Factor Anchura de Carril de la Intersección Av. Prolongación Unión y América

| Accesos | | <i>fa</i> |
|---------------------------|--|-----------|
| Prolongación Unión | Este  | 1.011 |
| | Oeste  | 1.006 |
| | Oeste  | 1.056 |
| Av. América Sur | Sur  | 0.983 |
| | Sur  | 0.978 |
| | Norte  | 0.933 |

Fuente: Elaboración propia

9.3. Factor Vehículos Pesados (fP)

$$fp = \frac{1}{1 + Veh.pesados (\%)}$$

Para ambas Avenidas sería:

$$fv = \frac{1}{1 + 1.14(\%)} = 0.989$$

9.4. Factor Inclinación (fi)

$$fi = 1 - \frac{Pendiente (\%)}{2}$$

Para la Avenida Prolongación Unión:

$$fi = 1 - \frac{2\%}{2} = 0.990$$

Para la Avenida América:

$$fi = 1 - \frac{1.2\%}{2} = 0.994$$

9.5. Factor de Estacionamiento (fe)

$$fe = 1 - \frac{0.1}{N^{\circ} Carril} - \frac{18 * N^{\circ} Estacionamientos}{3600 * N^{\circ} Carril}$$

Los resultados se detallan en la Tabla 9 a continuación:

Tabla 9

Factor Estacionamiento de la Intersección Av. Prolongación Unión y América

| Accesos | fe | |
|--------------------|--|-------|
| Prolongación Unión | Este  | 0.925 |
| | Oeste  | 0.945 |
| | Oeste  | 0.950 |
| Av. América Sur | Sur  | 0.969 |
| | Sur  | 0.963 |
| | Norte  | 0.957 |

Fuente: Elaboración propia

9.6. Factor Parada de Autobús (fbb)

$$fbb = 1 - \frac{14.4 * N^{\circ} Autobuses}{3600 * N^{\circ} Carril}$$

Tabla 10

Factor Parada de Autobús de la Intersección Av. Prolongación Unión y América

| Accesos | <i>fb</i> |
|--------------------|--|
| Prolongación Unión | Este  1 |
| | Oeste  0.748 |
| | Oeste  0.976 |
| Av. América Sur | Sur  0.856 |
| | Sur  0.820 |
| | Norte  0.868 |

Fuente: Elaboración propia

9.7. Factor giros a la derecha (fgd)

$$fgd = 1 - 0.15 (pgd)$$

Pgd = Proporción de giros a la derecha

Los resultados se detallan en las Tabla 11 y 12 a continuación:

Tabla 11

Giros de la Intersección Av. Prolongación Unión y América

| VEHÍCULOS POR ACCESO | AV. PROLONG. UNIÓN | | AV. PROLONG. UNIÓN | | AV. AMÉRICA | | AV. AMÉRICA | | TOTAL | |
|----------------------|---|--|---|---|--|--|---|--|-------|-------------|
| |  |  G.IZ |  G.D |  G.D |  G.IZ |  G.D |  |  G.IZ | | |
| | 297 | 97 | 157 | 137 | 97 | 520 | 192 | 360 | 157 | 2014 |
| | 551 | | 234 | | 712 | | 517 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Factor giros a la derecha de la Intersección Av. Prolongación Unión y América

| Accesos | | Prop. giros a la derecha | Factor giros a la derecha |
|-----------------------|--|--------------------------|---------------------------|
| Prolongación Unión | Este  | 0.585 | 0.912 |
| | Oeste  | 0 | 1 |
| | Oeste  | 0.285 | 0.957 |
| Av. América | Sur  | 0.270 | 0.960 |
| | Sur  | 0 | 1 |
| | Norte  | 0 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

9.8. Factor giros a la izquierda (f_{gi})

$$f_{gi} = \frac{1}{(1 + 0.05 * p_{gi})}$$

P_{gi} = Proporción de giros a la izquierda

Tabla 13*Factor giros a la izquierda de la Intersección Av. Prolongación Unión y América*

| Accesos | | Prop. giros a la izquierda | Factor giros a la izquierda |
|-----------------------|--|----------------------------|-----------------------------|
| Prolongación Unión | Este  | 0.415 | 0.980 |
| | Oeste  | 0 | 1 |
| | Oeste  | 0.176 | 0.991 |
| Av. América | Sur  | 0 | 1 |
| | Sur  | 0 | 1 |
| | Norte  | 0.304 | 0.985 |

*Fuente: Elaboración propia***9.9. Factor Tipo de Zona (far)**

Ver Tabla 15: Factor de Corrección para el tipo de Zona Urbana

Para Zona Urbana: 0.9

Nivel de Servicio y Capacidad Vehicular

1. Capacidad Vehicular Real (v/h)

$$Cr = 1900 \times N^{\circ}carril \times fv \times fA \times fp \times fi \times fe \times fbb \times fgd \times fgi \times far$$

Los resultados se detallan en la Tabla 14 a continuación:

Tabla 14

Capacidad Vehicular de la Av. Prolongación Unión y América

| Accesos | Carril | fv | fA | fp | fi | fe | fbb | fgd | fgi | far | Cap. Real (v/h) | |
|--------------------|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|------|
| Prolongación Unión | Este  | 2 | 0.228 | 1.011 | 0.989 | 0.990 | 0.925 | 1 | 0.912 | 0.980 | 0.9 | 638 |
| | Oeste  | 3 | 0.228 | 1.006 | 0.989 | 0.990 | 0.945 | 0.748 | 1 | 1 | 0.9 | 814 |
| | Oeste  | 2 | 0.228 | 1.056 | 0.989 | 0.990 | 0.950 | 0.976 | 0.957 | 0.991 | 0.9 | 709 |
| Av. América Sur | Sur  | 4 | 0.354 | 0.983 | 0.989 | 0.994 | 0.969 | 0.856 | 0.96 | 1 | 0.9 | 1863 |
| | Sur  | 3 | 0.354 | 0.978 | 0.989 | 0.994 | 0.963 | 0.820 | 1 | 1 | 0.9 | 1379 |
| | Norte  | 3 | 0.354 | 0.933 | 0.989 | 0.994 | 0.957 | 0.868 | 1 | 0.985 | 0.9 | 1363 |

Fuente: Elaboración propia

2. Intensidad Circulante (v/h)

$$I = \frac{IHP}{FHP}$$

Los resultados se detallan en la Tabla 15 a continuación:

Tabla 15

Intensidad Circulante de la Av. Prolongación Unión y América

| Accesos | | IHP | FHP | I |
|-----------------------|--|-----|------|-----|
| Prolongación Unión | Este  | 234 | 0.97 | 241 |
| | Oeste  | 297 | 0.97 | 306 |
| | Oeste  | 254 | 0.97 | 262 |
| Av. América | Sur  | 712 | 0.97 | 734 |
| | Norte  | 520 | 0.97 | 536 |
| | Norte  | 517 | 0.97 | 533 |

Fuente: Elaboración propia

3. Cálculo del Cociente (I/Cr)

Tabla 16

Cociente I/Cr de la Av. Prolongación Unión y América

| Accesos | I | Cr | I/Cr | |
|--------------------|--|-----|------|-------|
| Prolongación Unión | Este  | 241 | 638 | 0.378 |
| | Oeste  | 306 | 814 | 0.376 |
| | Oeste  | 262 | 709 | 0.37 |
| Av. América | Sur  | 734 | 1863 | 0.394 |
| | Sur  | 536 | 1379 | 0.389 |
| | Norte  | 533 | 1363 | 0.391 |

Fuente: Elaboración propia

Nivel de Servicio de cada acceso

$$d = 0.38 * C * \frac{(1-f_v)^2}{(1-f_v * I/cr)} + 173 * (I/cr)^2 * \sqrt{((I/cr) - 1)^2 + 16 * (I/cr)^2}$$

Dónde C = Ciclo total Semafórico

Para el Nivel de Servicio Vehicular se usará la Tabla del Manual de capacidad de carreteras detallada en la Figura 19 y mostrada a continuación:

| Nivel de Servicio | Demora Media (s/veh) |
|-------------------|----------------------|
| A | d<6 |
| B | 5<d<16 |
| C | 15<d<26 |
| D | 25<d<41 |
| E | 40<d<61 |
| F | d>60 |

Tabla 17

Nivel de Servicio Vehicular de los accesos de la Av. Prolongación Unión y América

| Accesos | <i>fv</i> | <i>i/cr</i> | <i>Demora Acceso (seg)</i> | <i>NS Acceso</i> | |
|--------------------|--|-------------|----------------------------|------------------|---|
| Prolongación Unión | Este  | 0.228 | 0.378 | 59.993 | E |
| | Oeste  | 0.228 | 0.376 | 59.394 | E |
| | Oeste  | 0.228 | 0.37 | 57.635 | E |
| Av. América | Sur  | 0.354 | 0.394 | 59.904 | E |
| | Sur  | 0.354 | 0.389 | 58.290 | E |
| | Norte  | 0.354 | 0.391 | 58.931 | E |

Fuente: Elaboración propia

Nivel de Servicio de la intersección

$$d_{intersección} = \frac{\sum demora_{acceso} * Intensidad_{acceso}}{\sum Intensidad_{acceso}}$$

Tabla 18

Nivel de Servicio Vehicular de la Av. Prolongación Unión y América

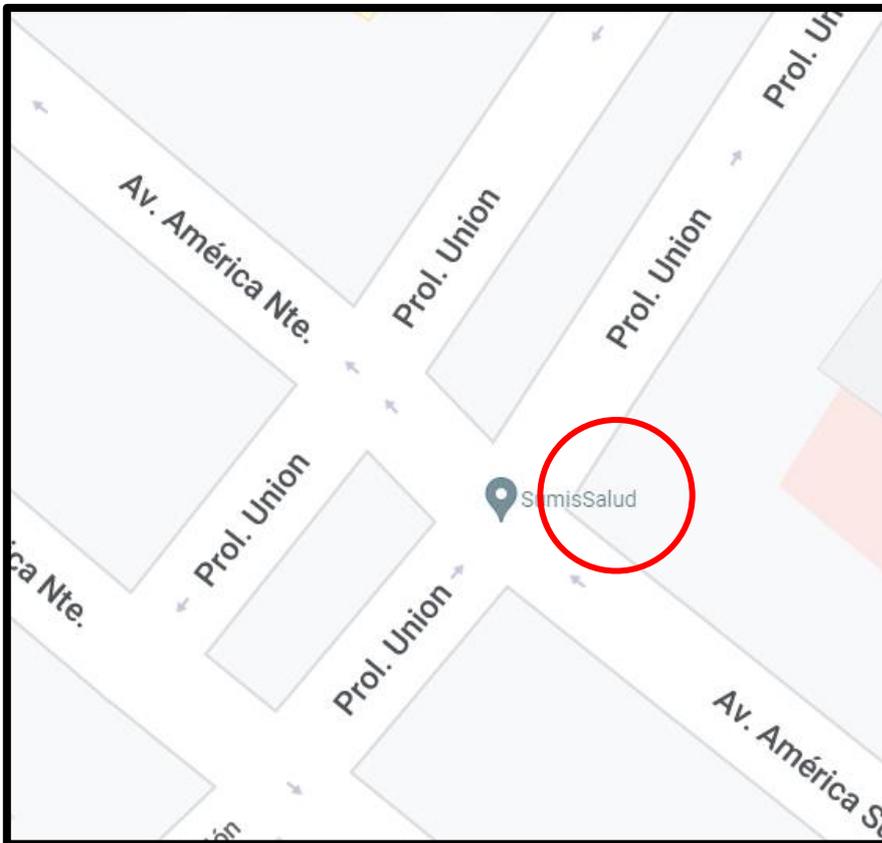
| Accesos | <i>fv</i> | <i>i/cr</i> | <i>Demora Acceso (seg)</i> | <i>I</i> | <i>Demora Intersección</i> | <i>NS</i> | |
|--------------------|--|-------------|----------------------------|----------|----------------------------|-----------|---|
| Prolongación Unión | Este  | 0.228 | 0.378 | 59.993 | 241 | | |
| | Oeste  | 0.228 | 0.376 | 59.394 | 306 | | |
| | Oeste  | 0.228 | 0.37 | 57.635 | 262 | | |
| Av. América | Sur  | 0.354 | 0.394 | 59.904 | 734 | 59 | E |
| | Sur  | 0.354 | 0.389 | 58.290 | 536 | | |
| | Norte  | 0.354 | 0.391 | 58.931 | 533 | | |

Fuente: Elaboración propia

D. Aforo Peatonal

Figura 32

Mapa de Ubicación de la esquina de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. América

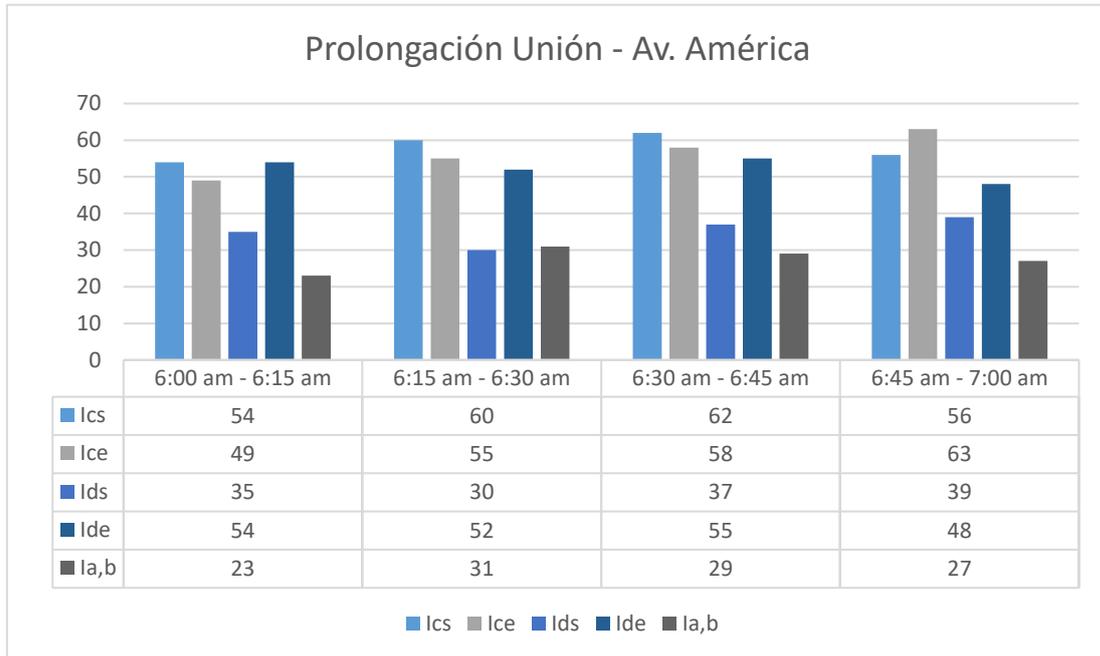


Fuente: Elaboración propia

El conteo peatonal se realizó el día lunes de 6:00 am a 7:00 am ya que es el día y hora con mayor demanda y movimiento vehicular de dicha intersección semaforizada.

Figura 33

Aforo peatonal de la esquina de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. América



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 19 se detallan los datos geométricos y el reglaje semafórico para el análisis peatonal de la esquina en donde se realizó la medición correspondiente, tomando en cuenta ciertas restricciones que se pudieron observar cómo los postes de alumbrado público, semáforos, etc. Cuyas dimensiones fueron tomadas de la Figura 20 denominada “Límites de la vía peatonal” que nos brinda el “Manual de Capacidad Carreteras” (HCM).

Tabla 19

Datos para el análisis peatonal de la esquina de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. América

| Datos | Prolong. Unión | Av. América |
|--------------------------------|----------------|----------------|
| Ancho total de acera(m) | 3.4 | 1.9 |
| Radio de esquina(m) | 2.5 | |
| Restricciones(m ²) | 1.22 | 0.75 |
| Reglaje Semafórico | Prolong. Unión | Av. América |
| Verde/Ámbar(seg.) | 21 | 31 |
| Rojo(seg.) | 58 | 48 |
| Ciclo(seg.) | 79 | 79 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 20 se presentan las intensidades peatonales de 6:30 a.m. a 6:45 a.m. siendo los quince minutos de mayor flujo peatonal identificados de la hora punta y los cuales van a ser utilizados para determinar el nivel de servicio de la esquina.

Tabla 20

Intensidades peatonales de los 15 minutos de mayor flujo de la esquina de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. América

| Intensidad Peatonal | Aforo peatonal 15 min punta | Intensidad media (pt/min) | Intensidad media por ciclo (pt/c) |
|----------------------------|--|--------------------------------------|--|
| lcs | 62 | 5 | 4 |
| lce | 58 | 5 | 4 |
| lds | 37 | 3 | 6 |
| lde | 55 | 4 | 5 |
| la, b | 29 | 2 | 3 |
| Total | 241 | 19 | 22 |

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del Nivel de Servicio Peatonal

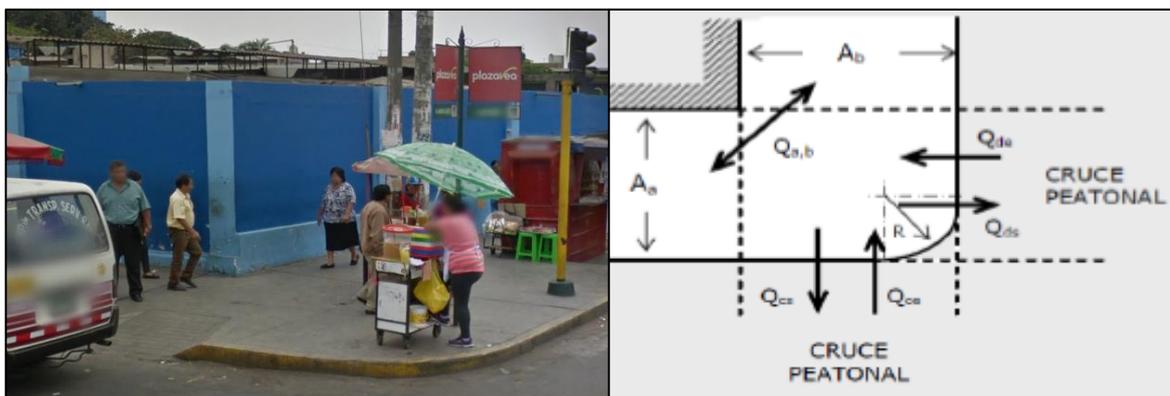
Para el cálculo del nivel de servicio se utilizó la metodología del “Manual de Capacidad de Carreteras” (HCM).

Reglaje Semafórico

- Ciclo: 79 seg.
- Vp: 21 seg.
- Rp: 58 seg.
- Vs: 31 seg.
- Rs: 48 seg.

Tabla 21

Análisis del Nivel de Servicio Peatonal de la esquina de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. América



| | | | |
|---|--|------|---------------------|
| Superficie neta de la esquina: | $S = A_a * A_b - 0.215 * R - \sum K_i$ | 3.95 | m ² |
| Tiempo-espacio disponible | $TS = S * C / 60$ | 5.2 | m ² /min |
| Tiempo de espera en las zonas de espera | $t_{cs} = \frac{1}{2} * \frac{I_{cs}}{C} * \frac{R_c^2}{60}$ | 0.97 | pt.min |
| | $t_{ds} = \frac{1}{2} * \frac{I_{ds}}{C} * \frac{R_d^2}{60}$ | 2.13 | pt.min |
| Tiempo-espacio de la zona de espera | $TS_R = 0.45 * (t_{cs} + t_{ds})$ | 1.4 | m ² .min |
| Tiempo-espacio de circulación | $TS_D = TS - TS_R$ | 3.80 | m ² .min |
| Intensidad total de circulación | $I_c = I_{ce} + I_{cs} + I_{de} + I_{ds} + I_{a,b}$ | 22 | pt |
| Tiempo total de circulación | $t_c = I_c * 4 / 60$ | 1.47 | pt.min |
| Superficie peatonal | $\Omega = TS_D / t_c$ | 2.59 | m ² /pt |
| Nivel de servicio | | C | |

Fuente: Elaboración propia

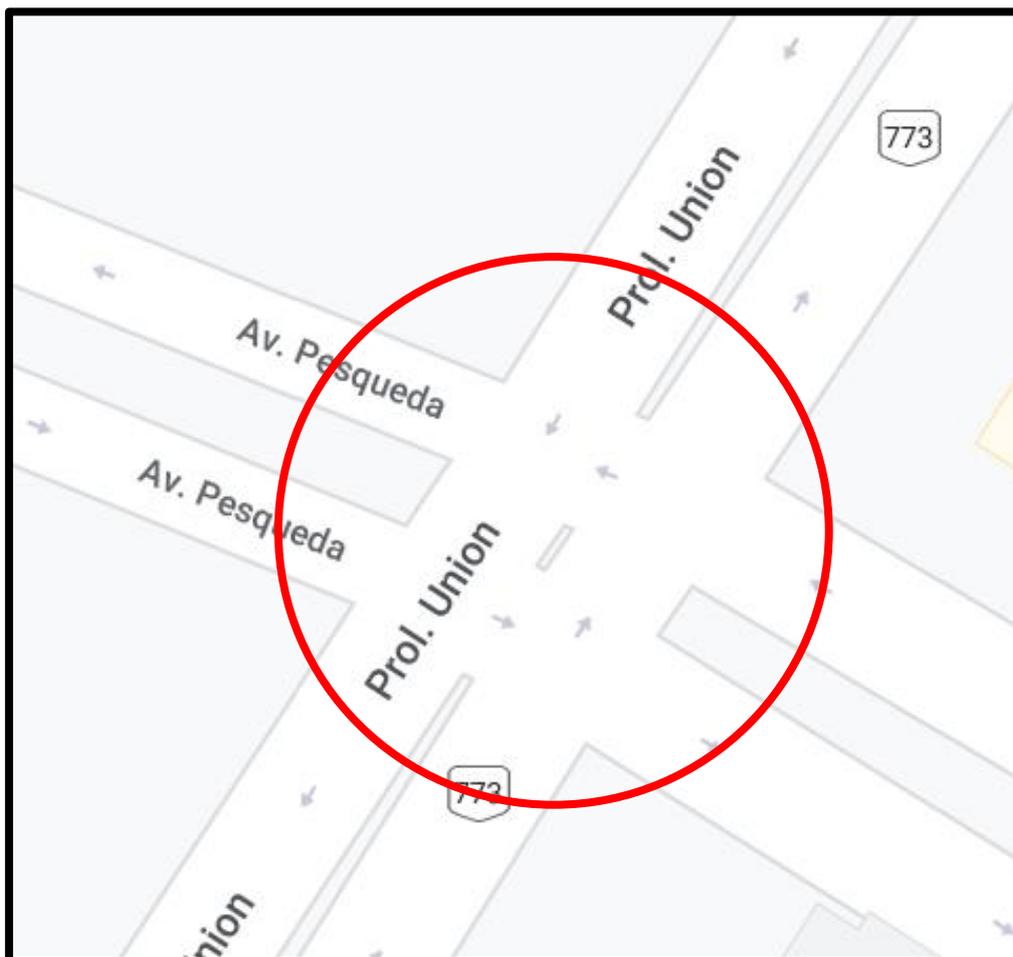
Para el Nivel de Servicio Peatonal se usará la Tabla del Manual de capacidad de carreteras detallada en la Figura 21 y mostrada a continuación:

| Nivel se Servicio | Ocupación(m ² /pt) |
|-------------------|-------------------------------|
| A | ≥ 11.70 |
| B | ≥ 3.60 |
| C | ≥ 2.16 |
| D | ≥ 1.35 |
| E | ≥ 0.54 |
| F | < 0.54 |

4.1.6. Intersección Semaforizada Av. Prolong. Unión y Av. Pesqueda

Figura 34

Mapa de ubicación de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. Pesqueda



Fuente: Elaboración propia

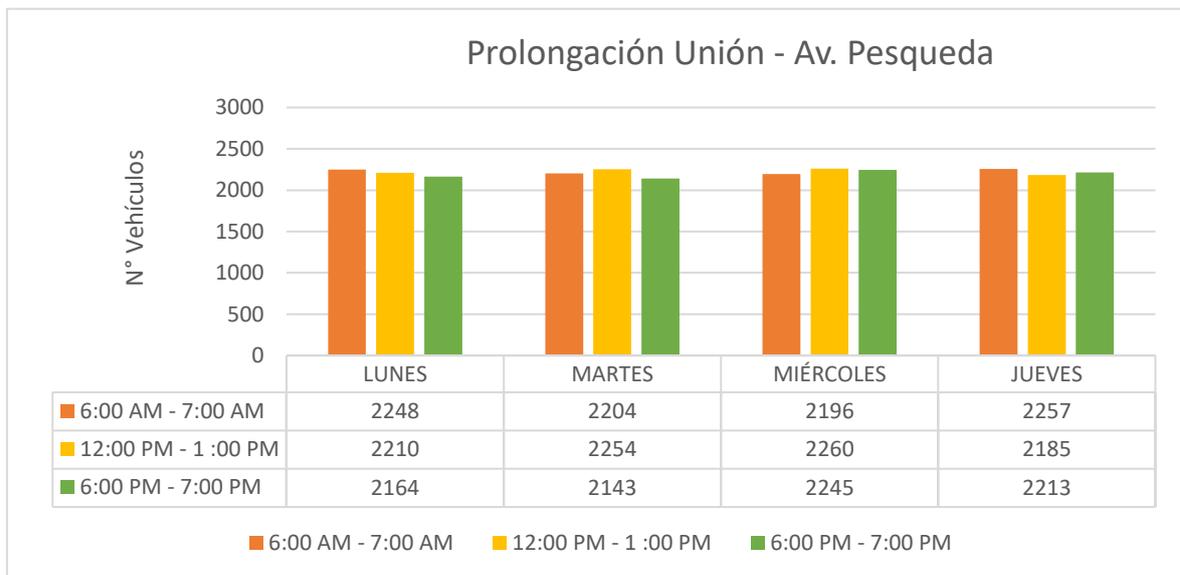
A. Aforo vehicular

El de la Intersección Avenida Prolongación Unión y Avenida Pesqueda se realizó desde el día lunes a viernes en las horas 6:00 a.m. a 7:00 a.m., 12:00 p.m. a 1:00 p.m. y 6:00 p.m. a 7:00 p.m.

El análisis de cada uno de los datos tomados nos dio los siguientes resultados:

Figura 35

Aforo vehicular de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. Pesqueda

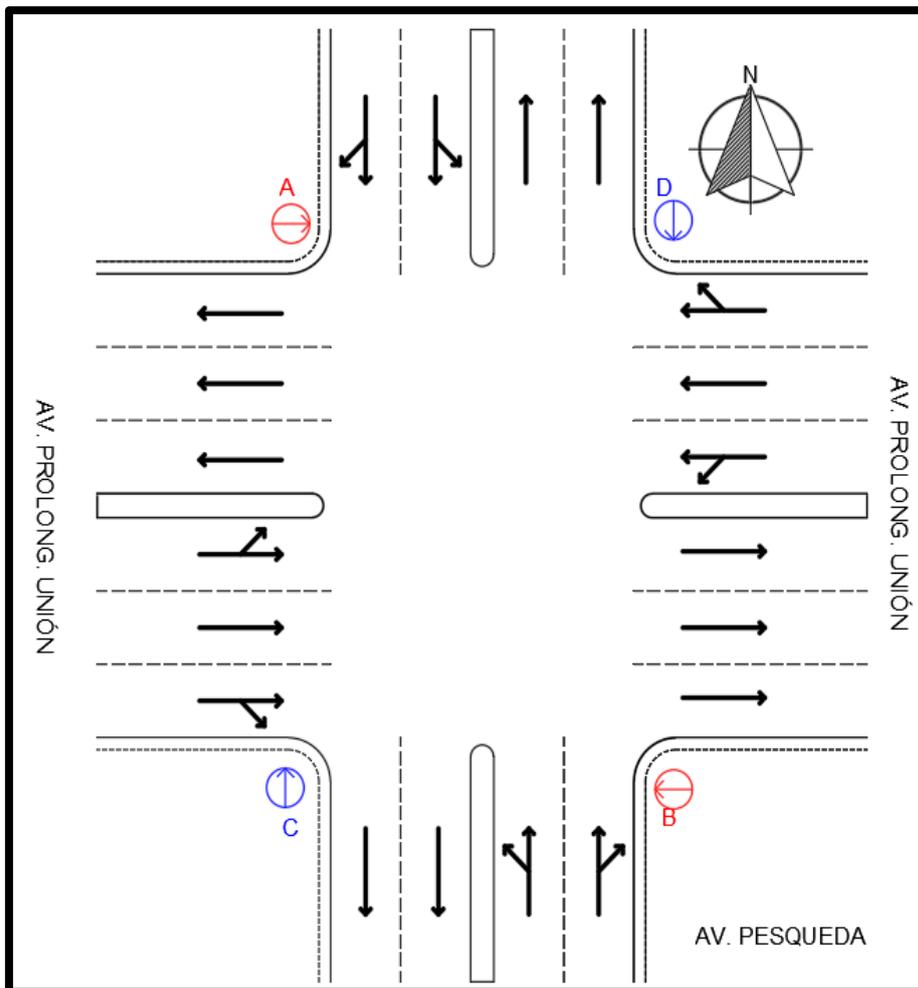


Fuente: Elaboración propia

El día miércoles entre las 12:00 p.m. a 1:00 p.m. es el de mayor demanda vehicular en la Intersección Avenida Prolongación unión y Avenida Pesqueda. Para los aforos se ha identificado y tomado en cuenta los movimientos de circulación de los vehículos para cada acceso de la intersección, tal como se muestra a continuación:

Figura 36

Intersección Av. Prolong. Unión y Av. Pesqueda



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra los datos de aforos vehiculares por cada 15 minutos de la mayor demanda vehicular en la Intersección Avenida Prolongación Unión y Avenida Pesqueda del día miércoles entre las 12:00 p.m. a 1:00 p.m.

Tabla 22

Aforo Vehicular c/ 15 min en la Intersección Av. Prolong. Unión y Av. Pesqueda

| AFORO DE 12:00 PM - 12:15 PM | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-------|--------|--------------------|--------|-------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-------|-------|-------|--|
| TIPO DE VEHÍCULO | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PESQUEDA | | | AV. PESQUEDA | | | TOTAL | % | |
| | ← | ↶ G.D | ↷ G.IZ | → | ↶ G.IZ | ↷ G.D | ↑ | ↶ G.IZ | ↷ G.D | ↓ | ↶ G.IZ | ↷ G.D | | | |
| AUTO (M1) | 36 | 17 | 15 | 35 | 21 | 17 | 26 | 13 | 22 | 23 | 17 | 19 | 261 | 46.69 | |
| COMBIS (M2-III) | 17 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 5.90 | |
| MICROS (M3-II) | 15 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 5.01 | |
| CAMIONETAS (M1) | 14 | 12 | 10 | 21 | 9 | 10 | 21 | 19 | 16 | 23 | 16 | 19 | 190 | 33.99 | |
| CAMIONES 2 Y 3 EJES (N1, N2 Y N3) | 2 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 13 | 2.33 | |
| MOTOS(L3) | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 | 3 | 4 | 1 | 6 | 26 | 4.65 | |
| MOTOTAXIS (L5) | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 8 | 1.43 | |
| | | | | | | | | | | | | | 559 | 100 | |

| AFORO DE 12:15 PM - 12:30 PM | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-------|--------|--------------------|--------|-------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-------|-------|-------|--|
| TIPO DE VEHÍCULO | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PESQUEDA | | | AV. PESQUEDA | | | TOTAL | % | |
| | ← | ↶ G.D | ↷ G.IZ | → | ↶ G.IZ | ↷ G.D | ↑ | ↶ G.IZ | ↷ G.D | ↓ | ↶ G.IZ | ↷ G.D | | | |
| AUTO (M1) | 35 | 19 | 18 | 34 | 20 | 19 | 29 | 17 | 23 | 24 | 15 | 20 | 273 | 45.12 | |
| COMBIS (M2-III) | 18 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 5.95 | |
| MICROS (M3-II) | 20 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 5.95 | |
| CAMIONETAS (M1) | 18 | 14 | 12 | 22 | 10 | 13 | 23 | 22 | 19 | 24 | 13 | 21 | 211 | 34.88 | |
| CAMIONES 2 Y 3 EJES (N1, N2 Y N3) | 3 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 13 | 2.15 | |
| MOTOS(L3) | 2 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 1 | 3 | 4 | 1 | 6 | 27 | 4.46 | |
| MOTOTAXIS (L5) | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 9 | 1.49 | |
| | | | | | | | | | | | | | 605 | 100 | |

AFORO DE 12:30 PM - 12:45 PM

| TIPO DE VEHÍCULO | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PESQUEDA | | | AV. PESQUEDA | | | TOTAL | % | | |
|-----------------------------------|--------------------|----|-----|--------------------|----|------|--------------|----|----|--------------|----|-----|-------|-------|---|---|
| | ← | ↶ | G.D | ↷ | → | G.IZ | G.D | ↑ | ↶ | G.IZ | ↷ | G.D | | | ↓ | ↶ |
| AUTO (M1) | 33 | 15 | 17 | 36 | 18 | 13 | 27 | 11 | 20 | 21 | 16 | 17 | 244 | 44.53 | | |
| COMBIS (M2-III) | 16 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 5.29 | | |
| MICROS (M3-II) | 19 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 6.57 | | |
| CAMIONETAS (M1) | 16 | 15 | 13 | 21 | 14 | 14 | 23 | 22 | 17 | 23 | 16 | 19 | 213 | 38.87 | | |
| CAMIONES 2 Y 3 EJES (N1, N2 Y N3) | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0.73 | | |
| MOTOS(L3) | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 13 | 2.37 | | |
| MOTOTAXIS (L5) | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 9 | 1.64 | | |
| | | | | | | | | | | | | | 548 | 100 | | |

AFORO DE 12:45 PM - 1:00 PM

| TIPO DE VEHÍCULO | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PESQUEDA | | | AV. PESQUEDA | | | TOTAL | % | | |
|-----------------------------------|--------------------|----|-----|--------------------|----|------|--------------|----|----|--------------|----|-----|-------|-------|---|---|
| | ← | ↶ | G.D | ↷ | → | G.IZ | G.D | ↑ | ↶ | G.IZ | ↷ | G.D | | | ↓ | ↶ |
| AUTO (M1) | 32 | 18 | 20 | 35 | 20 | 15 | 26 | 15 | 19 | 22 | 18 | 19 | 259 | 47.26 | | |
| COMBIS (M2-III) | 15 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 5.84 | | |
| MICROS (M3-II) | 17 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 6.02 | | |
| CAMIONETAS (M1) | 13 | 13 | 11 | 28 | 14 | 11 | 22 | 19 | 16 | 24 | 15 | 17 | 203 | 37.04 | | |
| CAMIONES 2 Y 3 EJES (N1, N2 Y N3) | 3 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 1.64 | | |
| MOTOS(L3) | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 8 | 1.46 | | |
| MOTOTAXIS (L5) | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0.73 | | |
| | | | | | | | | | | | | | 548 | 100 | | |

| TOTAL DE VEHÍCULOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-----|-----|--------------------|-----|------|--------------|-----|-----|--------------|------|-----|-------|---|-----|-----|---|-------------|-------|
| TIPO DE VEHÍCULO | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PESQUEDA | | | AV. PESQUEDA | | | TOTAL | % | | | | | |
| | ← | ↶ | G.D | ↷ | → | G.IZ | ↶ | G.D | ↑ | ↶ | G.IZ | ↷ | | | G.D | ↓ | ↶ | G.IZ | ↷ |
| TOTAL DE VEHÍCULOS | 360 | 133 | | 119 | 374 | | 129 | 122 | 212 | 141 | | 170 | 201 | | 129 | 170 | | 2260 | |
| AUTO (M1) | 136 | 69 | | 70 | 140 | | 79 | 64 | 108 | 56 | | 84 | 90 | | 66 | 75 | | 1037 | 45.88 |
| COMBIS (M2-III) | 66 | 0 | | 0 | 64 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 130 | 5.75 |
| MICROS (M3-II) | 71 | 0 | | 0 | 62 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 133 | 5.88 |
| CAMIONETAS (M1) | 61 | 54 | | 46 | 92 | | 47 | 48 | 89 | 82 | | 68 | 94 | | 60 | 76 | | 817 | 36.15 |
| CAMIONES 2 Y 3 EJES (N1, N2 Y N3) | 10 | 3 | | 0 | 8 | | 3 | 0 | 6 | 0 | | 4 | 4 | | 1 | 0 | | 39 | 1.73 |
| MOTOS(L3) | 10 | 6 | | 3 | 5 | | 0 | 4 | 8 | 3 | | 7 | 10 | | 2 | 16 | | 74 | 3.27 |
| MOTOTAXIS (L5) | 6 | 1 | | 0 | 3 | | 0 | 6 | 1 | 0 | | 7 | 3 | | 0 | 3 | | 30 | 1.33 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2260 | 100 |

Fuente: Elaboración propia

B. Cálculo del Factor Hora Punta

El momento más crítico de la Intersección Av. Prolongación Unión y Av. Pesqueda, se produjo durante la hora punta, entre las 12:15 p.m. y 12:30 p.m. del día miércoles.

El Manual de Capacidad de Carreteras define al Factor de Hora Punta, como el cociente entre el flujo vehicular de la hora punta y cuatro veces la intensidad de los 15 minutos más cargados.

$$FHP = \frac{IHP}{4 * I_{15}}$$

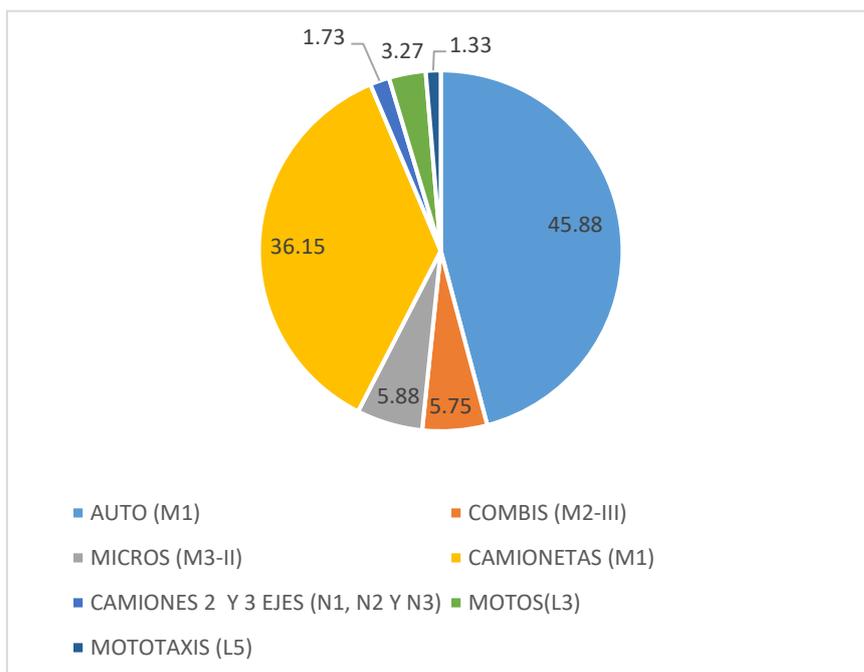
Reemplazando tenemos:

$$FHP = \frac{2260}{4 * 605} = 0.93$$

Factor Hora Punta de la Intersección Avenida Prolongación Unión y Avenida Pesqueda: 0.93.

Figura 37

Porcentaje de tipos de vehículos de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. Pesqueda



Fuente: Elaboración propia

C. Evaluación del Nivel de Servicio y Capacidad Vehicular

La Evaluación del Nivel de Servicio y Capacidad Vehicular de la Intersección Avenida Prolongación Unión y Avenida Pesqueda, tuvo como fundamento el Manual de Capacidad de Carreteras.

Para una correcta evaluación del Nivel de Servicio y Capacidad de la Intersección, obtuvimos los siguientes datos mediante mediciones realizadas en campo.

Parámetros para el Cálculo de Nivel de Servicio Vehicular

1. Ancho de las vías

Tabla 23

Ancho de vías de la Intersección Av. Prolong. Unión – Intersección con Av. Pesqueda

| Accesos | N° Carril | Ancho (m) | |
|-----------------------|---|-----------|------|
| Prolongación Unión | Este | | |
| |  | 3 | 3.15 |
| | Oeste | | |
| |  | 3 | 2.85 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

Ancho de vías de la Intersección Av. Pesqueda

| Accesos | N° Carril | Ancho (m) | |
|---------------------|---|-----------|------|
| Avenida Pesqueda | Norte | | |
| |  | 2 | 4.25 |
| | Sur | | |
| |  | 2 | 4.1 |

Fuente: Elaboración propia

2. Porcentaje de Vehículos Pesados (%)

El porcentaje (%) de vehículos pesados es 1,73%, según el Aforo Vehicular realizado en la Intersección.

3. Pendiente de las Vías (%)

Las pendientes de la Avenida Prolongación Unión y la Avenida Pesqueda son respectivamente 2.5% y 0.75 %, según la entidad Transporte Metropolitano de Trujillo (TMT), considerados como un terreno plano.

4. Estacionamientos de Vehículos en las vías.

En la Avenida Prolongación Unión se encontraron 25 vehículos estacionados por hora, sumando todos sus accesos y 18 vehículos en la Avenida Pesqueda, se mostrará la cantidad exacta en la tabla de datos.

5. Paradas de Autobuses.

Las paradas que hacen los Micros y Combis para recoger o dejar pasajeros se consideró como paradas de autobuses, debido a la influencia negativa en el flujo vehicular.

En la Avenida Prolongación Unión se encontraron 22 paradas de micros y combis por hora, sumando todos sus accesos y 0 paradas de autobuses en la Avenida Pesqueda ya que ningún micro o combi transita por ninguno de sus accesos. Se mostrará la cantidad exacta en la tabla de datos.

6. Tipo de Zona de la Intersección

Ambas avenidas son zonas urbanas, según su definición, se encuentran negocios y zonas mercantiles, con un flujo de vehículos y peatones.

7. Grupos de Carril.

Hemos identificado los siguientes grupos de carril:

Avenida Prolongación Unión:



Avenida Pesqueda:



8. Distribución Semafórica en la Intersección

Los semáforos se encuentran distribuidos según como se muestra en la Figura 34 Intersección Avenida Prolongación Unión y Avenida Pesqueda.

- Los Semáforos fueron nombrados con las letras A, B, C y D
- Los Semáforos A y B, controlan el flujo vehicular de la Avenida Prolongación Unión en ambos sentidos.
- Los semáforos C y D controla el flujo vehicular de la Avenida Pesqueda.

Los tiempos semafóricos se tomaron de manera manual y se obtuvo la siguiente distribución semafórica.

Tabla 25*Reglaje Semafórico de la Intersección Av. Prolong. Unión y Av. Pesqueda*

| CICLO SEMAFÓRICO | | | | |
|------------------|------|-------|-------|-------|
| SEMÁFORO | ROJO | ÁMBAR | VERDE | TOTAL |
| A | 25 | 3 | 28 | 56 |
| B | 25 | 3 | 28 | 56 |
| C | 23 | 3 | 30 | 56 |
| D | 23 | 3 | 30 | 56 |

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 26***Datos de la Intersección Av. Prolongación Unión y Pesqueda*

| Accesos | Carril | Ancho (m) | V. Pesados (%) | Pendiente (%) | Estac. (veh/h) | Paradas (veh/h) | Zona | |
|----------------|--|-----------|----------------|---------------|----------------|-----------------|------|--------|
| Prolong. Unión | Este  | 3 | 3.15 | 1.73 | 2.5 | 14 | 12 | Urbana |
| | Oeste  | 3 | 2.85 | 1.73 | 2.5 | 11 | 10 | Urbana |
| Av. Pesqueda | Norte  | 2 | 4.25 | 1.73 | 0.75 | 8 | 0 | Urbana |
| | Sur  | 2 | 4.1 | 1.73 | 0.75 | 10 | 0 | Urbana |

*Fuente: Elaboración propia***9. Factores de Corrección****9.1. Factor Verde de Grupo de Carriles (fv):**

$$fv = \frac{\text{Fase verde}}{\text{Ciclo total semafórico}}$$

Tabla 27*Factor Verde de la Intersección Av. Prolongación Unión y Pesqueda*

| Accesos | | CARRIL | f_v | |
|---------------------------|-------|---|-------|------|
| Prolongación Unión | Este |  | 3 | 0.50 |
| | Oeste | | | |
| Av. Pesqueda | Norte |  | 2 | 0.54 |
| | Sur | | | |

*Fuente: Elaboración propia***9.2. Factor Anchura de Carril (fA)**

$$fA = 1 + \frac{A - 3.6}{9}$$

Tabla 28

Factor Anchura de Carril de la Intersección Av. Prolongación Unión y Pesqueda

| Accesos | | CARRIL | f_a | |
|--------------------|-------|---|-------|-------|
| Prolongación Unión | Este |  | 3 | 0.950 |
| | Oeste |  | 3 | 0.917 |
| Av. Pesqueda | Norte |  | 2 | 1.072 |
| | Sur |  | 2 | 1.056 |

Fuente: Elaboración propia

9.3. Factor Vehículos Pesados (fP)

$$f_p = \frac{1}{1 + Veh. pesados (\%)}$$

Para ambas Avenidas sería:

$$f_v = \frac{1}{1 + 1.73(\%)} = 0.983$$

9.4. Factor Inclinación (fi)

$$f_i = 1 - \frac{Pendiente (\%)}{2}$$

Para la Avenida Prolongación Unión:

$$f_i = 1 - \frac{2.5\%}{2} = 0.988$$

Para la Avenida Pesqueda:

$$f_i = 1 - \frac{0.75\%}{2} = 0.996$$

9.5. Factor de Estacionamiento (fe)

$$fe = 1 - \frac{0.1}{N^{\circ} \text{ Carril}} - \frac{18 * N^{\circ} \text{ Estacionamientos}}{3600 * N^{\circ} \text{ Carril}}$$

Los resultados se detallan en la Tabla 29 a continuación:

Tabla 29

Factor Estacionamiento de la Intersección Av. Prolongación Unión y Pesqueda

| Accesos | <i>fe</i> |
|---------------------------|--|
| Prolongación Unión | Este  0.943 |
| | Oeste  0.948 |
| Av. Pesqueda | Norte  0.93 |
| | Sur  0.925 |

Fuente: Elaboración propia

9.6. Factor Parada de Autobús (fbb)

$$fbb = 1 - \frac{14.4 * N^{\circ} \text{ Autobuses}}{3600 * N^{\circ} \text{ Carril}}$$

Tabla 30

Factor Parada de Autobús de la Intersección Av. Prolongación Unión y Pesqueda

| Accesos | | CARRIL | <i>fb</i> | |
|---------------------------|-------|--------|-----------|-------|
| Prolongación Unión | Este | | 3 | 0.984 |
| | Oeste | | 3 | 0.987 |
| Av. Pesqueda | Norte | | 2 | 1 |
| | Sur | | 2 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

9.7. Factor giros a la derecha (*fgd*)

$$fgd = 1 - 0.15 (pgd)$$

Pgd = Proporción de giros a la derecha

Los resultados se detallan en la Tabla 31 y 32 a continuación:

Tabla 31

Giros de la Intersección Av. Prolongación Unión y Pesqueda

| VEHÍCULOS POR ACCESO | AV. PROLONG. UNIÓN | | AV. PROLONG. UNIÓN | | | AV. PESQUEDA | | AV. PESQUEDA | | | TOTAL | | |
|----------------------|--------------------|-----|--------------------|-----|-----|--------------|------|--------------|-----|------|-------|-----|------|
| | | G.D | G.IZ | | G.D | | G.IZ | G.D | | G.IZ | | G.D | |
| | 360 | 133 | 119 | 374 | 129 | 122 | 212 | 141 | 170 | 201 | 129 | 170 | 2260 |
| | 612 | | 625 | | | 523 | | 500 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Factor giros a la derecha de la Intersección Av. Prolongación Unión y Pesqueda

| Accesos | | Prop. giros a la derecha | Factor giros a la derecha |
|-----------------------|--|--------------------------|---------------------------|
| Prolongación Unión | Este  | 0.217 | 0.967 |
| | Oeste  | 0.195 | 0.971 |
| Av. Pesqueda | Norte  | 0.325 | 0.951 |
| | Sur  | 0.340 | 0.949 |

Fuente: Elaboración propia

9.8. Factor giros a la izquierda (f_{gi})

$$f_{gi} = \frac{1}{(1 + 0.05 * p_{gi})}$$

P_{gi} = Proporción de giros a la izquierda

Tabla 33

Factor giros a la izquierda de la Intersección Av. Prolongación Unión y Pesqueda

| Accesos | | Prop. giros a la izquierda | Factor giros a la izquierda |
|-------------------------------|--|-----------------------------------|------------------------------------|
| Prolongación Unión | Este  | 0.194 | 0.990 |
| | Oeste  | 0.206 | 0.990 |
| Av. Pesqueda | Norte  | 0.270 | 0.987 |
| | Sur  | 0.258 | 0.987 |

Fuente: Elaboración propia

9.9. Factor Tipo de Zona (far)

Ver Tabla 15: Factor de Corrección para el tipo de Zona Urbana

Para Zona Urbana: 0.9

Nivel de Servicio y Capacidad Vehicular

1. Capacidad Vehicular Real (v/h)

$$C_r = 1900 \times N^{\circ} \text{carril} \times f_v \times f_A \times f_p \times f_i \times f_e \times f_{bb} \times f_{gd} \times f_{gi} \times f_{ar}$$

Tabla 34

Capacidad Vehicular de la Av. Prolongación Unión y Pesqueda

| Accesos | CARRIL | f_v | f_A | f_p | f_i | f_e | f_{bb} | f_{gd} | f_{gi} | f_{ar} | Cap. Real (v/h) | |
|--------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|-----------------|------|
| Prolongación Unión | Este  | 3 | 0.50 | 0.950 | 0.983 | 0.99 | 0.94 | 0.984 | 0.967 | 0.99 | 0.9 | 2102 |
| | Oeste  | 3 | 0.50 | 0.917 | 0.983 | 0.99 | 0.95 | 0.987 | 0.971 | 0.99 | 0.9 | 2055 |
| Av. Pesqueda | Norte  | 2 | 0.54 | 1.072 | 0.983 | 1 | 0.93 | 1 | 0.951 | 0.99 | 0.9 | 1679 |
| | Sur  | 2 | 0.54 | 1.056 | 0.983 | 1 | 0.93 | 1 | 0.949 | 0.99 | 0.9 | 1642 |

Fuente: Elaboración propia

2. Intensidad Circulante (v/h)

$$I = \frac{IHP}{FHP}$$

Los resultados se detallan en la Tabla 35 a continuación:

Tabla 35

Intensidad Circulante de la Av. Prolongación Unión y Pesqueda

| Accesos | IHP | FHP | I | |
|--------------------|--|-----|------|-----|
| Prolongación Unión | Este  | 612 | 0.93 | 658 |
| | Oeste  | 625 | 0.93 | 672 |
| Av. Pesqueda | Norte  | 523 | 0.93 | 562 |
| | Sur  | 500 | 0.93 | 538 |

Fuente: Elaboración propia

3. Cálculo del Cociente (I/Cr)

Tabla 36

Cociente I/Cr de la Av. Prolongación Unión y Pesqueda

| Accesos | | I | Cr | I/Cr |
|--------------------|--|-----|------|-------|
| Prolongación Unión | Este  | 658 | 2102 | 0.313 |
| | Oeste  | 672 | 2055 | 0.327 |
| Av. Pesqueda | Norte  | 562 | 1679 | 0.335 |
| | Sur  | 538 | 1642 | 0.328 |

Fuente: Elaboración propia

Nivel de Servicio de cada acceso

$$d = 0.38 * C * \frac{(1-f_v)^2}{(1-f_v * I/cr)} + 173 * (I/cr)^2 * \sqrt{((I/cr) - 1)^2 + 16 * (I/cr)^2}$$

Dónde C = Ciclo total Semafórico

Para el Nivel de Servicio Vehicular se usará la Tabla del Manual de capacidad de carreteras detallada en la Figura 19 y mostrada a continuación:

| Nivel de Servicio | Demora Media (s/veh) |
|-------------------|----------------------|
| A | d<6 |
| B | 5<d<16 |
| C | 15<d<26 |
| D | 25<d<41 |
| E | 40<d<61 |
| F | d>60 |

Tabla 37

Nivel de Servicio Vehicular de los accesos de la Av. Prolongación Unión y Pesqueda

| Accesos | <i>fv</i> | <i>i/cr</i> | Demora Acceso (seg) | NS Acceso | | |
|--------------------|---|-------------|--|-----------|--------|--------|
| Prolongación Unión |  | Este | 0.5 | 0.313 | 30.51 | D |
| | | Oeste |  | 0.5 | 0.327 | 33.571 |
| Av. Pesqueda |  | Norte | 0.536 | 0.335 | 34.628 | D |
| | | Sur |  | 0.536 | 0.328 | 32.995 |

Fuente: Elaboración propia

Nivel de Servicio de la intersección

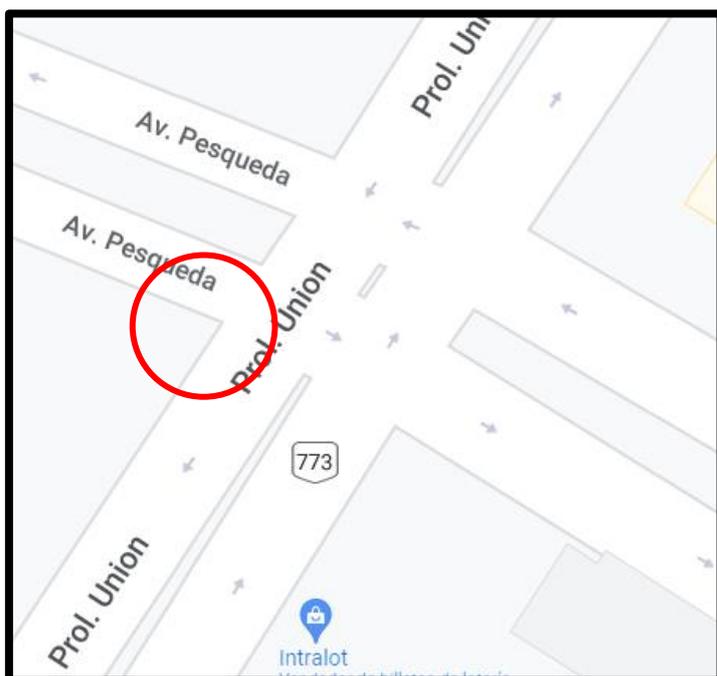
$$d_{intersección} = \frac{\sum demora_{acceso} * Intensidad_{acceso}}{\sum Intensidad_{acceso}}$$

Tabla 38**Nivel de Servicio Vehicular de la Av. Prolongación Unión y Pesqueda**

| Accesos | <i>f_v</i> | <i>i/cr</i> | <i>Demora Acceso (seg)</i> | <i>I</i> | <i>Demora Intersección</i> | <i>NS Acceso</i> |
|--------------------|--|-------------|----------------------------|----------|----------------------------|------------------|
| Prolongación Unión | Este  | 0.5 | 0.313 | 30.51 | 658 | |
| | Oeste  | 0.5 | 0.327 | 33.571 | 672 | |
| Av. Pesqueda | Norte  | 0.536 | 0.335 | 34.628 | 562 | 33 |
| | Sur  | 0.536 | 0.328 | 32.995 | 538 | D |

Figura 38

Mapa de Ubicación de la esquina de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. Pesqueda

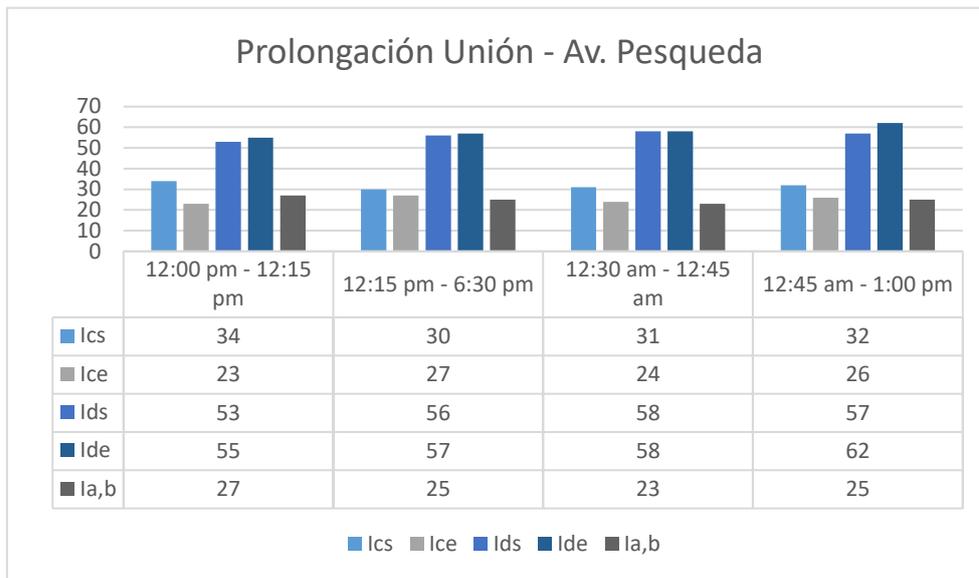


Fuente: Elaboración propia

El conteo peatonal se realizó el día miércoles de 12:00 pm a 1:00 pm ya que es el día y hora con mayor demanda y movimiento vehicular de dicha intersección semaforizada.

Figura 39

Aforo peatonal de la esquina de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. América



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 39 se detallan los datos geométricos y el reglaje semafórico para el análisis peatonal de la esquina en donde se realizó la medición correspondiente, tomando en cuenta ciertas restricciones que se pudieron observar cómo los postes de alumbrado público, semáforos, etc. Cuyas dimensiones fueron tomadas de la Figura 20 denominada “Límites de la vía peatonal” que nos brinda el “Manual de Capacidad Carreteras” (HCM).

Tabla 39

Datos para el análisis peatonal de la esquina de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. Pesqueda

| Datos | Prolong. Unión | Av. Pesqueda |
|----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Ancho total de acera(m) | 3 | 1.8 |
| Radio de esquina(m) | 2.5 | |
| Restricciones(m2) | 1.65 | 0 |
| Reglaje Semafórico | Prolong. Unión | Av. Pesqueda |
| Verde/Ámbar(seg.) | 31 | 33 |
| Rojo(seg.) | 25 | 23 |
| Ciclo(seg.) | 56 | 56 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 40 se presentan las intensidades peatonales de 12:45 p.m. a 1:00 p.m. siendo los quince minutos de mayor flujo peatonal, los cuales van a ser utilizados para determinar el nivel de servicio de la esquina.

Tabla 40

Intensidades peatonales de los 15 minutos de mayor flujo de la esquina de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. Pesqueda

| Intensidad Peatonal | Aforo peatonal 15 min punta | Intensidad media (pt/min) | Intensidad media por ciclo (pt/c) |
|----------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Ics | 32 | 2 | 1 |
| Ice | 26 | 2 | 2 |
| Ids | 57 | 3 | 6 |
| Ide | 61 | 4 | 6 |
| Ia, b | 25 | 2 | 3 |
| Total | 201 | 13 | 18 |

Fuente: Elaboración propia

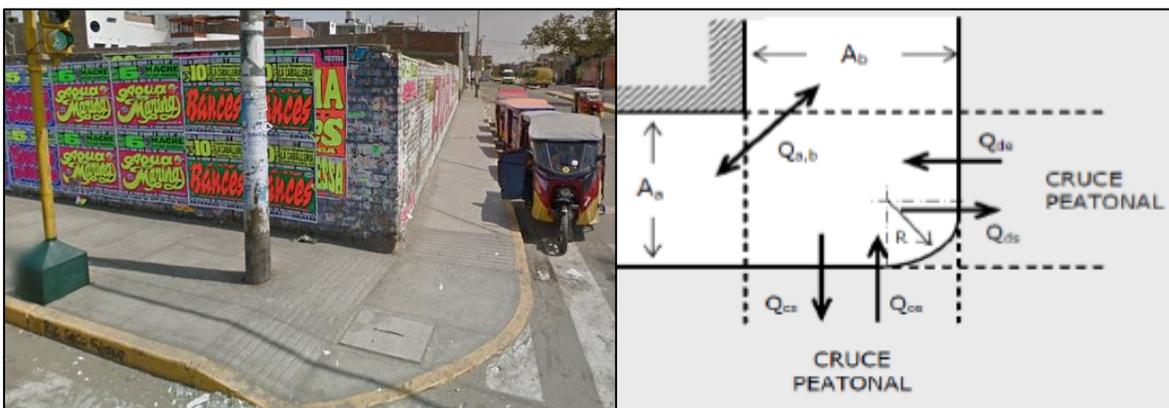
Cálculo del Nivel de Servicio Peatonal

Reglaje Semafórico

- Ciclo: 56seg.
- Vp: 31 seg.
- Rp: 25 seg.
- Vs: 33 seg.
- Rs: 23 seg.

Tabla 41

Análisis del Nivel de Servicio Peatonal de la esquina de la intersección Av. Prolong. Unión y Av. Pesqueda



| | | | |
|--|--|------|---------------------|
| Superficie neta de la esquina: | $S = A_a * A_b - 0.215 * R - \sum K_i$ | 3.21 | m ² |
| Tiempo-espacio disponible | $TS = S * C / 60$ | 3 | m ² /min |
| Tiempo de espera en las zonas de espera | $t_{cs} = \frac{1}{2} * \frac{I_{cs}}{C} * \frac{R_c^2}{60}$ | 0.08 | pt.min |
| | $t_{ds} = \frac{1}{2} * \frac{I_{ds}}{C} * \frac{R_d^2}{60}$ | 0.56 | pt.min |
| Tiempo-espacio de la zona de espera | $TS_R = 0.45 * (t_{cs} + t_{ds})$ | 0.29 | m ² .min |
| Tiempo-espacio de circulación | $TS_D = TS - TS_R$ | 2.71 | m ² .min |
| Intensidad total de circulación | $I_c = I_{ce} + I_{cs} + I_{de} + I_{ds} + I_{a,b}$ | 18 | pt |
| Tiempo total de circulación | $t_c = I_c * 4 / 60$ | 1.20 | pt.min |
| Superficie peatonal | $\Omega = TS_D / t_c$ | 2.26 | m ² /pt |
| Nivel de servicio | | C | |

Fuente: Elaboración propia

4.2. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO

4.2.1. Redistribución Semafórica y Semáforos inteligentes

Para lograr disminuir las demoras en los viajes y un reordenamiento del tráfico, la redistribución de los tiempos de los semáforos es una medida significativa.

Después de determinar el reglaje semafórico se tiene que en la Intersección Av. Prolongación Unión con Av. América hay una diferencia de 10 segundos en los semáforos para la fase en rojo y la fase en verde. Al reducir 10 segundos más a la fase en rojo en todos los semáforos de ambas avenidas, se logra reducir las demoras para cada acceso.

Tabla 42

Comparación semaforización actual y propuesta Av. Prolongación Unión – Av. América

| CICLO SEMAFÓRICO ACTUAL | | | | |
|-----------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| SEMAFORO | ROJO | ÁMBAR | VERDE | TOTAL |
| A | 58 | 3 | 18 | 79 |
| B | 58 | 3 | 18 | 79 |
| C | 58 | 3 | 18 | 79 |
| D | 58 | 3 | 18 | 79 |
| E | 48 | 3 | 28 | 79 |
| F | 48 | 3 | 28 | 79 |
| G | 48 | 3 | 28 | 79 |
| H | 48 | 3 | 28 | 79 |
| CICLO SEMAFÓRICO PROPUESTA | | | | |
| SEMAFORO | ROJO | ÁMBAR | VERDE | TOTAL |
| A | 48 | 3 | 18 | 69 |
| B | 48 | 3 | 18 | 69 |
| C | 48 | 3 | 18 | 69 |
| D | 48 | 3 | 18 | 69 |
| E | 38 | 3 | 28 | 69 |
| F | 38 | 3 | 28 | 69 |
| G | 38 | 3 | 28 | 69 |
| H | 38 | 3 | 28 | 69 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43

Comparación de demora actual y demora propuesta Av. Prolongación Unión – Av. América

| Accesos | Demora actual (s) | Demora propuesta (s) | |
|---------------------------|--|-----------------------------|--------|
| Prolongación Unión | Este  | 59.993 | 43.557 |
| | Oeste  | 59.394 | 43.096 |
| | Oeste  | 57.365 | 41.964 |
| Av. América | Sur  | 59.904 | 41.709 |
| | Sur  | 58.290 | 40.719 |
| | Norte  | 58.931 | 41.212 |

Fuente: Elaboración propia

En la Intersección Av. Prolongación Unión con Av. Pesqueda se tiene una diferencia de 2 segundos en los semáforos para las fases rojo y verde. Si en la fase en rojo para los semáforos de la Av. Prolongación Unión (A y B) se le disminuyen 2 segundos y en la fase en verde se aumentan 2 segundos a cada semáforo, se reduce las demoras de los accesos.

Tabla 44

Comparación de semaforización actual y propuesta Av. Prolongación Unión – Av. Pesqueda

| CICLO SEMAFÓRICO ACTUAL | | | | |
|--------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| SEMÁFORO | ROJO | ÁMBAR | VERDE | TOTAL |
| A | 25 | 3 | 28 | 56 |
| B | 25 | 3 | 28 | 56 |
| C | 23 | 3 | 30 | 56 |
| D | 23 | 3 | 30 | 56 |

| CICLO SEMAFÓRICO PROPUESTA | | | | |
|-----------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| SEMÁFORO | ROJO | ÁMBAR | VERDE | TOTAL |
| A | 23 | 3 | 30 | 56 |
| B | 23 | 3 | 30 | 56 |
| C | 23 | 3 | 32 | 58 |
| D | 23 | 3 | 32 | 58 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45

Comparación de semaforización actual y propuesta Av. Prolongación Unión – Av. Pesqueda

| Accesos | Demora actual (s) | Demora propuesta (s) | |
|---------------------------|--|-----------------------------|--------|
| Prolongación Unión | Este  | 30.511 | 25.579 |
| | Oeste  | 33.571 | 28.073 |
| Av. Pesqueda | Norte  | 34.628 | 31.971 |
| | Sur  | 32.995 | 30.43 |

Fuente: Elaboración propia

Otra alternativa para mejorar el flujo vehicular sería la implementación de semáforos inteligentes que adaptan su funcionamiento a las condiciones del tráfico ya que captan con mayor precisión la situación real del tráfico mediante el uso de cámaras y sensores, lo que les permite determinar con precisión el número exacto de vehículos y la velocidad media.

La colocación de estos semáforos inteligentes reemplazaría el lugar a los ya existentes en ambas intersecciones, considerando la mejor opción en cuanto a marca y diseño de estos ya que el objetivo es lograr un reordenamiento del tráfico y disminuir los tiempos de demora para poder disminuir en lo posible la congestión vehicular.

4.2.2. Regulación de Rutas y Empresas de Transporte Público

En nuestra ciudad hay una excesiva oferta de servicio de transporte por lo que resulta necesario el desarrollo e implementación de un proyecto que plantee fusionar rutas y empresas de transporte con el propósito de reducir los vehículos de transporte público que pasan por la avenida y alrededores.

Hay un total de 84 rutas en la ciudad de Trujillo con 2506 paradas de Autobús, según la entidad de Transportes Metropolitanos de Trujillo (TMT) de las cuales alrededor de 30 pasan por la Avenida Prolongación Unión. Por ello es necesario reducir estas rutas a fin de lograr un reordenamiento en el transporte.

Figura 40

Tránsito de vehículos en la intersección Av. Prolong. Unión – Av. América

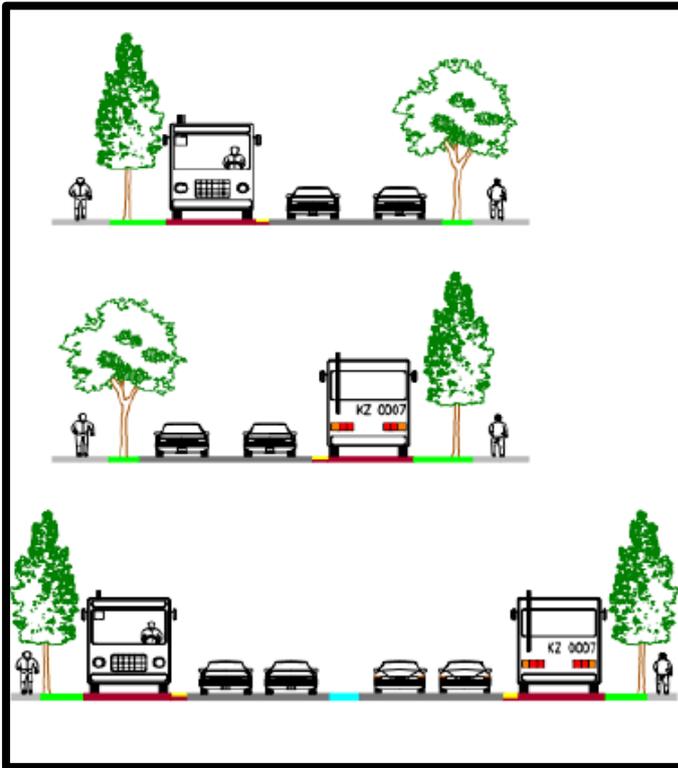


Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Carriles y Vías dedicadas al Transporte Público

Un medio trascendental de jerarquizar la infraestructura vial para el transporte público es reservar para su uso un espacio en la vía donde no circulen vehículos que no sean de transporte público. Estos carriles deberían funcionar en conjunto con la implementación de semáforos que prioricen el flujo de estos vehículos.

Al proporcionar carriles de transporte público, podemos beneficiarnos de su orden y mejorar la situación actual en la que se encuentran, esta medida podría tener un impacto positivo en la congestión ocurrida en horas de demanda máxima de vehículos. Además, cabe señalar que esta propuesta busca remediar los actuales problemas de congestión causados por diversos tipos de vehículos que transitan las vías a través de una adecuada gestión vial.

Figura 41*Tipo de Carril “Solo bus”**Fuente: Congestión de Tránsito – Alberto Bull.***Figura 42***Figura de un carril destinado a solo la circulación de buses**Fuente: Diario El Colombiano*

4.2.4. Control del Estacionamiento

El estacionamiento es un elemento importante de la infraestructura vial debido a que mucha gente tiene que aprovecharlo, lo habitual suele ser aparcar en zonas prohibidas, lo que afecta el tránsito de vehículos al limitar la vía.

El control de estacionamiento consiste en habilitar espacios de estacionamiento en áreas cercanas a la Avenida Prolongación Unión con el fin de permitir que los vehículos no busquen áreas en la calzada donde estacionarse, lo que permite un mejor flujo de vehículos.

Figura 43

Vehículos estacionados en la Avenida Prolongación Unión



Fuente: Propia

4.2.5. Implementación de Transporte Masivo

En la ciudad transitan diferentes tipos de vehículos, desde vehículos livianos hasta pesados que brindan un sinnúmero de servicios a la población, siendo los vehículos de transporte público los que generan un espacio en la superficie de las vías que no pueden ocuparse por otros vehículos.

Tomando esto en cuenta, resulta más eficiente usar vehículos de transporte público con la capacidad de un mayor volumen de pasajeros, con el propósito de tener un orden en el sistema de transporte y una menor congestión, generando más beneficios a la población. Para ello surge la alternativa del uso de un sistema de transporte masivo que cumpla con las necesidades de movilización y teniendo influencia en un transporte más ordenado y eficiente.

Por tal motivo resulta necesario que se empiece a plantear acerca del uso de transporte masivo en nuestra ciudad por parte de las autoridades y así usar eficientemente la infraestructura vial, además que el uso de este sistema trae beneficios como:

- Tiempos de viaje más cortos.
- Contribución al ordenamiento del tránsito.
- Mejora del perfil ambiental gracias a su eficiencia.
- Lograr una mejoría en la arquitectura de la ciudad al verse más moderna

Figura 44

Modelo de Transporte Masivo



Fuente: Google Imágenes

4.2.6. Restricción Vehicular

El vehículo predominante según los aforos realizados en la Avenida Prolongación Unión es el automóvil, por lo que la circulación de un gran número de estos genera problemas de congestión vehicular.

Debido a esto como propuesta se plantea la restricción vehicular en ciertas horas, teniendo como finalidad descongestionar la vía. Esta restricción se aplicaría en las horas de máxima demanda vehicular para ambas intersecciones, considerando además que si se opta por desplazarse en un modo diferente se aliviaría automáticamente la congestión vehicular.

Figura 45

Restricción Vehicular en la ciudad Copiapó

RESTRICCIÓN VEHICULAR
COPIAPÓ URBANO
entre las 07:00 y 21:00 horas

CALENDARIO DE RESTRICCIÓN PARA VEHÍCULOS PARTICULARES

| | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| DOMINGO 19 0-1-2-3-4 | LUNES 20 5-6-7-8-9 |
| MARTES 21 0-1-2-3-4 | MIÉRCOLES 22 5-6-7-8-9 |
| JUEVES 23 0-1-2-3-4 | VIERNES 24 5-6-7-8-9 |
| SÁBADO 25 0-1-2-3-4 | DOMINGO 26 5-6-7-8-9 |

AL DISMINUIR LOS VEHÍCULOS EN CIRCULACIÓN SE GENERA MENOS CONTAMINACIÓN Y UN MEJOR AVANCE EN EL DESPEJE DE VÍAS Y ALCANTARILLADO

Respetando esta medida ayudamos a recuperar Copiapó

Fuente: Atacama Noticias – Chile.

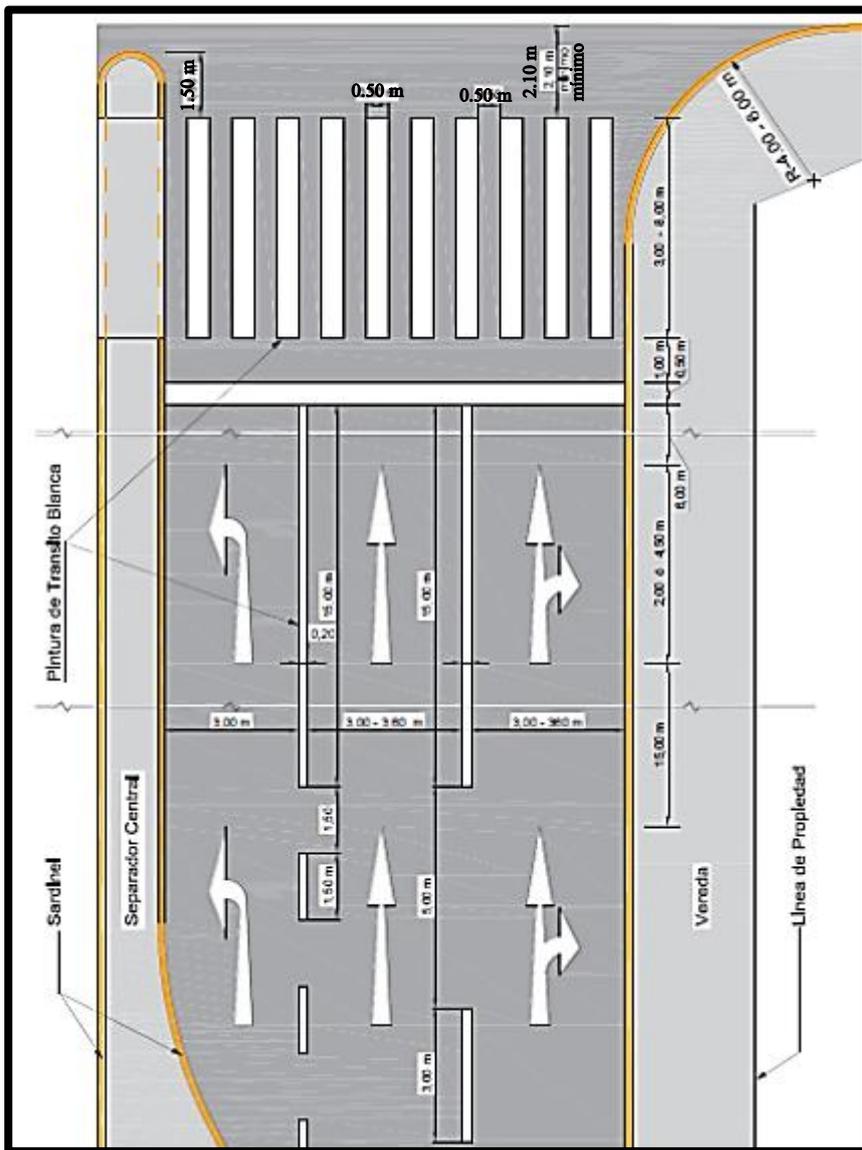
4.2.7. Mejorar la Señalización Vertical y Horizontal

Esta propuesta consistiría en la colocación de señales en ambos sentidos de cada intersección, siendo algunas de ellas: Prohibido girar en U, prohibido estacionarse, cruce peatonal, no bloquear cruce, etc. Esta última se podría complementar con marcas en el pavimento formando una malla octogonal amarilla, comprendiendo el área de intersección de 2 vías, así se indica que los conductores no pueden detenerse ni obstruir las intersecciones en la luz roja lo que ayudaría a disminuir la congestión en las intersecciones en horas punta haciendo el tránsito más fluido.

Además, a esto se le sumaría el pintar pasos peatonales, líneas de carril, flechas que indican el tránsito, etc. Debido a que las existentes se encuentran en muy mal estado e incluso ya no son visibles en su mayoría.

Figura 46

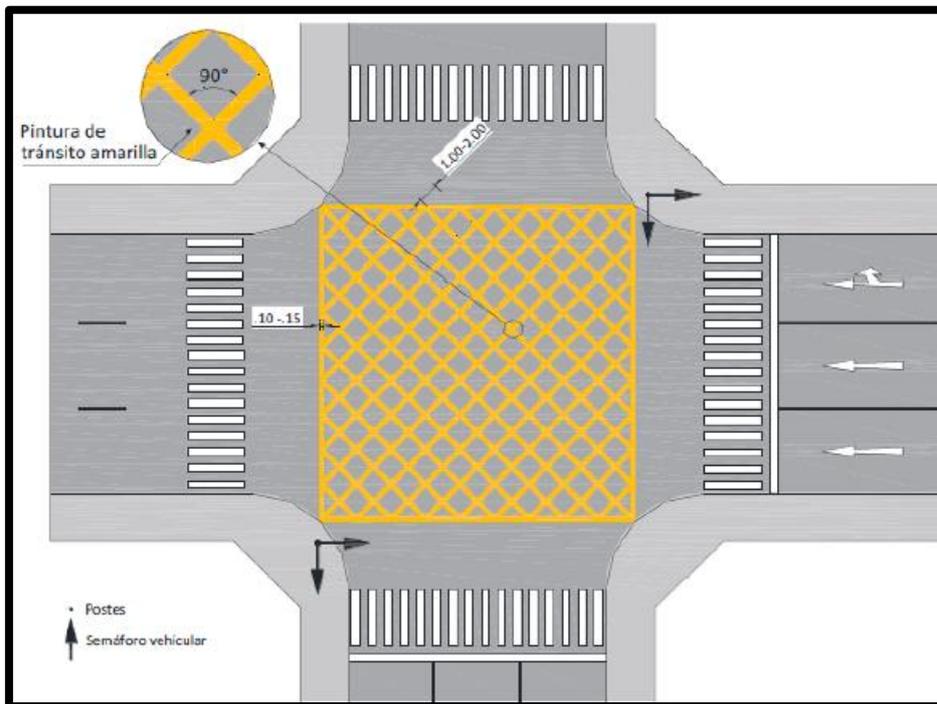
Correcta demarcación de líneas de carril y pasos peatonales



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calle y Carreteras

Figura 47

Demarcación de malla octogonal de no bloquear intersecciones



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calle y Carreteras

Figura 48

Señal de No Bloquear Cruce (R-53)



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calle y Carreteras

4.2.8. Pasos Peatonales Elevados

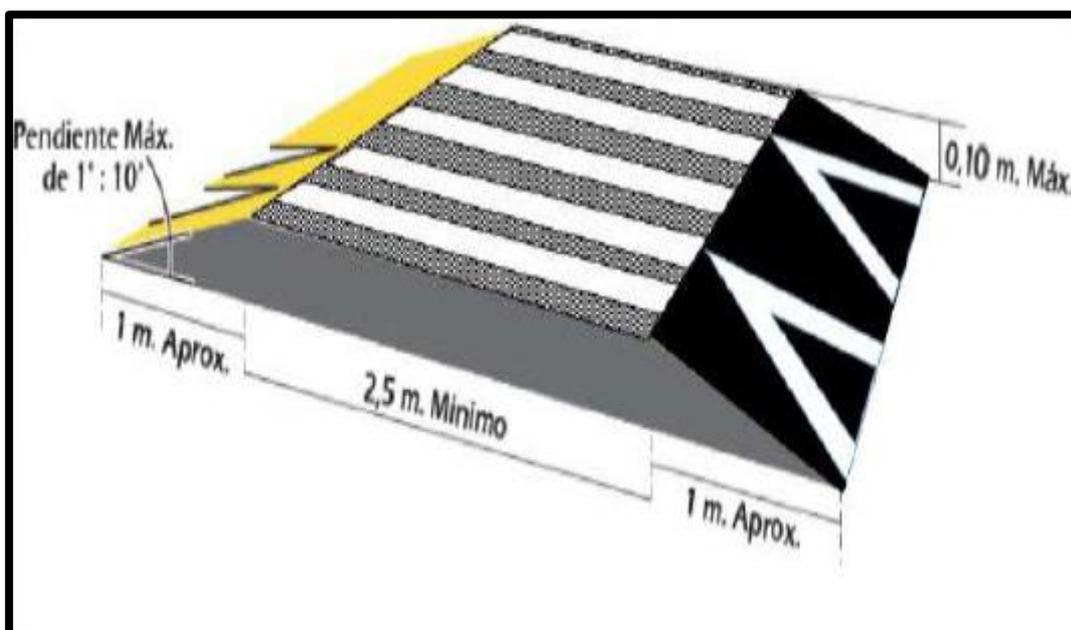
Los conductores se verían obligados a reducir la velocidad si se colocan pasos peatonales elevados en las intersecciones de la avenida, lo cual también evitaría accidentes de tránsito y que se obstruya la circulación peatonal o bloquear el cruce generando congestión vehicular.

Los pasos peatonales tendrán las siguientes medidas:

- Altura de 10 cm a más menos 1 cm.
- Longitud del tramo elevado de 4 metros a más, menos 20 cm (Mínimo de 2.5 metros en casos excepcionales).
- Longitudes de la rampa de entrada y salida: 1 m (para 30 km/h), 1.5 m (para 40 km/h) y 2.5 m (para 50 km/h).
- Escalón del borde de entrada menor a medio centímetro.

Figura 49

Medidas estándares para un paso peatonal elevado



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calle y Carreteras

4.2.9. Prohibición de Comercio Ambulatorio y Policías de Tránsito

En la intersección Av. Prolongación y Avenida América hay presencia de comercio ambulatorio lo que invade parte de las veredas y obstaculiza la circulación peatonal y vehicular, por lo que se debería prohibir.

En las horas punta es donde deberían hacer presencia los policías de tránsito para ayudar que se respeten las señales de tránsito, logrando una fluida circulación vehicular y peatonal.

Figura 50

Presencia de comercio ambulatorio en la intersección obstaculizando el tránsito peatonal y vehicular



Fuente: Propia

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO VEHICULAR

Se observó una carente señalización vertical y horizontal en ambas intersecciones donde los vehículos poseen 3 movimientos permitidos (de frente, izquierda y derecha) a lo largo de cada acceso.

Según los resultados obtenidos, la Av. Prolongación unión cuenta con accesos de 2 y 3 carriles en sus intersecciones y las avenidas que la interceptan cuentan con accesos de 2, 3 y hasta 4 carriles. El ancho de los carriles para cada acceso en ambas intersecciones se muestra a continuación:

Resumen de datos obtenidos

Av. Prolong. Unión – Av. América:

- Av. Prolongación Unión: 2 carriles, ancho 3.7 y 4.1 m - 3 carriles, ancho 3.65 m
- Av. América: 3 carriles, ancho 3 m y 3.4 m - 4 carriles, ancho 3.45 m

Av. Prolong. Unión – Av. Pesqueda:

- Av. Prolongación Unión: 3 carriles, ancho 2.85 m y 3.15 m
- Av. Pesqueda: 2 carriles, ancho 4.25 m y 4.1 m

Como objetivo específico se consideró realizar el estudio de tránsito vehicular, lo cual permitió evaluar el nivel de servicio y capacidad vehicular de ambas intersecciones de la Av. Prolongación Unión, para ello se usó la metodología dada por el Manual de capacidad de carreteras que nos brinda una serie de fórmulas a aplicar en base a la toma de ciertos datos y parámetros (Aforo vehicular, características geométricas, etc.)

5.1.1. Composición y Flujo Vehicular

Los días de mayor demanda fueron el lunes y miércoles en horarios de la mañana y la tarde, predominando en ambas intersecciones el automóvil con porcentajes que oscilan entre más de 40% del total de vehículos en la intersección con la Av. Pesqueda y más del 50% para la intersección con la Av. América, además se observó que el flujo vehicular va de forma ascendente iniciado en la intersección con la Avenida América y finalizado en la Avenida Pesqueda con un total de 2014 veh/h y 2260 veh/h respectivamente.

Estos resultados tienen relación con el antecedente de la investigación hecha por Leonardo (2017) ya que en su investigación también realizó el análisis del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas de una avenida,

permitiendo obtener el total de vehículos por hora que transitan por dichas intersecciones siendo: 575veh/h, 416veh/h y 445veh/h.

5.1.2. Características del Tráfico

Considerando los parámetros que se determinaron con el Factor Hora Punta (FHP) para ambas intersecciones se deduce que ambas intersecciones presentan una distribución de flujo vehicular constante en sus horas de máxima demanda, ya que dicho factor es cercano a la unidad con valores de 0.97 para la Avenida América y 0.93 para la Avenida Pesqueda. Es decir que no hay momento en el que no haya circulación de vehículos en cada intersección.

Por otro lado, los valores de flujo vehicular en los 15 minutos de máxima intensidad para ambas intersecciones son:

- Para Avenida América: 517 veh/15min para un total de 2014 veh/h
- Para Avenida Pesqueda: 605 veh/15min para un total de 2260 veh/h

5.1.3. Nivel de Servicio Vehicular

Se determinó un nivel de servicio E y D para las intersecciones de la Av. Prolongación Unión con la Av. América y Av. Pesqueda respectivamente luego del análisis de datos, lo que indica que hay presencia de demoras de viaje, colas de vehículos y congestión vehicular considerable. Las demoras de viaje halladas presentan valores de más de 55 segundos y casi 60 segundos en la Av. América y más de 30 y casi 35 segundos en la Av. Pesqueda, siendo la intersección Av. Prolongación unión con Av. Pesqueda la que presenta menos tiempo de demora en sus accesos en comparación con la intersección Av. Prolongación Unión con Av. América.

Estos resultados se relacionan con el antecedente de la investigación de Méndez & Wang (2019), ya que también determinaron el nivel de servicio de las 5 intersecciones de una avenida, obteniendo un nivel de servicio F en todas ellas.

5.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO PEATONAL

5.2.1. Características Geométricas de la vía peatonal

La intersección Av. Prolongación Unión y Av. América presentan medidas variadas en sus veredas, con valores alrededor de 3 m, 3.4 m y 3.7 m y en la intersección Av. Prolongación Unión y Av. Pesqueda las medidas tienen valores alrededor de 2 m y 3 m.

Acorde al objetivo específico que planteó realizar el estudio de tránsito peatonal, y posteriormente determinar y analizar el nivel de servicio peatonal de las intersecciones de la Av. Prolongación Unión, mediante el uso de la metodología del Manual de capacidad de carreteras, se obtuvieron los siguientes resultados:

5.2.2. Características del Tránsito Peatonal

El aforo peatonal en la intersección con la Avenida América se realizó el día lunes de 6:00 am a 7:00 am donde los 15 minutos de mayor intensidad se da entre las 6:30 am y 6:45 am ya que se encuentra el Hospital Lazarte donde las personas acuden y las personas esperan el transporte público para ir a sus lugares de trabajo o estudio.

En la intersección con la Avenida Pesqueda el aforo peatonal fue el día miércoles de 12:00 pm a 1:00 pm siendo los 15 minutos de mayor intensidad entre las 12:45 pm a 1:00 pm, en dicha hora personas y escolares salen de diversos centros de trabajo y colegios para tomar el transporte público.

5.2.3. Nivel de Servicio Peatonal

Del procesamiento de datos siguiendo la metodología del “Manual de Capacidad de Carreteras” (HCM) se obtuvo:

Las esquinas de las Intersecciones de la Avenida Prolongación Unión con la Avenida América y con la Avenida Pesqueda presentan una intensidad de 22 y 18 peatones por ciclo respectivamente con un nivel de servicio C, el cual es un nivel aceptable para que circulen los peatones. Estos resultados tienen relación con el antecedente de Luna (2015) que en su investigación determinó el nivel de servicio peatonal de las intersecciones de una avenida y concluyó que el nivel de servicio estaba entre A y B.

CONCLUSIONES

- Los aforos realizados en la Avenida Prolongación Unión determinan la hora de máxima demanda en horas de la mañana (6:00 am a 7:00 am) y la tarde (12:00 pm a 1:00 pm) siendo estas horas donde hay una gran intensidad de vehículos obteniendo los siguientes resultados:
 - Intersección con la Avenida América: 2014 veh/h – 241 pt/15min
 - Intersección con la Avenida Pesquera: 2260 veh/h – 201 pt/15min
- Existe un gran flujo vehicular que supera a los 1900 veh/h que produce contaminación ambiental, sonora y estrés poblacional, donde las demoras en los viajes son de más de 30 segundos hasta de casi de 1 minuto.
- El nivel de servicio Vehicular de la Avenida Prolongación Unión llegó a un Nivel E y D, que no es suficiente para sostener el volumen vehicular actual al haber un desequilibrio entre la oferta y demanda de transporte.
- La carencia y desgaste de señales de tránsito vehicular y horizontal como consecuencia del paso de vehículos incrementa el riesgo de accidentes por lo que la vía no cubre las necesidades de la población.
- El Nivel de Servicio Peatonal para ambas intersecciones es de Nivel C, que es una calidad regular - baja en cuanto a infraestructura peatonal. Debido a la existencia de comercio ambulatorio que ocupa las veredas, se impide el paso de manera fluida de los peatones, lo cual afecta el funcionamiento de las intersecciones.
- Las alternativas de mejora propuestas van desde la redistribución semafórica en ambas intersecciones, regulación de rutas y empresas de transporte público, carriles y vías dedicadas al transporte público, transporte masivo, mejora de la señalización vertical y horizontal, prohibición de comercio ambulatorio y policías de tránsito con el objetivo de mejorar el flujo vehicular y disminuir la congestión existente.
- En contraste con la propuesta de una redistribución semafórica se busca una homogeneidad en los tiempos de demora de los vehículos para cada intersección observando una leve disminución en estos tiempos, concluyendo que es necesario implementar semáforos inteligentes a lo largo de la Avenida, siendo configurados cada hora según cantidad de vehículos aforados por el mismo semáforo.

RECOMENDACIONES

- En lo que respecta a las intersecciones de las Avenidas y calles principales de nuestra ciudad, es recomendable realizar un estudio a futuro sobre el nivel de servicio y capacidad vehicular ya que esto permitiría obtener un mejor panorama sobre los mejoramientos necesarios que requieren las vías.
- Se recomienda la metodología dada por el Manual de Capacidad de carreteras porque permite evaluar la capacidad de las vías, niveles de servicio y calidad de estas de manera práctica y en base a toma de datos como Aforo Vehicular y Peatonal.
- Es recomendable realizar los aforos con la ayuda de un dron o cámaras de vídeo para un conteo más preciso de vehículos, evitando márgenes de error que podrían existir si se realiza de manera manual. Además, es recomendable realizar los aforos peatonales y vehiculares de manera simultánea ya que, para el análisis de Nivel de servicio peatonal, se utilizarán los datos obtenidos en el día y la hora punta con mayor demanda del análisis vehicular.
- Con el fin de mejorar la seguridad vial, se recomienda que los ingenieros civiles reciban una educación adecuada en la planificación del transporte urbano para promover el cumplimiento de normas de tráfico a través del diseño de infraestructura vial que tenga una señalización clara y satisfaga las necesidades de los usuarios.
- Es recomendable implementar semáforos inteligentes en lugar de redistribuir los tiempos de los semáforos estáticos ya existentes, con el fin de reducir el problema de la congestión y brindar una buena calidad de servicio en las vías, además se recomienda la planeación de proyectos futuros con el objetivos de rediseñar las paradas de autobús y evitar que estos de detengan en cualquier lugar, verificar la frecuencia de las rutas para eliminar rutas innecesarias y definir carriles prioritarios o solo para autobuses, así como la implementación de transporte masivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bañon Blázquez, L., & Beviá García, J. F. (2000). *Manual de Carreteras: Elementos y Proyectos* (Vol. 1). Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
- Cáceres, N., Díaz, N., & Morales, A. (2016). *Caracterización, modelación y diseño de intersecciones*. Universidad La Gran Colombia, Bogotá.
- Gavilanes Conterón, R. C. (2013). *Diseñar una propuesta de señalización vial horizontal y vertical para el centro de la ciudad de Latacunga*. Quito.
- Guamán Aguirre, D. E. (2016). *Diagnóstico del problema de congestión vehicular en el intercambiador Fernández Salvador: Intersección Av. Mariscal Sucre, Av. Fernández Salvador y Calle Melchor de Valdéz*. Quito.
- Guisselle Montoya, H. (2005). *Ingeniería de Tránsito*.
- Kraemer, C., Pardillo, J., Rocci, S., Romana, M., Sánchez, V., & Miguel, V. (2003). *Ingeniería de Carreteras*. España: Mc Graw Hill.
- Leonardo Neyra, R. d. (2017). *Análisis del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas de la Avenida Villanueva Pinillos y modelado con SYNCHRO 8.0-Jaén – 2016*. Cajamarca.
- Luna Salas, M. A. (2015). *Determinación del nivel de servicio peatonal en las intersecciones de la Avenida el ejército con la Recoleta, Emmel y Tronchadero en la ciudad de Arequipa en el periodo 2015*. Arequipa.
- Méndez Cruz, J. P., & Wang Oropeza, M. J. (2019). *Estudio y propuesta de mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la Avenida los Incas en la ciudad de Trujillo - La Libertad*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2003). *Reglamento Nacional de Vehículos*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2016). *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras*.

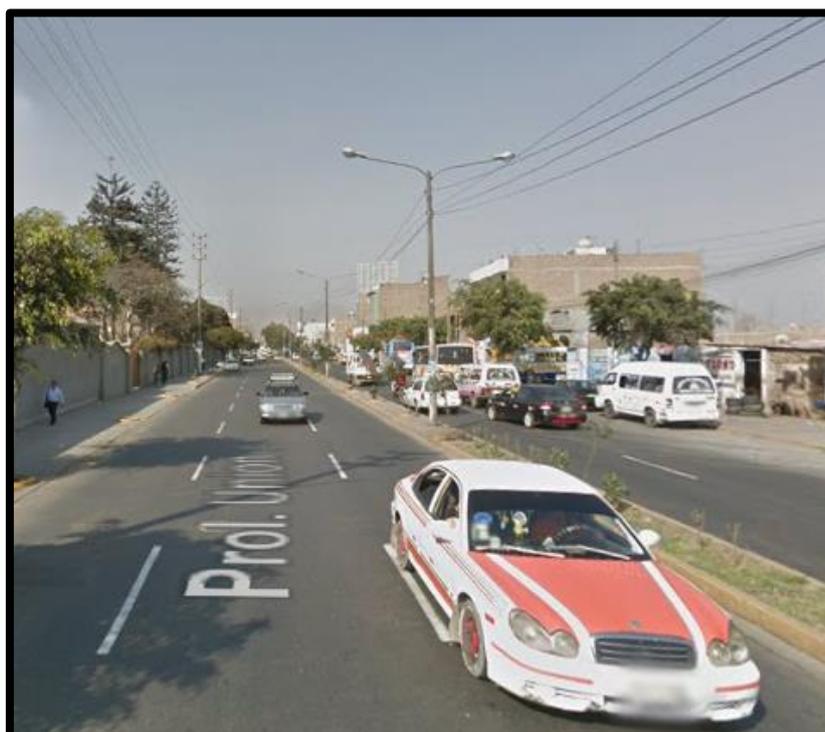
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015). *Informe de Caracterización de tramos de vía de alta Incidencia de Accidentes de Tránsito en el distrito de Trujillo*.
- Otero Seminario, L. A. (2015). *Alternativa de solución vial a la intersección de las Av. A. Cáceres y Av. Ramón Mugica*. Piura.
- Rodríguez, N., Vidaña, J., & Rodríguez, A. (2015). *Evaluación del congestionamiento vehicular en intersecciones viales*.
- Romana, M., Nuñez, M., Martínez, J. M., & Diez de Arizaleta, R. (2010). *Manual de capacidad de carreteras - HCM*.
- Sánchez Francesconi, J. H. (2011). *Estimación de la afectación de la capacidad en intersecciones semaforizadas como consecuencia del estado del pavimento*. Bogotá.
- Tapia Arandia, J. G., & Veizaga Balta, R. D. (2006). *Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura De Ingeniería De Tráfico*. Bolivia.
- Transporte Metropolitano de Trujillo - TMT. (2015). Trujillo.
- Transporte Metropolitano de Trujillo - TMT. (2018). Trujillo.

ANEXOS

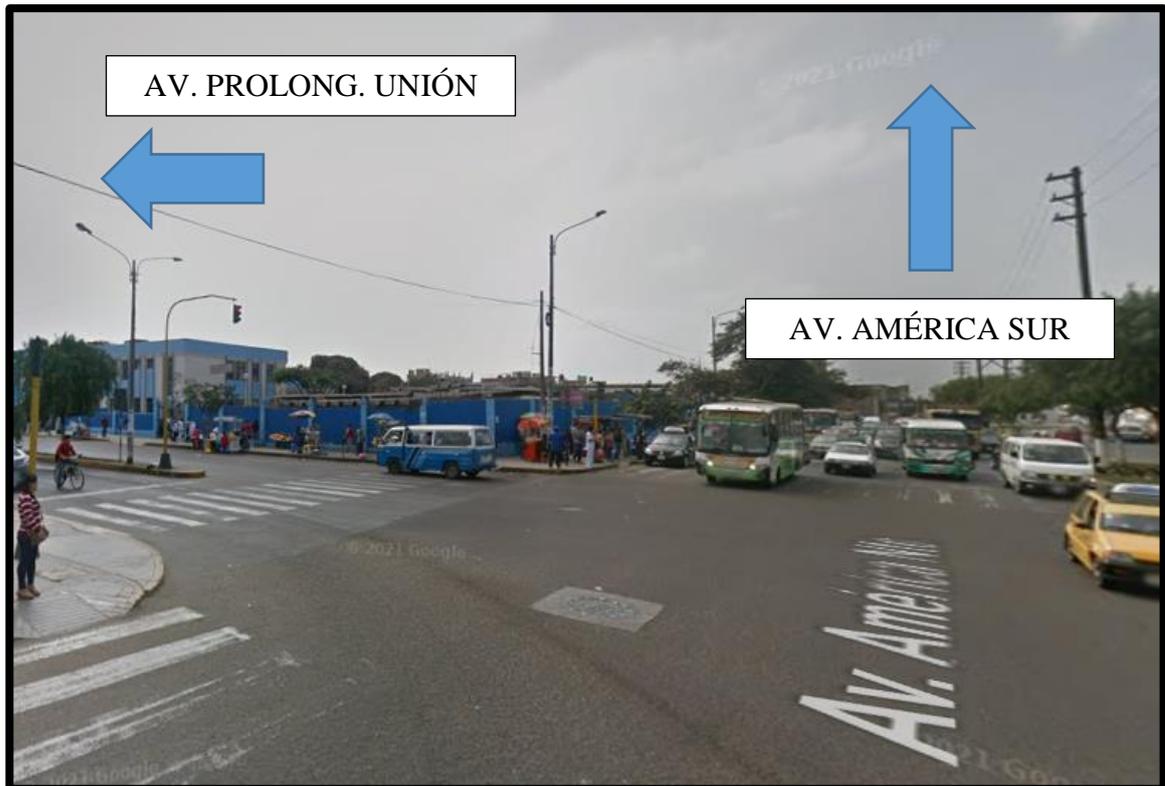
ANEXO 1: UBICACIÓN DEL PROYECTO



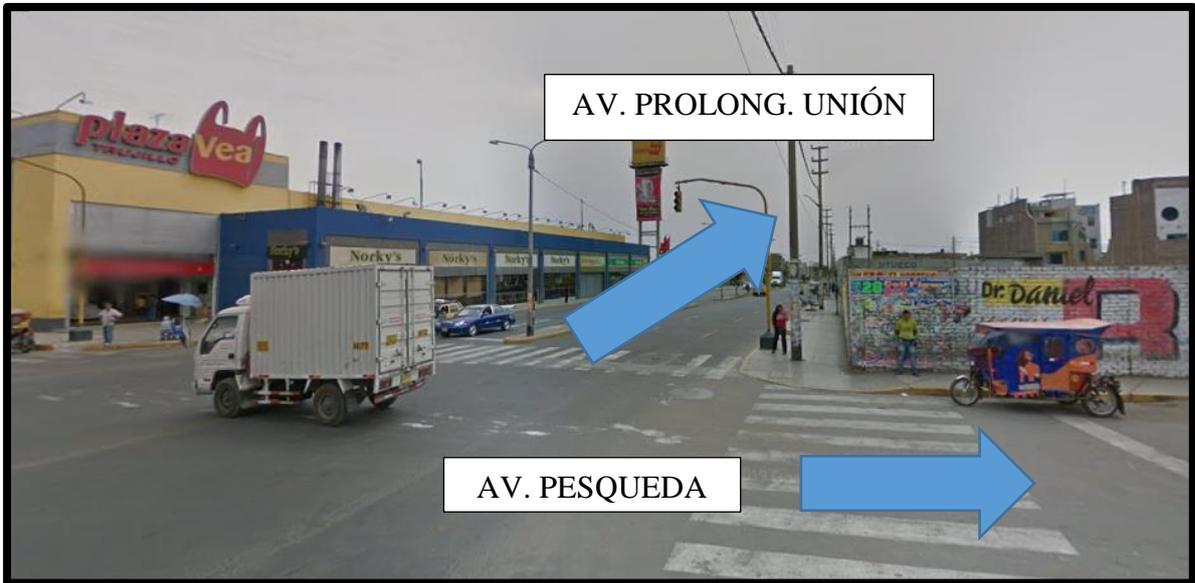
ANEXO 2: AVENIDA PROLONGACIÓN UNIÓN



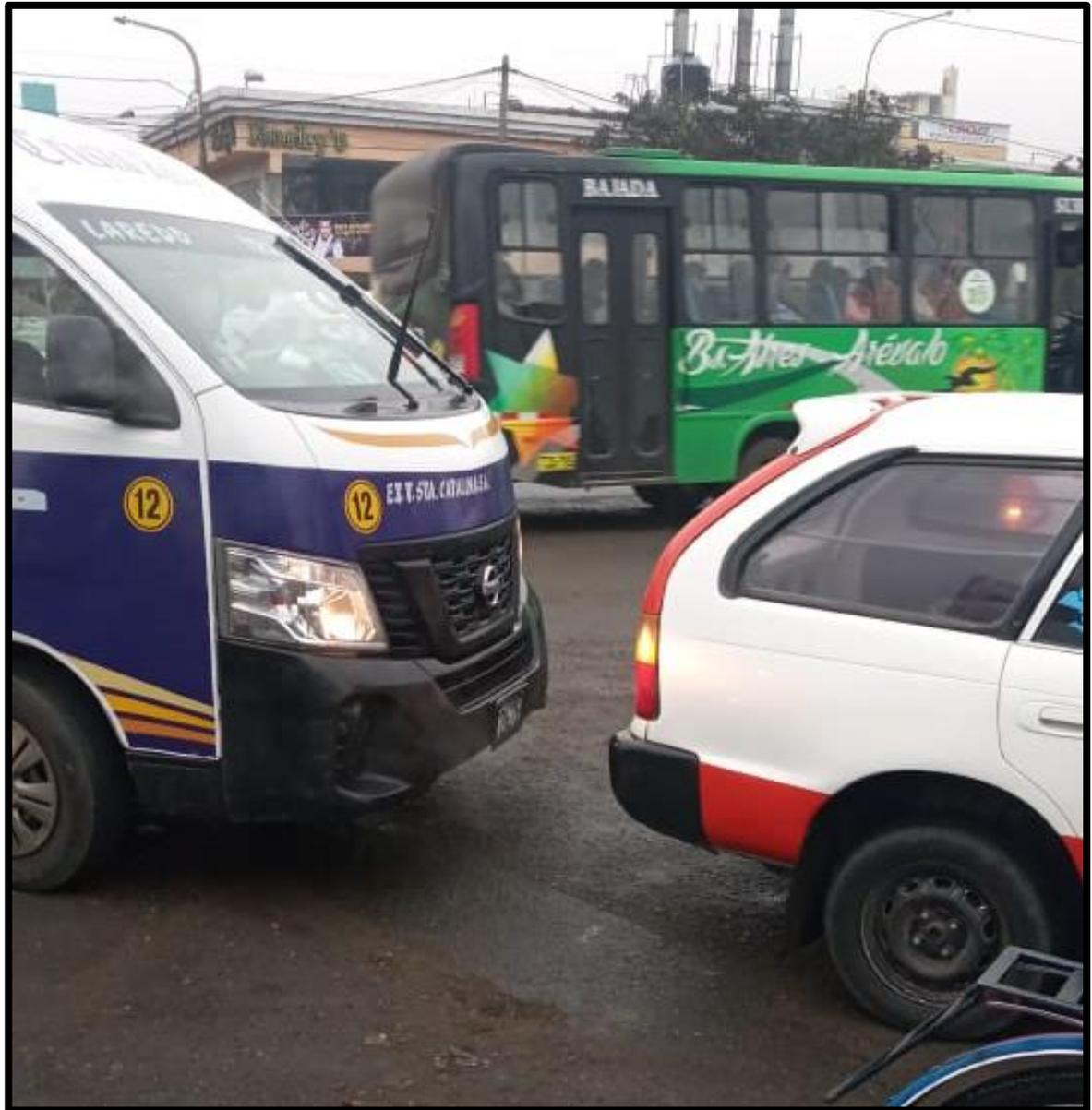
ANEXO 3: AV. PROLONGACIÓN UNIÓN INTERSECCIÓN CON LA AV. AMÉRICA



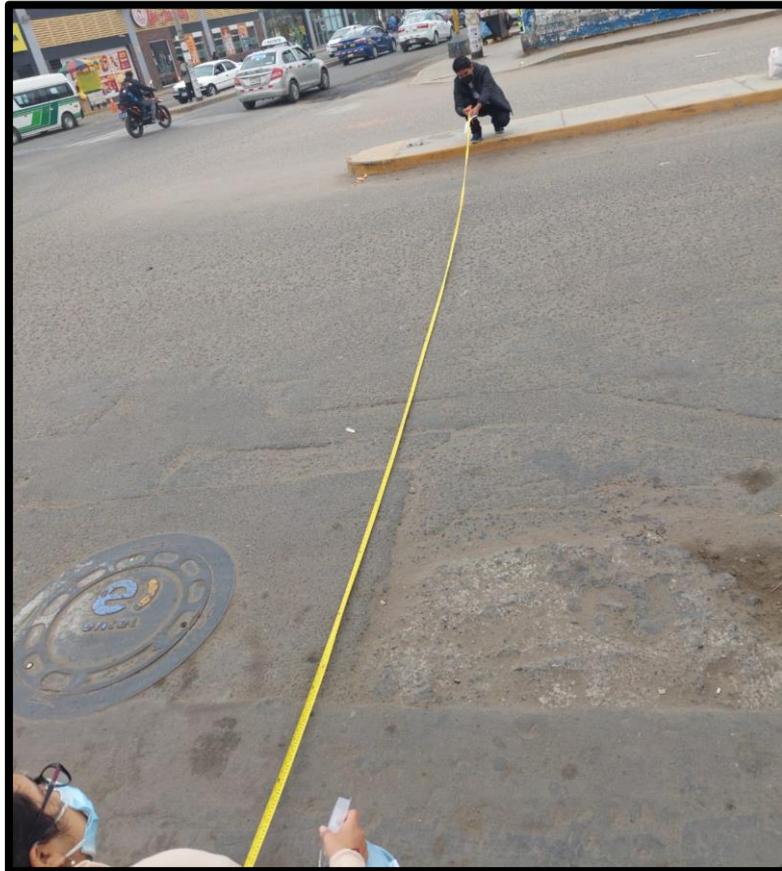
ANEXO 4: AV. PROLONGACIÓN UNIÓN INTERSECCIÓN CON LA AV. PESQUEDA



**ANEXO 5: CONGESTIÓN VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN AV.
PROLONGACIÓN UNIÓN – AV. AMÉRICA**

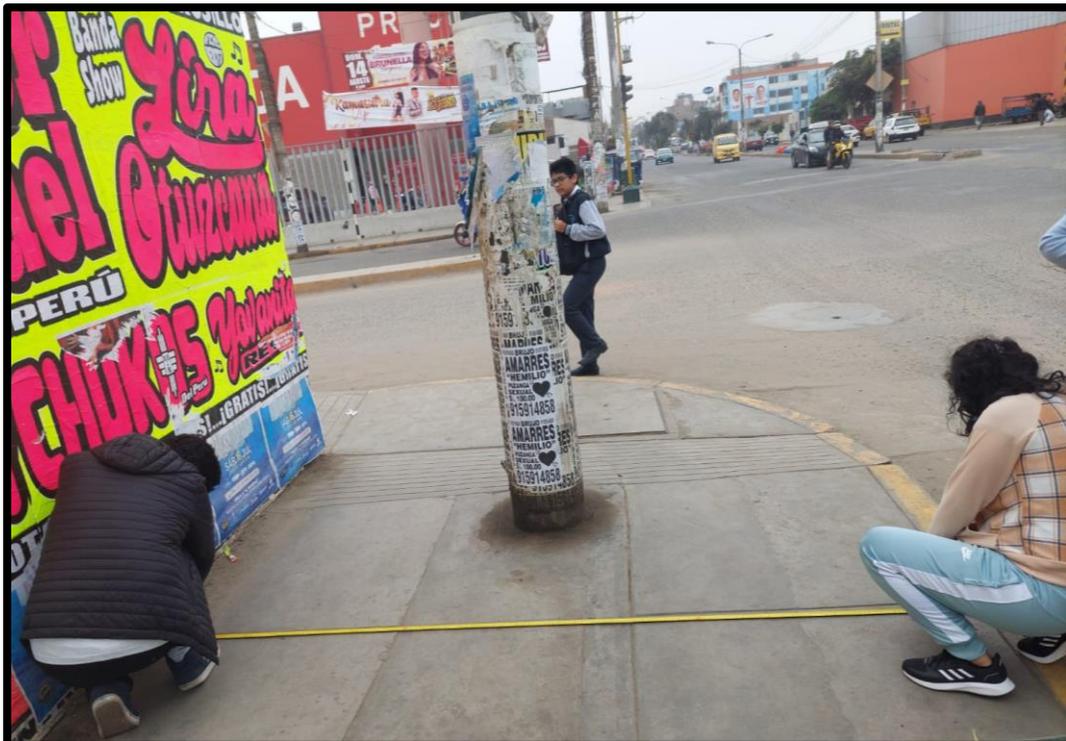


ANEXO 6: MEDIDA DE CALZADAS DE LA AV. PROLONGACIÓN UNIÓN





ANEXO 7: MEDIDA DE VEREDAS DE LA AV. PROLONGACIÓN UNIÓN



ANEXO 8: FORMATO PARA REALIZAR EL AFORO VEHICULAR

Día: _____

Hora: _____

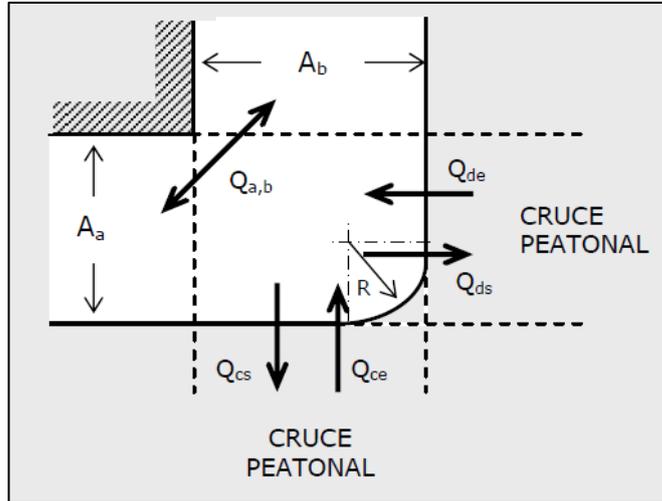
| TIPO DE VEHÍCULO | AV. PROLONG. UNIÓN | AV. PROLONG. UNIÓN | AV. AMÉRICA | AV. AMÉRICA | TOTAL | % |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|-------------|--------|---|
| | → | ↘ G.IZ | ↙ G.D | ↘ G.D | ↙ G.IZ | |
| AUTO (M1) | | | | | | |
| COMBIS (M2-III) | | | | | | |
| MICROS (M3-II) | | | | | | |
| CAMIONETAS (M1) | | | | | | |
| CAMIONES 2 Y 3 EJES (N1, N2 Y N3) | | | | | | |
| MOTOS(L3) | | | | | | |
| MOTOTAXIS (L5) | | | | | | |

| Acceso | Estac. | Paradas | Nº Carril | Ancho |
|--------|--------|---------|-----------|-------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

ANEXO 9: FORMATO PARA REALIZAR EL AFORO PEATONAL

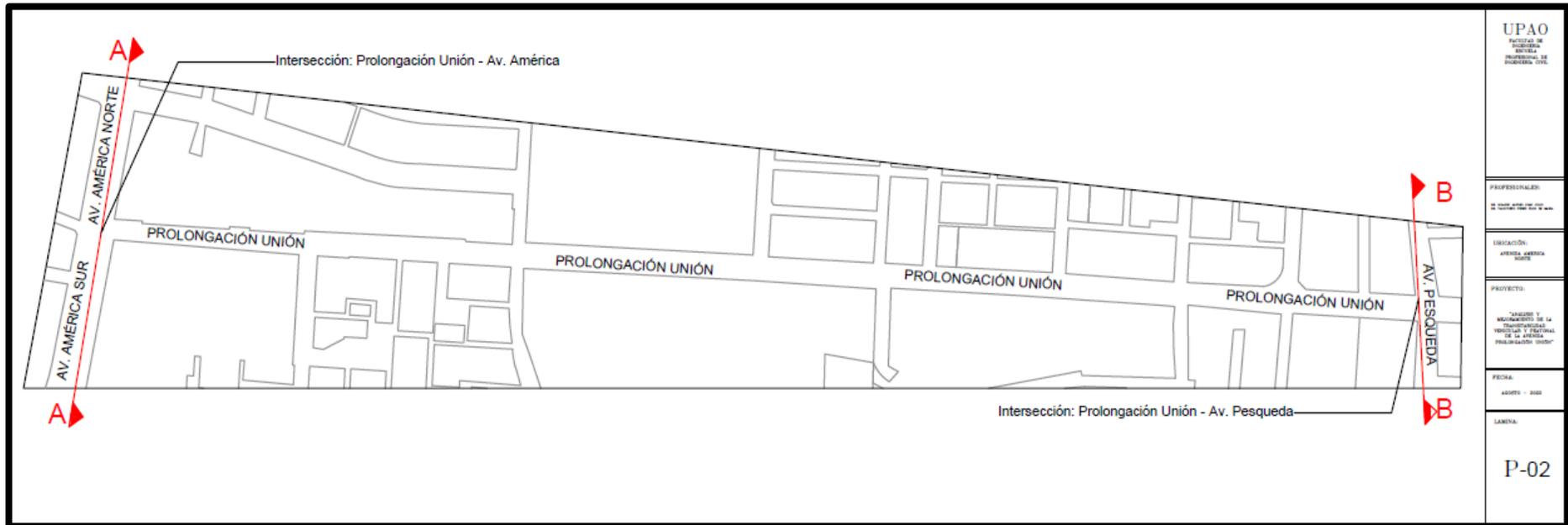
Día: _____

Hora: _____

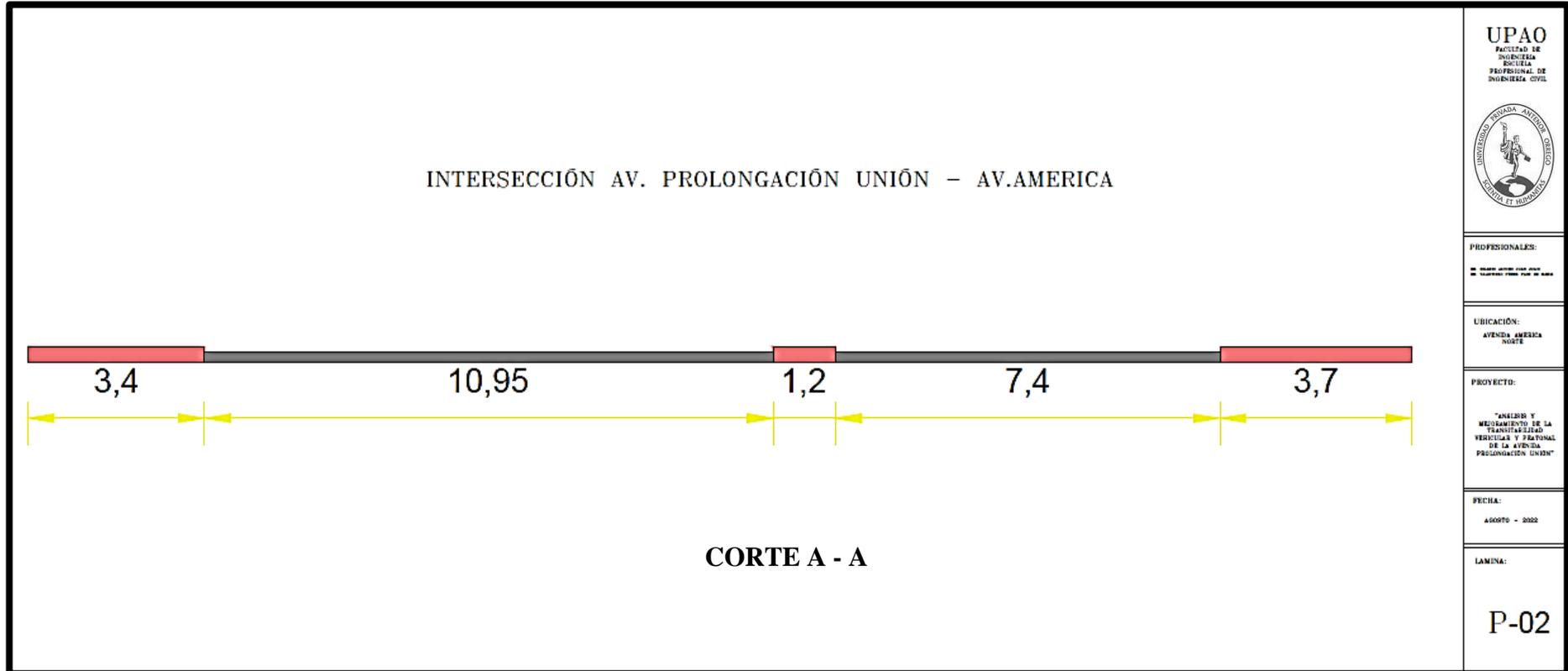


| INTENSIDAD PEATONAL | HORA | AFORO PEATONAL EN 15 MINUTOS PUNTA | TOTAL |
|---------------------|------|------------------------------------|-------|
| Qcs | | | |
| | | | |
| | | | |
| Qce | | | |
| | | | |
| | | | |
| Qds | | | |
| | | | |
| | | | |
| Qde | | | |
| | | | |
| | | | |
| Qa,b | | | |
| | | | |
| | | | |

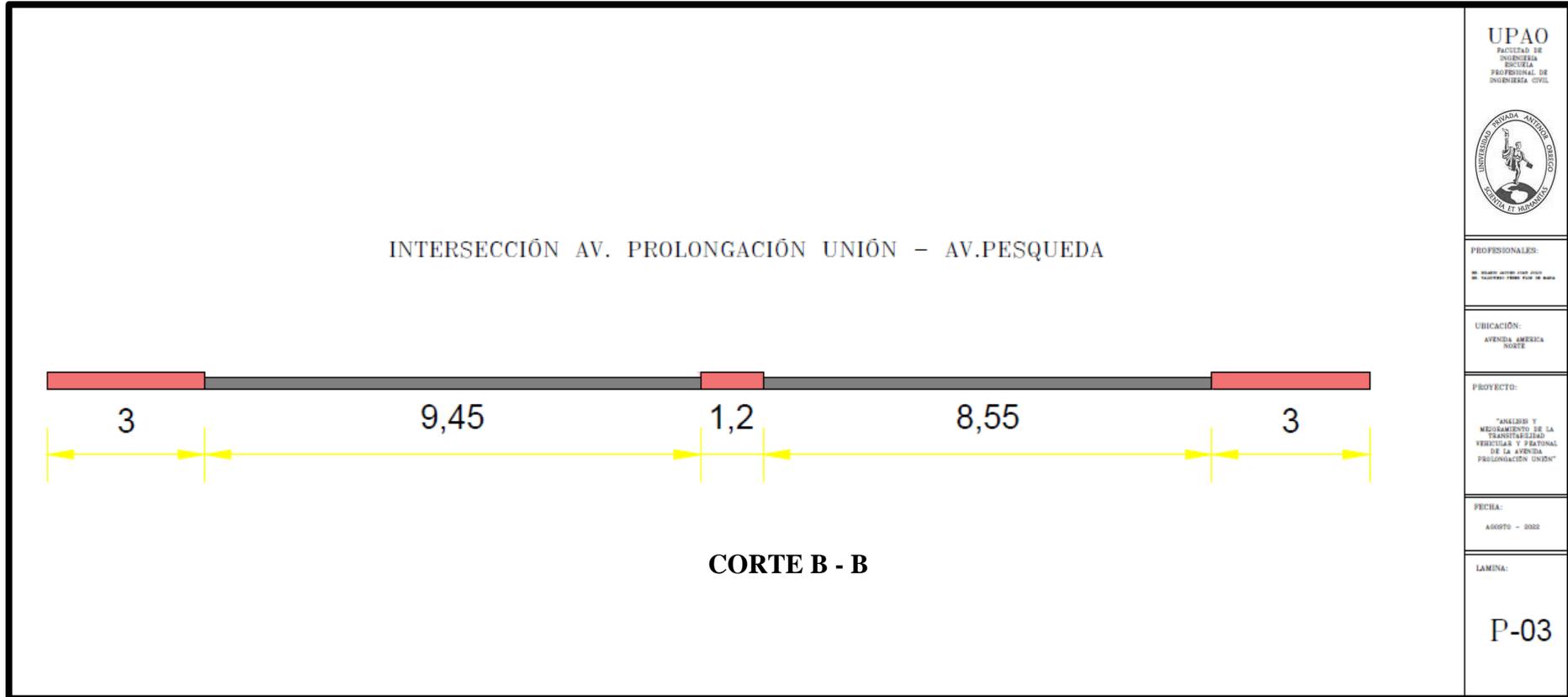
ANEXO 10: PLANO DE LA AV. PROLONGACIÓN UNIÓN E INTERSECCIONES



ANEXO 11: CORTE A-A INTERSECCIÓN AV. PROLONGACIÓN UNIÓN – AV. AMÉRICA



ANEXO 12: CORTE B-B INTERSECCIÓN AV. PROLONGACIÓN UNIÓN – AV. PESQUEDA



ANEXO 13: DOCUMENTOS ANEXADOS**COMPROMISO DEL ASESOR**

Burgos Sarmiento Tito Alfredo docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil identificado con ID 000003812 debidamente colegiado y habilitado con CIP 82596 me comprometo a asesorar el proyecto de tesis titulado **“ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AVENIDA PROLONGACIÓN UNIÓN, DISTRITO Y PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2022”**, cuyos autores son los bachilleres Hilario Jacobo Juan Julio y Valdiviezo Pérez Flor de María; hasta la sustentación de la misma.

Trujillo, 18 de abril del 2022



.....
ING. TITO ALFREDO BURGOS SARMIENTO

R.CIP 82596

c.c. Archivo

ANEXO 14: GRADOS DE BACHILLER

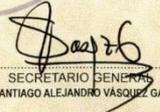

 REPÚBLICA DEL PERÚ
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
 EN NOMBRE DE LA NACIÓN

El Rector de la Universidad,
Por cuanto:
 El Consejo Directivo, en su sesión del Dieciocho de Octubre de 2021
 ha acordado conferir el **GRADO ACADÉMICO**
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL
 de _____
 a **JUAN JULIO HILARIO JACOBO**
 Aprobado por la Facultad de Ingeniería
 Escuela /Carrera Profesional de Ingeniería Civil

Por tanto:
 Se expide el presente **DIPLOMA** para que se le reconozca como tal y se le conceda los privilegios y beneficios que las leyes de la República le otorgan.

Dado y firmado en Trujillo, el día Dieciocho del mes de Octubre de 2021


 RECTORA
 DRA. FELICITACIÓN PERALTA CHÁVEZ


 SECRETARIO GENERAL
 DR. SANTIAGO ALEJANDRO VÁSQUEZ GARCÍA


 DECANO DE LA FACULTAD
 DR. ÁNGEL FREDDY ALARCÓN QUENTA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

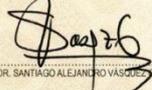
Código Universidad: 046
 Grado ó Título modalidad: **BACHILLERATO AUTOMÁTICO**
 Modalidad de Estudios: **p** ; Abreviatura: **B**
 Procedencia de Revalidación-País:
 Procedencia de Revalidación-Universidad:

Denominación del Grado Revalidado:

Tipo de documento: 1 ; N°: 72168070
 Tipo de Emisión del Diploma: O Código: A046_00024727
 Libro : 149 Folio : 37270 R.R. N°: 4353-2021-CD/R-UPAO
 Fecha de R.R. : 18 de Octubre de 2021

GRADUADO




 DR. SANTIAGO ALEJANDRO VÁSQUEZ GARCÍA
 SECRETARIO GENERAL

PERU

N° 00093887





UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO



UPAO A046_00024727

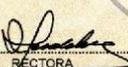

 REPÚBLICA DEL PERÚ
UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEJOR ORREGO
 EN NOMBRE DE LA NACIÓN

El Rector de la Universidad,
Por cuanto:
 El Consejo Directivo, en su sesión del Dieciséis de Diciembre de 2020
 ha acordado conferir el **GRADO ACADÉMICO**
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL
 de **FLOR DE MARIA VALDIVIEZO PEREZ**
 a **FLOR DE MARIA VALDIVIEZO PEREZ**
 Aprobado por la Facultad de Ingeniería
 Escuela /Carrera Profesional de Ingeniería Civil

Por tanto:
 Se expide el presente **DIPLOMA** para que se le reconozca como tal y se le conceda los privilegios y beneficios que las leyes de la República le otorgan.

Dado y firmado en Trujillo, el día Dieciséis del mes de Diciembre de 2020




RECTORA
 DRA. FELICITA YOLANDA PERALTA CHAVEZ



SECRETARIO GENERAL
 DR. SANTIAGO ALEJANDRO VÁSQUEZ GARCÍA



DECANO DE LA FACULTAD
 DR. ANGEL FREDDY ALARCON QUENTA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEJOR ORREGO
 Código Universidad: 046
 Grado ó Título modalidad: BACHILLERATO AUTOMÁTICO
 Modalidad de Estudios: P ; Abreviatura: B
 Procedencia de Revalidación-País:
 Procedencia de Revalidación-Universidad:
 Denominación del Grado Revalidado:
 Tipo de documento: 1 ; N° : 75689965
 Tipo de Emisión del Diploma: O Código: A046 00020074
 Libro : 136 Folio : 34235 R.R. N°: 3132-2020-CD/R-UPAO
 Fecha de R.R. : 16 de Diciembre de 2020

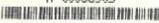
GRADUADO




SECRETARIO GENERAL
 DR. SANTIAGO ALEJANDRO VÁSQUEZ GARCÍA

PERU

N° 00088905





UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEJOR
 ORREGO

 UPAO A046_00020074

ANEXO 15: RESOLUCIÓN DE INSCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE TESIS



UPAO

Facultad de Ingeniería

Trujillo, 22 de abril del 2022

RESOLUCIÓN N° 0531-2022-FI-UPAO

VISTO, el **OFICIO N° 0298-2022-DEIC-FI-UPAO**, del Director de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, sobre **NOMBRAMIENTO DE ASESOR** y **DESIGNACIÓN DE JURADO** del Proyecto de Tesis presentado por los Bachilleres: **HILARIO JACOBO, JUAN JULIO y VALDIVIEZO PEREZ, FLOR DE MARÍA**, y;

CONSIDERANDO:

Que, los Bachilleres en mención presenta el Proyecto de Tesis y propuesta de docente asesor para la respectiva revisión, adjuntando los requisitos tanto académicos como administrativos, y;

Que, con el **OFICIO N° 0298-2022-DEIC-FI-UPAO**, la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil propone la designación de asesor y jurado del Proyecto de Tesis hasta la sustentación de la misma, según la línea de investigación correspondiente;

Que, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de nuestra Universidad, la Facultad de Ingeniería considera apropiado aceptar la propuesta de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y;

Estando de acuerdo al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad y a las atribuciones conferidas a éste Despacho;

SE RESUELVE:

PRIMERO: NOMBRAR como **DOCENTE ASESOR** del Proyecto de Tesis hasta la sustentación de la misma, al docente **Ing. TITO ALFREDO BURGOS SARMIENTO** con **CIP N° 82596**.

SEGUNDO: DESIGNAR como **MIEMBROS DEL JURADO** del Proyecto de Tesis, cuyo título propuesto es: **"ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AVENIDA PROLONGACIÓN UNIÓN, DISTRITO Y PROVINCIA DE TRUJILLO - LA LIBERTAD, 2022"**, perteneciente a la Línea de Investigación: **TRANSPORTES**, hasta la sustentación de la misma, a los señores docentes:

| | | |
|--|----------------------|--------------------|
| Ing. ANAXIMANDRO VELASQUEZ DIAZ | CIP N° 29040 | PRESIDENTE |
| Ing. MARLON FARFAN CORDOVA | CIP N° 171324 | SECRETARIO |
| Ing. ELKA PANDURO ALVARADO | CIP N° 70198 | VOCAL |
| Ing. ENRIQUE LUJAN SILVA | CIP N° 54460 | ACCESITARIO |

TERCERO: ESTABLECER que el título del Proyecto de Tesis podría cambiar según la evaluación respectiva del jurado, respetando siempre la línea de investigación.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.



Dr. Ángel Alarcón Quenta
DECANO