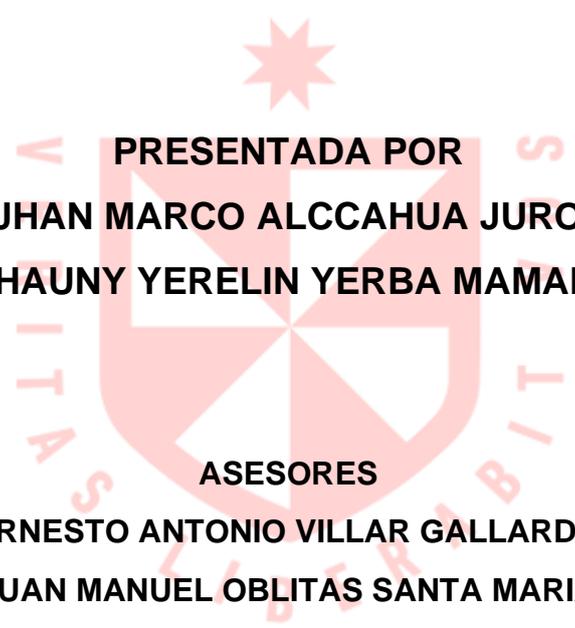


FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA
TRANSITABILIDAD DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO
ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA
METROPOLITANA**



**PRESENTADA POR
JHAN MARCO ALCCA HUA JURO
SHAUNY YERELIN YERBA MAMANI**

**ASESORES
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA**

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

LIMA – PERÚ

2022



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA
AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA
UBICADA EN LIMA METROPOLITANA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**ALCCA HUA JURO, JHAN MARCO
YERBA MAMANI, SHAUNY YERELIN**

ASESORES

MG. ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO

MG. JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA

LIMA – PERÚ

2022



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA
AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA
UBICADA EN LIMA METROPOLITANA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**ALCCA HUA JURO, JHAN MARCO
YERBA MAMANI, SHAUNY YERELIN**

ASESORES

**MG. ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO
MG. JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA**

LIMA – PERÚ

2022

Dedico esta investigación a mis apreciados padres por toda la confianza y apoyo que me brindaron en esta etapa muy importante para mi vida profesional, que sin ello no sería posible realizarlo; a mis queridos hermanos por ser motivo e inspiración para seguir firme en este proceso, a mis familiares por siempre alentarme a seguir cumpliendo mis objetivos. A mis docentes por la buena voluntad de impartir todo su conocimiento y experiencia que fue imprescindible para el desarrollo de este trabajo de investigación. Finalmente, a todas mis amistades que siempre me brindaron su apoyo incondicional.

Dedico esta investigación a mis padres porque con aciertos y desaciertos fueron y son mi más grande fuente de motivación, asimismo a mi querida hermana, tíos, abuelos, primos, amigos (as) por apoyarme cuando más lo necesitaba. A todos los maestros que me acompañaron durante mi formación académica- humana, especialmente al Dr. Javier Arrieta por instruirme y confiar en mis capacidades. A las hermanas de María Inmaculada por hacerme parte de su familia y acrecentar mi fe y confianza en Dios. Por último, a Toby, Brad y mis fieles amigos que me cuidan desde el cielo.

Agradezco a Dios por darme la vida y la salud que tengo, que sin ello nada sería posible. A mis padres por brindarme los recursos necesarios y el apoyo moral que fueron fundamentales para la realización de la tesis. A mi compañera de tesis Shauny Yerba por aportar todo su conocimiento, entrega y motivación durante el proceso de la investigación, a mis docentes del taller de tesis por darnos las pautas necesarias para encaminar correctamente el trabajo de investigación, a mi Casa de estudios que me abrió las puertas y me formó como persona y como profesional.

Agradezco a nuestro amado Dios, por las bendiciones y pruebas que ha puesto en mi camino, gracias a ello soy una mujer fuerte, resiliente, decidida y con proyección. A mis padres Roger Yerba e Isabel Mamani por el inmenso amor que me tienen, por su respaldo y contribución a mi formación académica. A mi hermana Shiomara Yerba por su compañía. Asimismo, a mi compañero de tesis, por su paciencia, entrega y constancia. Finalmente, a mis docentes Mg. Ernesto Villar y Mg. Juan Manuel Oblitas por instruirnos y retroalimentarnos permanentemente. A mi querida casa de estudios, por permitirme recibir una formación académica integral y de alto nivel.

RESUMEN

La construcción del Paso a Desnivel del Óvalo Monitor Huáscar en la Av. Javier Prado tuvo como objetivo aliviar el congestionamiento vehicular del sector, sin embargo, en los alrededores de dicha obra se han generado nuevos puntos críticos.

Es por ello que en la presente investigación se identificó los puntos críticos que requieren de un tratamiento vial y se planteó una propuesta vial innovadora para optimizar la transitabilidad de la Av. Javier Prado en el Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina, ubicada en Lima Metropolitana.

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental porque la muestra es accesible y está conformada por 2 kilómetros, asimismo se explica la relación causa-efecto entre las variables por medio de la simulación.

Se realizó la identificación de puntos críticos, estudio de campo y de tráfico. Los datos obtenidos, fueron utilizados en el modelamiento y simulación de las propuestas viales, que a su vez contribuyeron con la evaluación y determinación de la propuesta vial óptima.

Como resultado se determinó que la Propuesta Vial N°2 compuesta por el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda, ubicado en la intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales y el Intercambio Diamante Divergente, ubicado en la intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina optimiza en un 45.09% la transitabilidad del Tramo Óvalo Monitor- Avenida La Molina.

En conclusión, las propuestas viales planteadas en la investigación optimizan la transitabilidad notablemente, destacándose la Propuesta Vial N°2 ya que además de ofrecer mejores niveles de servicio, se adecua a la geometría vial actual.

Palabras clave: Propuesta vial, simulación, niveles de servicio, diseño vial, FHWA.

ABSTRACT

The construction of the Huáscar Monitor Oval Overpass on Javier Prado Avenue was intended to alleviate traffic congestion in the sector; however, new critical points have arisen in the vicinity of this work.

For this reason, this research identified the critical points that require road treatment and proposed an innovative road system to optimize the trafficability of Javier Prado Avenue in the Monitor Oval - La Molina Avenue section, located in Metropolitan Lima.

The research presents a quantitative approach, applied type, explanatory level and experimental design because the sample is accessible and consists of 2 kilometers, and the cause-effect relationship between the variables is explained by means of simulation.

The identification of critical points, field study and traffic study were carried out. The data obtained were used in the modeling and simulation of the road proposals, which in turn contributed to the evaluation and determination of the optimal road proposal.

As a result, it was determined that the Road Proposal N°2 composed of the Central Left Turn Overpass, located at the intersection of Javier Prado Avenue and Los Frutales Avenue, and the Diverging Diamond Interchange, located at the intersection of Javier Prado Avenue and La Molina Avenue, optimizes the trafficability of the Monitor Oval - La Molina Avenue section by 45.09%.

In conclusion, the road proposals proposed in the research optimize the trafficability remarkably, highlighting the Road Proposal No. 2 because in addition to offering better levels of service, it adapts to the current road geometry.

Key words: Road proposal, simulation, levels of service, road design, FHWA.

NOMBRE DEL TRABAJO

**PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA
TRANSITABILIDAD DE LA AV. JAVIER PR
ADO TRAMO ÓVALO MONITOR - AV. LA**

AUTOR

**ALCCA HUA JURO JHAN MARCO / YERB
A MAMANI SHAUNY YERELIN**

RECUENTO DE PALABRAS

66112 Words

RECUENTO DE CARACTERES

327896 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

318 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

34.0MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 12, 2023 3:59 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 12, 2023 4:03 PM GMT-5

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados
- 8% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross



USMP
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Biblioteca FIA

Juana Chunga Rodríguez
Bibliotecóloga

INTRODUCCIÓN

Lima es considerada la segunda ciudad más congestionada de Latinoamérica y prueba de ello son los bajos niveles de servicio de algunas de sus vías como por ejemplo la Av. Javier Prado puntualmente en el tramo ubicado entre los Distritos de La Molina y Santiago de Surco, ello se debe a la circulación excesiva de vehículos particulares que generan un desborde de la capacidad vial, la ineficiencia de sus diseños geométricos y la reciente operación del Paso a Desnivel del Óvalo Monitor Huáscar que trajo consigo un incremento en los volúmenes vehiculares de las ya congestionadas Av. Los Frutales y Av. La Molina. Siendo así, se justifica la modificación del diseño vial existente a través de propuestas viales innovadoras.

Con el propósito de determinar en qué medida la propuesta vial optimiza la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina ubicada en Lima Metropolitana, la presente investigación requiere:

Identificar puntos críticos para optimizar la transitabilidad del tramo en estudio; estos hacen referencia a las zonas que presentan elevados índices de congestión vehicular, identificarlos permite por defecto la optimización de la transitabilidad de las zonas restantes.

Determinar en qué medida la Propuesta Vial de Intersección de Flujo Continuo en los cruces de las Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la Av. La Molina influye en la optimización de la transitabilidad del tramo en estudio, en este tipo de diseño básicamente se desplaza el carril de giros a la izquierda al sentido contrario de la vía, metros antes de llegar a la intersección, a fin de reducir los puntos de conflicto y los tiempos de espera.

Determinar en qué medida la Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina influye en la optimización del tramo en estudio; en el Paso Elevado se realizan los giros a la izquierda a desnivel, cabe precisar que el soporte de la estructura se ubica en los separadores centrales de las avenidas, tanto al ingreso como a la salida del Paso Elevado. Asimismo, en el Intercambio Diamante Divergente, la calzada de ida situada al lado derecho de la vía es desplazada hacia el lado izquierdo por medio de un entrecruzamiento, de modo que los giros a la izquierda son realizados a través

los ramales metros más adelante, después de ello a través de un nuevo entrecruzamiento la calzada de ida retorna nuevamente a la derecha, los movimientos directos se resuelven a través de un paso a desnivel.

Determinar en qué medida la Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina influye en la optimización de la transitabilidad del tramo en estudio; en el Paso Elevado se realizan los giros a la izquierda a desnivel, cabe precisar que el soporte de la estructura se ubica en los separadores centrales de las avenidas, tanto al ingreso como a la salida del Paso Elevado. Asimismo, en el Intercambio Urbano de Punto Único tantos los movimientos directos como los giros se intersecan en un único punto que a su vez es controlado por un solo semáforo y se encuentra situado en la parte central del intercambio, permitiendo que los giros a la izquierda de ambos sentidos se den de manera simultánea.

Elaborar el Diseño Geométrico Conceptual de la propuesta vial ganadora para optimizar la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina. Se hará uso de Programas como Istram Ispol y Lumion, asimismo se tomará en consideración los Reportes de la Administración Federal de Carretas y el DG-2018, de modo que se obtengan planos en planta, sección transversal, y renderizado en 3d.

La investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que estima la optimización de la transitabilidad en términos de tiempo, velocidad y nivel de servicio. Es de tipo aplicada debido a que busca optimizar la transitabilidad del tramo de estudio por medio de propuestas viales integrales e innovadores. Para ello se emplearán conocimientos y/o experiencias previas plasmadas en los diferentes manuales nacionales e internacionales.

Es de nivel explicativo ya que se establece una relación de causa-efecto entre las variables independiente y dependiente donde se analiza y mide los efectos de las propuestas viales no tradicionales en el comportamiento de la transitabilidad vehicular del tramo en estudio. Cuenta con un diseño experimental debido a que se analiza la influencia de diferentes diseños viales en la transitabilidad a través de simulaciones vehiculares en el Software Synchro 11.

El desarrollo de la presente investigación se inició con un estudio preliminar donde se realizó la revisión de documentos e imágenes satelitales a fin de conocer la ubicación y los niveles de congestión vehicular de la zona en estudio, además permitió estimar las dimensiones de los elementos viales que componen la zona de estudio; seguidamente se realizó un estudio de campo para identificar las intersecciones críticas, obtener la duración de los ciclos semafóricos de la situación actual, identificar la señalización y determinar las dimensiones de la geometría vial existente.

Asimismo, se realizó un estudio de tráfico a fin de determinar el volumen y clasificación vehicular de la hora punta, seguidamente con los datos obtenidos del estudio de tráfico se inició con el modelamiento y simulación tanto de la situación existente como de las propuestas, para ello se hizo uso del software Synchro Studio 11.

Se realizó el trazado de las vías en el software Synchro 11, para después simular el comportamiento de los flujos vehiculares en SimTraffic, y finalmente visualizar el tramo en estudio en 3D Viewer para una mejor comprensión.

Cabe precisar que durante el desarrollo se empleó el libro verde “Política de Diseño Geométrico para calles y carreteras” de la AASHTO, los reportes de la Administración Federal de Carreteras y el Manual de Carreteras DG-2018, que fueron la base teórica para el desarrollo de la investigación.

La investigación es importante ya que plantea alternativas de solución vial que pretenden incrementar la velocidad de recorrido y disminuir los tiempos de circulación de los vehículos que transitan por el tramo en estudio, de manera que se genere una mayor rentabilidad, productividad, seguridad y confort de los residentes y usuarios de las vías en estudio.

Asimismo, es importante porque presenta un aporte técnico ya que propone y adapta alternativas de solución no tradicionales que en un futuro podrían ser ejecutados en el Perú ya sea mediante empresas contratistas especialistas en el rubro de infraestructura vial o entidades públicas.

Por último, la investigación presenta el siguiente contenido:

En el Capítulo I, se detallan las principales causas que generan los altos índices de congestionamiento vehicular en la ciudad de Lima, específicamente en la zona y tramo en estudio, en base a ello se definen los

problemas y objetivos de la investigación. Asimismo, se justifica y se demuestra la importancia e impacto potencial del tema estudiado, y por último se precisan los alcances, limitaciones y viabilidad de la misma.

En el Capítulo II, se muestra los antecedentes de la investigación tanto nacionales como internacionales, de la misma forma se desarrollan los conceptos teóricos acerca de la transitabilidad, los diseños viales innovadores empleados en países como Estados Unidos, por último, se explican los términos básicos y las hipótesis.

En el Capítulo III, se explica el diseño de la metodología empleada para el desarrollo de la investigación, se delimita la población / muestra, se definen y operacionalizan las variables, finalmente se exponen las técnicas, instrumentos y herramientas empleados durante el recojo de información y procesamiento de información.

En el Capítulo IV, se describe la zona y tramo en estudio, se detalla el procedimiento seguido durante la determinación de intersecciones críticas, el estudio de campo, de tráfico y topográfico. Se explica el proceso de adaptación de las propuestas viales innovadoras a las intersecciones críticas, asimismo se detalla el proceso del modelamiento y simulación del tramo en estudio en condiciones existentes y con las propuestas viales “innovadoras”, por último, se culmina con el diseño geométrico de la propuesta óptima en términos de transitabilidad.

En el Capítulo V, se muestran las intersecciones críticas, asimismo se detallan los resultados obtenidos producto del modelamiento y simulación de las Propuestas Viales Innovadoras, para ello se toma en consideración factores como el nivel de servicio, el tiempo y velocidad de recorrido.

En el Capítulo VI, una vez obtenidos los resultados, se contrastan la hipótesis tanto general como específica, demostrándose de validez de las mismas, en seguida se realiza una comparación con los resultados que se obtuvieron en los antecedentes nacionales e internacionales.

Por último, se presentan las conclusiones, algunas recomendaciones acerca de los estudios realizados y el trabajo en gabinete, finalmente se detallan las referencias bibliográficas y los anexos.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	viii
ÍNDICE GENERAL	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xx
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la situación problemática	1
1.2. Formulación del problema	10
1.2.1. Problema General	
1.2.2. Problema Específicos	
1.3. Objetivo general y específicos	11
1.3.1. Objetivo General	
1.3.2. Objetivos Específicos	
1.4. Justificación e importancia de la investigación	12
1.5. Impacto potencial de la investigación	14
1.5.1. Impacto teórico	
1.5.2. Impacto práctico	15
1.6. Alcance y Limitaciones de la investigación	16
1.7. Viabilidad de la investigación	
1.7.1. Viabilidad Técnica	
1.7.2. Viabilidad Económica	17
1.7.3. Viabilidad Social	
1.7.4. Viabilidad Ambiental	
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la Investigación	18
2.1.1. Antecedentes Internacionales	
2.1.2. Antecedentes Nacionales	22
2.2. Bases Teóricas	26
2.2.1. Flujo vehicular	
2.2.1.1. Tipos de flujo de vehicular en autopistas	
2.2.1.1.1. Flujo libre	

	Página
2.2.1.1.2. Flujo de dispersión de cola	27
2.2.1.1.3. Flujo de congestión	
2.2.1.2. Factores que generan congestión vehicular	
2.2.1.2.1. Ancho de carril	
2.2.1.2.2. Intensidad de intercambios	
2.2.1.2.3. Presencia de Vehículos Pesados	28
2.2.1.2.4. Presencia de conductores no habituales	
2.2.1.3. Parámetros de eficiencia del flujo vehicular	
2.2.1.3.1. Velocidad	29
2.2.1.3.2. Volumen vehicular	
2.2.1.3.3. Densidad	
2.2.2. Capacidad y nivel de servicio	30
2.2.2.1. Capacidad de servicio	
2.2.2.2. Nivel de servicio	
2.2.3. Señales de Tránsito	32
2.2.3.1. SemafORIZACIÓN	
2.2.3.2. Señalización	
2.2.4. Intersecciones viales a nivel	33
2.2.4.1. Intersecciones a nivel Tradicionales	34
2.2.4.2. Intersecciones a nivel No Tradicionales FHWA-2010	35
2.2.4.2.1. Carril Exclusivo para Giros a la Izquierda	36
2.2.4.2.2. Intersección de Flujo Continuo (CFI)	40
2.2.5. Intercambios Viales	46
2.2.5.1. Intercambios viales Tradicionales	
2.2.5.1.1. Intercambios viales de Tres Ramas	
2.2.5.1.2. Intercambios viales de Cuatro Ramas	48
2.2.5.2. Intercambios viales No Tradicionales (FHWA-2010)	49
2.2.5.2.1. Intercambio Diamante Divergente (DDI)	
2.2.5.2.2. Intercambio Urbano de Punto Único (SPUI)	58
2.2.5.2.3. Intercambio de Paso Elevado de giro central (CTO)	63
2.2.6. Simulación de tránsito	68
2.2.6.1. Métodos de análisis de transitabilidad	

	Página
2.2.6.2. Generalidades de la simulación	69
2.2.6.3. Niveles de simulación de tránsito	70
2.2.6.4. Software de simulación de tránsito	
2.3. Diseño geométrico	71
2.3.1. Características del tránsito	73
2.3.1.1. Índice medio diario anual (IMDA)	
2.3.1.2. Vehículos de diseño	
2.3.1.3. Tránsito Futuro	74
2.3.2. Parámetros de Diseño Geométrico	
2.3.3. Software de diseño geométrico	76
2.4. Definición de términos básicos	77
2.5. Hipótesis	80
2.5.1. Hipótesis General	
2.5.2. Hipótesis Específicas	
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	
3.1. Diseño Metodológico	81
3.1.1. Enfoque de la investigación	
3.1.2. Tipo de investigación	
3.1.3. Nivel de la investigación	82
3.1.4. Diseño de la investigación	
3.2. Población y Muestra	83
3.2.1. Población	
3.2.2. Muestra	86
3.2.2.1. Congestión Vehicular	
3.2.2.2. Zonificación por tramo	87
3.2.2.3. Conexión Interdistrital	88
3.2.2.4. Que no hayan presentado algún tratamiento vial reciente	89
3.3. Definición de Variables	92
3.3.1. Definición Conceptual	
3.3.2. Definición Operacional	
3.4. Operacionalización de las Variables	93
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	94

	Página
3.5.1. Estudios Preliminares del Tramo en Estudio	
3.5.2. Determinación de Puntos Críticos	
3.5.3. Estudio de Campo	96
3.5.4. Estudio de Tráfico	97
3.6. Técnicas e Instrumentos de Procesamiento de Datos	98
3.6.1. Conteo y Clasificación vehicular	
3.6.1. Modelamiento y simulación en Synchro Studio	99
3.6.1. Diseño geométrico en Istram Ispol	102
CAPÍTULO IV DESARROLLO	
4.1. Descripción de la Zona de Estudio	104
4.2. Descripción de la Avenida en Estudio	105
4.3. Determinación de Intersecciones Críticas	107
4.3.1. Flujo vehicular del tramo en estudio.	
4.3.2. Categorización de vía	114
4.3.3. Composición y forma de intersecciones	115
4.4. Estudio de Campo	119
4.4.1. Ciclos Semafóricos	
4.4.2. Señalización horizontal y vertical	120
4.5. Estudio de Tráfico	123
4.5.1. Determinación de las horas punta	
4.5.2. Estaciones de conteo vehicular	124
4.5.3. Utilización de Instrumentos	125
4.5.4. Conteo y Clasificación Vehicular	127
4.5.4.1. Estación de aforo 01: Paso a Desnivel Óvalo Monitor	
4.5.4.1.1. Punto de control P-1	
4.5.4.1.2. Punto de control P-2	129
4.5.4.1.3. Flujograma Vehicular	131
4.5.4.1.4. Hora punta y Factor de Hora Pico (FHP)	
4.5.4.1.5. Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo	132
4.5.4.1.6. Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P.	
4.5.4.1.7. Volumen Vehicular por Modo de Transporte	133
4.5.4.2. Estación de aforo 02: Frutales	134
4.5.4.2.1. Punto de control F-1	

	Página
4.5.4.2.2. Punto de control F-2	136
4.5.4.2.3. Punto de control F-3	138
4.5.4.2.4. Punto de control F-4	140
4.5.4.2.5. Flujograma Vehicular	142
4.5.4.2.6. Hora punta y Factor de Hora Pico (FHP)	
4.5.4.2.7. Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo	143
4.5.4.2.8. Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P.	144
4.5.4.2.9. Volumen Vehicular por Modo de Transporte	
4.5.4.3. Estación de aforo 03: Molina	145
4.5.4.3.1. Punto de control M-1	
4.5.4.3.2. Punto de control M-2	147
4.5.4.3.3. Punto de control M-3	149
4.5.4.3.4. Punto de control M- 4	151
4.5.4.3.5. Flujograma Vehicular	153
4.5.4.3.6. Hora punta y Factor de Hora Pico (FHP)	
4.5.4.3.7. Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo	154
4.5.4.3.8. Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P.	155
4.5.4.3.9. Volumen Vehicular por Modo de Transporte	
4.6. Geometría vial existente	156
4.6.1. Revisión de documentos y medición en campo	
4.6.2. Levantamiento Topográfico	159
4.7. Adaptación de Propuestas al tramo en estudio	162
4.8. Modelamiento y simulación en Synchro Studio 11	169
4.8.1. Configuración de la ventana de trabajo	
4.8.2. Situación Actual del Tramo en estudio	170
4.8.2.1. Modelamiento en Synchro 11.0	
4.8.2.1.1. Trazado de vías y Configuración de Carril	
4.8.2.1.2. Volumen vehicular	171
4.8.2.1.3. Balanceo de volumen vehicular	
4.8.2.1.4. Configuración del factor hora pico y % de vehículos pesados	172
4.8.2.1.5. Configuración de tipo de control de intersección	
4.8.2.1.6. Configuración de los ciclos semafóricos	173

	Página
4.8.2.1.7. Visualización post configuración en Synchro 11	
4.8.2.2. Simulación en SimTraffic 11.0	174
4.8.2.3. Visualización en 3D Viewer	
4.8.3. Propuesta Vial 01: Intersección de Flujo Continuo Parcial en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intersección de Flujo Continuo Completa en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina	176
4.8.3.1. Modelamiento en Synchro 11.0	
4.8.3.2. Simulación en SimTraffic 11	181
4.8.3.3. Visualización en 3D Viewer	182
4.8.4. Propuesta Vial N°02: Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina	184
4.8.4.1. Modelamiento en Synchro 11.0	
4.8.4.2. Simulación en SimTraffic 11	188
4.8.4.3. Visualización en 3D Viewer	
4.8.5. Propuesta Vial 03: Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina	190
4.8.5.1. Modelamiento en Synchro 11.0	
4.8.5.2. Simulación en SimTraffic 11	194
4.8.5.3. Visualización en 3D Viewer	
CAPÍTULO V RESULTADOS	
5.1. Intersecciones críticas del tramo en estudio	196
5.1.1. Nivel de Servicio en condiciones existentes	198
5.1.2. Tiempo y velocidad de recorrido en condiciones existentes	199
5.2. Propuesta Vial 01: Intersección de Flujo Continuo en los cruces de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la Av. La Molina	202
5.2.1. Nivel de Servicio de la Propuesta Vial 01	

	Página
5.2.2. Tiempo de recorrido de la Propuesta Vial 01	203
5.2.3. Velocidad de recorrido de la Propuesta Vial 01	204
5.3. Propuesta Vial 02: Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina	206
5.3.1. Nivel de Servicio de la Propuesta Vial 02	
5.3.2. Tiempo de recorrido de la Propuesta Vial 02	207
5.3.3. Velocidad de recorrido de la Propuesta Vial 02	208
5.4. Propuesta Vial 03: Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único situado en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina	210
5.4.1. Nivel de Servicio de la Propuesta Vial 03	
5.4.2. Tiempo de recorrido de la Propuesta Vial 03	211
5.4.3. Velocidad de recorrido de la Propuesta Vial 03	212
5.5. Diseño Geométrico Conceptual de la Propuesta Vial ganadora	215
5.5.1. Velocidad de Diseño y Radios de Giro	
5.5.2. Parámetros Geométricos del Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda (Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales)	216
5.5.3. Parámetros Geométricos del Intercambio Diamante Divergente (Av. Javier Prado con la Av. La Molina)	218
CAPÍTULO VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
6.1. Discusión de Hipótesis	222
6.1.1. Contrastación de Hipótesis General	
6.1.2. Contrastación de Hipótesis Específicas	224
6.1.2.1. Contrastación de hipótesis 01	
6.1.2.2. Contrastación de hipótesis 02	225
6.1.2.3. Contrastación de hipótesis 03	226
6.1.2.4. Contrastación de hipótesis 04	228

	Página
6.1.2.5. Contrastación de hipótesis 05	229
6.2. Discusión de Resultados	230
6.2.1. Contrastación con antecedente nacional	
6.2.2. Contrastación con antecedente internacional	231
CONCLUSIONES	232
RECOMENDACIONES	235
ANEXOS	237
REFERENCIAS	281

ÍNDICE DE GRÁFICOS

TABLAS

	Página
Tabla 1 Encuesta a expertos acerca de la importancia del tema de investigación	12
Tabla 2 Impacto Potencial Teórico de la Investigación	14
Tabla 3 Impacto Potencial Práctico de la Investigación	15
Tabla 4 Factor de Hora Pico FHP	29
Tabla 5 Ventajas y desventajas de un carril exclusivo de giro a la izquierda	39
Tabla 6 Ventajas y desventajas de la Intersección de Flujo Continuo (CFI)	44
Tabla 7 Intersecciones a desnivel, según el número de ramas	46
Tabla 8 Ventajas y desventajas de un Intercambio Diamante Divergente	56
Tabla 9 Ventajas y desventajas de un Intercambio Urbano de Punto Único	61
Tabla 10 Ventajas y desventajas del Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda	65
Tabla 11 Ventajas y desventajas de la simulación	69
Tabla 12 Vehículos de diseño establecidos por el DG – 2018	73
Tabla 13 Velocidad de diseño, Radio de giro mínimo y peraltes máximos	74
Tabla 14 Capacidad de las vías en intersecciones a desnivel	75
Tabla 15 Valores del peralte máximo	75
Tabla 16 Bombeo para la calzada	75
Tabla 17 Cuadro de consideraciones geométricas	75
Tabla 18 Calidad de flujo según volumen por carril	76
Tabla 19 Determinación de la muestra representativa	90
Tabla 20 Definición Conceptual de las variables	92
Tabla 21 Definición Operacional de las variables	92
Tabla 22 Operacionalización de las variables.	93
Tabla 23 Formato para recolección de datos del Ciclo Semafórico	96

	Página
Tabla 24 Formato para determinación del estado de señalización horizontal	96
Tabla 25 Formato para determinación del tipo de señalización vertical	96
Tabla 26 Formato de conteo y clasificación vehicular de 15 minutos	98
Tabla 27 Formato de conteo y clasificación vehicular de 60min	99
Tabla 28 Intersecciones Críticas según su flujo vehicular	114
Tabla 29 Categorización de vías, sentido Oeste- Este	114
Tabla 30 Categorización de las vías, sentido Este- Oeste	114
Tabla 31 Intersecciones Críticas según Categorización de vía	115
Tabla 32 Composición y forma de intersecciones en el sentido Oeste- Este	115
Tabla 33 Composición y forma de intersecciones en el sentido Oeste- Este	115
Tabla 34 Intersecciones críticas según su composición y forma	118
Tabla 35 Determinación de Intersecciones Críticas	118
Tabla 36 Ciclo Semafórico de Av. La Molina con Av. Javier Prado	119
Tabla 37 Ciclo Semafórico de la Av. Los Frutales con Av. Javier Prado	120
Tabla 38 Ciclo Semafórico de la Intersección Av. Golf de los Incas con Av. Javier Prado	120
Tabla 39 Estado de conservación de la Señalización Horizontal	121
Tabla 40 Tipo de señalización vertical	122
Tabla 41 Hora Punta del Óvalo Monitor Huáscar	123
Tabla 42 Aforo vehicular cada 15min en la Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor, Punto de Control P-1 (Este)	128
Tabla 43 Aforo vehicular cada 60min en la Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor, Punto de Control P-1 (Este)	128
Tabla 44 Aforo vehicular cada 15min en la Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor, Punto de Control P-2 (Oeste)	130
Tabla 45 Aforo vehicular cada 60min en la Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor, Punto de Control P-2 (Oeste)	130
Tabla 46 Factor hora pico (FHP) Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor	131

	Página
Tabla 47 Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor	132
Tabla 48 Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P. en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor	133
Tabla 49 Volumen Vehicular por Modo de Transporte en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor	133
Tabla 50 Aforo vehicular cada 15min en la Estación Frutales, Punto de Control F-1 (Norte)	135
Tabla 51 Aforo vehicular cada 60min en la Estación Frutales, Punto de Control F-1 (Norte)	135
Tabla 52 Aforo vehicular cada 15min en la Estación Frutales, Punto de Control F-2 (Sur)	137
Tabla 53 Aforo vehicular cada 60min en la Estación Frutales, Punto de Control F-2 (Sur)	137
Tabla 54 Aforo vehicular cada 15min en la Estación Frutales, Punto de Control F-3 (Este)	139
Tabla 55 Aforo vehicular cada 60min en la Estación Frutales, Punto de Control F-3 (Este)	139
Tabla 56 Aforo vehicular cada 15min en la Estación Frutales, Punto de Control F-4 (Oeste)	141
Tabla 57 Aforo vehicular cada 60min en la Estación Frutales, Punto de Control F-4 (Oeste)	141
Tabla 58 Factor hora pico (FHP) Estación Frutales	143
Tabla 59 Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en Frutales	143
Tabla 60 Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P. en Frutales	144
Tabla 61 Volumen Vehicular por Modo de Transporte en Frutales	144
Tabla 62 Aforo vehicular cada 15min en la Estación Molina, Punto de Control M-1 (Norte)	146
Tabla 63 Aforo vehicular cada 60min en la Estación Molina, Punto de Control M-1 (Norte)	146
Tabla 64 Aforo vehicular cada 15min en la Estación Molina, Punto de Control M-2 (Sur)	148

	Página
Tabla 65 Aforo vehicular cada 60min en la Estación Molina, Punto de Control M-2 (Sur)	148
Tabla 66 Aforo vehicular cada 15min en la Estación Molina, Punto de Control M-3 (Este)	150
Tabla 67 Aforo vehicular cada 60min en la Estación Molina, Punto de Control M-3 (Este)	150
Tabla 68 Aforo vehicular cada 15min en la Estación Molina, Punto de Control M-4 (Oeste)	152
Tabla 69 Aforo vehicular cada 60min en la Estación Molina, Punto de Control M-4 (Oeste)	152
Tabla 70 Factor hora pico (FHP) Estación Molina	154
Tabla 71 Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en Molina	154
Tabla 72 Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P. en Molina	155
Tabla 73 Volumen Vehicular por Modo de Transporte en Molina	155
Tabla 74 Determinación de Intersecciones Críticas	196
Tabla 75 Nivel de servicio en condiciones existentes	198
Tabla 76 Tiempo y velocidad de recorrido en la Intersección Av. Javier Prado con Av. La Molina en condiciones existentes	200
Tabla 77 Nivel de servicio de la Propuesta Vial 01	202
Tabla 78 Tiempo de Recorrido con la Propuesta Vial 01	203
Tabla 79 Velocidad de Recorrido con la Propuesta Vial N°01	204
Tabla 80 Nivel de servicio de la Propuesta Vial N°02	206
Tabla 81 Tiempo de Recorrido con la Propuesta Vial 02	207
Tabla 82 Velocidad de Recorrido con la Propuesta Vial N°02	208
Tabla 83 Nivel de servicio de la Propuesta Vial 03	210
Tabla 84 Tiempo de Recorrido con la Propuesta Vial 03	211
Tabla 85 Velocidad de Recorrido con la Propuesta Vial 03	212
Tabla 86 Cuadro resumen de Tiempo de Recorrido (seg)	214
Tabla 87 Cuadro resumen de Velocidad de recorrido (km/h)	214
Tabla 88 Cuadro resumen de Nivel de Servicio	214
Tabla 89 Radio mínimo y peralte máximo para el diseño de las propuestas	215

	Página
Tabla 90 Consideraciones Geométricas para el Paso elevado de giro central a la izquierda	216
Tabla 91 Sección transversal de la Av. Javier Prado (CTOL)	217
Tabla 92 Sección transversal de la Av. Los Frutales (CTOL)	217
Tabla 93 Consideraciones Geométricas para el DDI (vehículo de diseño 67m)	218
Tabla 94 Consideraciones Geométricas para el DDI (vehículo C2R1-23m)	219
Tabla 95 Consideraciones Geométricas para el DDI (vehículo C2R1-23m)	219
Tabla 96 Sección transversal de la Av. Javier Prado (DDI)	220
Tabla 97 Sección transversal de la Av. Javier Prado (DDI)	220
Tabla 98 Comparación de Tiempo de Recorrido	223
Tabla 99 Contrastación de Hipótesis General	223
Tabla 100 Contrastación de Hipótesis Específica 01	224
Tabla 101 Contrastación de Hipótesis Específica 02	225
Tabla 102 Contrastación de Hipótesis Específica 03	227
Tabla 103 Contrastación de Hipótesis Específica 04	228
Tabla 104 Contrastación de Hipótesis Específica 05	229
Tabla 105 Contrastación con antecedentes nacionales	230
Tabla 106 Contrastación con antecedentes internacionales	231
Tabla 107 Anchos de carril según normativa	259

FIGURAS

	Página
Figura 1 Parque Automotor de Lima, por Clase Vehicular	1
Figura 2 Tramo de la Av. Javier Prado situado en el Distrito de La Molina	3
Figura 3 Tramo Trébol de Javier Prado- Óvalo Monitor (2000)	4
Figura 4 Tramo Trébol de Javier Prado- Óvalo Monitor (2019)	4
Figura 5 Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar	5

	Página
Figura 6 Estudio de tráfico en la Intersección Av. Los Frutales con Av. Javier Prado ante y post operación del Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar	6
Figura 7 Estudio de tráfico en la Intersección Av. La Molina con Av. Javier Prado ante y post operación del Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar	6
Figura 8 Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina	7
Figura 9 Intersecciones congestionadas del tramo en estudio	7
Figura 10 Diagrama de Causa – Efecto	9
Figura 11 Histograma de las respuestas más puntuadas respecto a la importancia del tema de investigación	12
Figura 12 Comparación del Flujo continuo y discontinuo	26
Figura 13 Intensidad de intercambios	28
Figura 14 Semáforo de control vehicular y peatonal	32
Figura 15 Señalización Horizontal y vertical	33
Figura 16 Tipos de intersección a nivel	34
Figura 17 Intersección tipo cruz con semaforización clásica de dos fases	34
Figura 18 Intersección tipo rotonda ubicada en la Plaza 2 de mayo	35
Figura 19 Carril exclusivo a la izquierda	36
Figura 20 Diferencia entre giro permitido y exclusivo	36
Figura 21 Carretera Peachtree en Atlanta, EE.UU.	37
Figura 22 Semaforización inteligente y detector vehicular	38
Figura 23 Puntos de conflicto en una intersección	39
Figura 24 Intersección de Flujo Continuo parcial en la ciudad de Fenton, EE.UU.	40
Figura 25 CFI completo en la ciudad de Salt Lake, estado de Utah, entre la Ruta 3500 Sur y la carretera Bangerter	41
Figura 26 Consideraciones geométricas CFI	42
Figura 27 Señales de tránsito en una Intersección de Flujo Continuo	42
Figura 28 Puntos de Conflicto en una Intersección de Flujo Continuo Completo	43

	Página
Figura 29 Puntos de Conflicto en una Intersección de Flujo Continuo Parcial	43
Figura 30 Operación de una Intersección innovadora de Flujo Continuo (CFI)	45
Figura 31 Intercambio Tradicional de Tres Ramas tipo “T”	47
Figura 32 Intercambio Tradicional de Tres Ramas tipo trompeta	47
Figura 33 Intercambio Tradicional de Cuatro Ramas tipo trébol	48
Figura 34 Intercambio Tradicional de Cuatro Ramas tipo diamante	48
Figura 35 Movimientos en un Intercambio Diamante Divergente (DDI)	49
Figura 36 Intercambio Diamante Divergente en Versalles, Francia	50
Figura 37 Intercambio Diamante Divergente en Missouri, EE.UU.	51
Figura 38 Comparación entre el cruce de un CDI y el entrecruzamiento en “x” del DDI	52
Figura 39 Ángulo y radios de Giro en el entrecruzamiento del DDI	53
Figura 40 Camión WB-67 y Remolque Simple (C2R1)	54
Figura 41 Semaforización en un DDI	55
Figura 42 Puntos de Conflicto en el DDI	55
Figura 43 Operación del Intercambio Diamante Divergente (DDI)	57
Figura 44 Intercambio urbano de punto único de Arlington Boulevard	58
Figura 45 SPUI ubicado en la interestatal 87 en Latham, Nueva York	59
Figura 46 Parámetros Geométricos para el SPUI	60
Figura 47 Semaforización en el SPUI	60
Figura 48 Puntos de conflicto en el SPUI	61
Figura 49 Operación de un innovador Intercambio Urbano de Punto Único	62
Figura 50 Configuración del Paso elevado de giro central	63
Figura 51 Ejemplo de paso elevado con giro central (CTO)	64
Figura 52 Puntos de conflicto en el paso elevado con giro central	64
Figura 53 Operación del paso elevado con giro central (CTO)	66
Figura 54 Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en la Costa Verde	67
Figura 55 Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en Guayaquil	67

	Página
Figura 56 Modelos de análisis de un sistema	68
Figura 57 Paquete de software de simulación de la empresa Trafficware	71
Figura 58 Etapas de diseño geométrico	72
Figura 59 Gálibo e islas divisorias	76
Figura 60 Se muestra la población conformada por la Av. Javier Prado	84
Figura 61 Muestra representativa conformado por el tramo Óvalo Monitor – Av. La Molina	85
Figura 62 Reporte TomTom del flujo vehicular de la Av. Javier Prado Este	86
Figura 63 Zonificación de la Av. Javier Prado situado en el Distrito de Surco	87
Figura 64 Zonificación de la Av. Javier Prado situado en el Distrito de la Molina	87
Figura 65 Conexión interdistrital a través de la Av. Javier Prado Este	88
Figura 66 Trébol de Javier Prado y Paso a Desnivel Óvalo Monitor	89
Figura 67 Trébol de Javier Prado y Paso a Desnivel Óvalo Monitor	89
Figura 68 Diagrama de la determinación de la muestra representativa	90
Figura 69 Intersecciones y avenidas que conforman la muestra representativa	91
Figura 70 Plataformas Digitales	94
Figura 71 Documentación digital	95
Figura 72 Instrumentos para realizar la observación estructurada	95
Figura 73 Dron para el registro de los movimientos vehiculares	97
Figura 74 Flujograma de volumen vehicular	99
Figura 75 Trazado de vías en Synchro 11	100
Figura 76 Vista 2D del modelado y simulación del Óvalo Monitor en SimTraffic	101
Figura 77 Vista 3D del modelado y simulación del Óvalo Monitor en 3D Viewer	101
Figura 78 Ventana de trabajo y vista 3d de un Intercambio vial en Istram	102

	Página
Figura 79 Diagrama de Flujo	103
Figura 80 Límites del Distrito de La Molina	104
Figura 81 Recorrido de la Avenida Javier Prado y Tramo en estudio	105
Figura 82 Zonificación de los alrededores del tramo en estudio	106
Figura 83 Inspección visual del Tramo en estudio	107
Figura 84 Calle Los Tiamos y Los Jades	108
Figura 85 Calle Los Ceibos y Jr. El Bucaré	109
Figura 86 Calle Los Albaricoques y Calle Los Membrillos	109
Figura 87 Calle Los Viñedos, Las Frambuesas y Los Melones	110
Figura 88 Avenida Circunvalación el Golf de Los Incas	111
Figura 89 Avenida Los Frutales	112
Figura 90 Avenida La Molina	113
Figura 91 Intersección de 3 ramales tipo “T” simple	116
Figura 92 Intersección de 3 ramales tipo “Y” canalizada	116
Figura 93 Intersección de 4 ramales tipo “X” simple	117
Figura 94 Intersección de 4 ramales tipo “+” canalizada	117
Figura 95 Señalización horizontal en Av. Golf de Los Incas, Los Frutales y La Molina	121
Figura 96 Señalización vertical- Tipo Reguladoras	121
Figura 97 Señalización vertical- Tipo Preventivas	122
Figura 98 Señalización vertical- Tipo Informativas	122
Figura 99 Estaciones de conteo vehicular ubicados en el tramo en estudio	124
Figura 100 Drones utilizados en el estudio de tráfico	125
Figura 101 Drones utilizados en el estudio de tráfico	125
Figura 102 Vuelo dron en la Intersección Av. Javier Prado con Av. La Molina	126
Figura 103 Vuelo dron en la Intersección Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	126
Figura 104 Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor, Punto de Control P-1	127
Figura 105 Estación Paso a Desnivel, Punto de Control P-2	129

	Página
Figura 106 Flujograma Vehicular Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor	131
Figura 107 Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor	132
Figura 108 Volumen Vehicular por Modo de Transporte en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar	133
Figura 109 Estación Los Frutales, Punto de Control F-1	134
Figura 110 Estación Los Frutales, Punto de Control F- 2	136
Figura 111 Estación Los Frutales, Punto de Control F - 3	138
Figura 112 Estación Los Frutales, Punto de Control F- 4	140
Figura 113 Flujograma Vehicular Estación Frutales	142
Figura 114 Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en la estación Frutales	143
Figura 115 Volumen Vehicular por Modo de Transporte en la estación Frutales	144
Figura 116 Estación la Molina, Punto de Control M-1	145
Figura 117 Estación la Molina, Punto de Control M-2	147
Figura 118 Estación la Molina, Punto de Control M-3	149
Figura 119 Estación la Molina, Punto de Control M-4	151
Figura 120 Flujograma Vehicular Estación Molina	153
Figura 121 Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en la estación Molina	154
Figura 122 Volumen Vehicular por Modo de Transporte en la estación Molina	155
Figura 123 Sección transversal de la Av. Javier Prado	156
Figura 124 Sección transversal de la Av. La Molina	157
Figura 125 Sección transversal de la Av. Los Frutales	158
Figura 126 Medición en campo	158
Figura 127 Delimitación del área levantada	159
Figura 128 Levantamiento topográfico	160
Figura 129 Plano en planta del Tramo en Estudio	161
Figura 130 Propuestas viales para las intersecciones críticas	162

	Página
Figura 131 Propuesta Vial 01: Intersección de Flujo Continuo en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	163
Figura 132 Propuesta Vial 01: Intersección de Flujo Continuo Parcial en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina	164
Figura 133 Propuesta Vial 02: Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	165
Figura 134 Propuesta Vial 02: Intercambio Diamante Divergente en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina	166
Figura 135 Propuesta Vial 03: Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	167
Figura 136 Propuesta Vial 03: Intercambio Urbano de Punto Único situado en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina	168
Figura 137 Exportación de imagen satelital de Google Earth	169
Figura 138 Importación de imagen satelital a Synchro 11	169
Figura 139 Configuración de carriles del tramo de estudio de la Situación actual	170
Figura 140 Asignación de volumen vehicular a los carriles previo conteo vehicular	171
Figura 141 Balanceo de volumen del tramo en estudio	171
Figura 142 Ventana de configuración de factor de hora pico en Synchro 11	172
Figura 143 Configuración de nodo o intersección de la situación actual	172
Figura 144 Ventana de configuración de las fases semafóricas en Synchro 11	173
Figura 145 Modelamiento de todo el tramo de estudio en Synchro	173
Figura 146 Simulación del tramo en condiciones existentes en SimTraffic	174
Figura 147 Representación del tramo en estudio en 3D Viewer	175

	Página
Figura 148 Configuración de carriles- Intersección de Flujo Continuo Parcial	176
Figura 149 Configuración de carriles- Intersección de Flujo Continuo Completo	177
Figura 150 Asignación de volumen vehicular- Intersección de Flujo Continuo	177
Figura 151 Balanceo de volumen- Intersección de Flujo Continuo	178
Figura 152 Ventana de configuración de factor de hora pico en Synchro 11	178
Figura 153 Configuración de nodo o intersección de la propuesta intersección de flujo continuo	179
Figura 154 Ventana de configuración de las fases semafóricas en Synchro 11	179
Figura 155 Ubicación de semáforos en la Intersección de Flujo Continuo	180
Figura 156 Modelamiento de todo el tramo de estudio en Synchro 11	180
Figura 157 Modelado de la propuesta de intersección de flujo continuo parcial	181
Figura 158 Modelado de la propuesta de intersección de flujo continuo completo	181
Figura 159 Representación 2D del modelado de la situación actual en SimTraffic	182
Figura 160 Representación en 3D Viewer- Intersección de Flujo Continuo Parcial y Completa	183
Figura 161 Configuración de carriles- Intercambio Diamante Divergente	184
Figura 162 Asignación de volumen vehicular- Intercambio Diamante Divergente	185
Figura 163 Balanceo de volumen- Intercambio Diamante Divergente	185
Figura 164 Configuración de factor de hora pico en Synchro 11- Propuesta 02	186
Figura 165 Configuración de nodo o intersección- Propuesta 02	186
Figura 166 Configuración de las fases semafóricas- Propuesta 02	187

	Página
Figura 167 Modelamiento de todo de la Propuesta 02 en Synchro	187
Figura 168 Representación 2D en SimTraffic- Propuesta 02	188
Figura 169 Representación en 3D Viewer- Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda e Intercambio Diamante Divergente	189
Figura 170 Configuración de carriles- Intercambio Urbano de Punto Único (SPUI)	190
Figura 171 Asignación de volumen vehicular- Intercambio Urbano de Punto Único	191
Figura 172 Balanceo de volumen Intercambio Urbano de Punto Único	191
Figura 173 Ventana de configuración de factor de hora pico en Synchro 11	192
Figura 174 Configuración de nodo o intersección de la Propuesta 03	192
Figura 175 Ventana de configuración de las fases semafóricas en Synchro 11	193
Figura 176 Modelamiento de todo el tramo de estudio en Synchro 11	193
Figura 177 Representación 2D de la Propuesta 02 en SimTraffic	194
Figura 178 Representación en 3D Viewer- Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda e Intercambio Urbano de Punto Único	195
Figura 179 Determinación de Puntos Críticos	197
Figura 180 Nivel de servicio en la Av. Javier Prado con Av. La Molina y Av. Los Frutales en condiciones existentes	198
Figura 181 Movimientos Críticos en el Tramo en Estudio	200
Figura 182 Reporte gráfico de la velocidad en el tramo en estudio en condiciones existentes	201
Figura 183 Nivel de servicio de la Propuesta Vial 01	202
Figura 184 Tiempo de Recorrido con la Propuesta Vial 01	203
Figura 185 Velocidad de Recorrido con la Propuesta Vial 01	204
Figura 186 Velocidad de recorrido con la Propuesta Vial 01 compuesta por la Intersección de Flujo Continuo Parcial y Completa	205
Figura 187 Nivel de servicio de la Propuesta Vial N°02	206
Figura 188 Tiempo de Recorrido con la Propuesta Vial 02	207

	Página
Figura 189 Velocidad de Recorrido con la Propuesta Vial 02	208
Figura 190 Velocidad de recorrido con la Propuesta Vial 02 compuesta por el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda y el Intercambio Diamante Divergente	209
Figura 191 Nivel de servicio de la Propuesta Vial 03	210
Figura 192 Tiempo de Recorrido con la Propuesta Vial 03	211
Figura 193 Velocidad de Recorrido con la Propuesta Vial 03	212
Figura 194 Velocidad de recorrido de la Propuesta Vial 03 compuesta por el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda y el Intercambio Urbano de Punto Único	213
Figura 195 Ejes en la Propuesta Vial 02	215
Figura 196 Vehículos- Intersección Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	216
Figura 197 Dibujo en Planta del Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda. (Istram Ispol)	217
Figura 198 Vehículo de diseño Camión WB-67	218
Figura 199 Vehículo de diseño Remolque Simple C2R1	218
Figura 200 Dibujo en Planta del Intercambio Diamante Divergente (Istram Ispol)	220
Figura 201 Renderizado de la Propuesta Vial Óptima (Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda e Intercambio Diamante Divergente) en Lumion	221
Figura 202 Comparación de Tiempo de Recorrido y Nivel de Servicio	222
Figura 203 Puntos críticos en el Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina	224
Figura 204 Contrastación de Hipótesis Específica 02	226
Figura 205 Contrastación de Hipótesis Específica 03	227
Figura 206 Contrastación de Hipótesis Específica 04	229
Figura 207 Determinación de Propuesta Vial ganadora	232
Figura 208 Fases del Proyecto en Istram	255
Figura 209 Servidores en línea de Imagen Raster	255
Figura 210 Servidor en línea - Google Earth	256
Figura 211 Servidor en línea - Open Street Map	256
Figura 212 Servidor en línea – NASA	257

	Página
Figura 213 Servidores en línea de Imagen Raster	257
Figura 214 Ventana de configuración general en Istram Ispol	258
Figura 215 Radio de curvatura en el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda y el Intercambio Diamante Divergente	258
Figura 216 Herramienta Trayectoria para verificar anchos y sobreamchos	259
Figura 217 Tabla de configuración de anchos de calzada	260
Figura 218 Ejemplo de cálculo de ancho de calzada	260
Figura 219 Tabla de configuración de peralte y bombeo de calzada	260
Figura 220 Calculo del peralte de una calzada	261
Figura 221 Cálculo del bombeo de una calzada	261
Figura 222 Perfil longitudinal del Intercambio Diamante Divergente	261
Figura 223 Anchos de calzada de los ejes trazados	262
Figura 224 Vista en planta del tramo en estudio	262
Figura 225 Sección transversal del Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda	263
Figura 226 Sección Transversal del Intercambio Diamante Divergente	263
Figura 227 Modelo del Intercambio Diamante Divergente importado de Istram	274
Figura 228 Modelo del paso elevado de giro central importado de Istram	274
Figura 229 Aplicación de texturas al modelado en 3D del Intercambio Diamante Divergente	275
Figura 230 Aplicación del tránsito vehicular al lugar de estudio	275

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la situación problemática

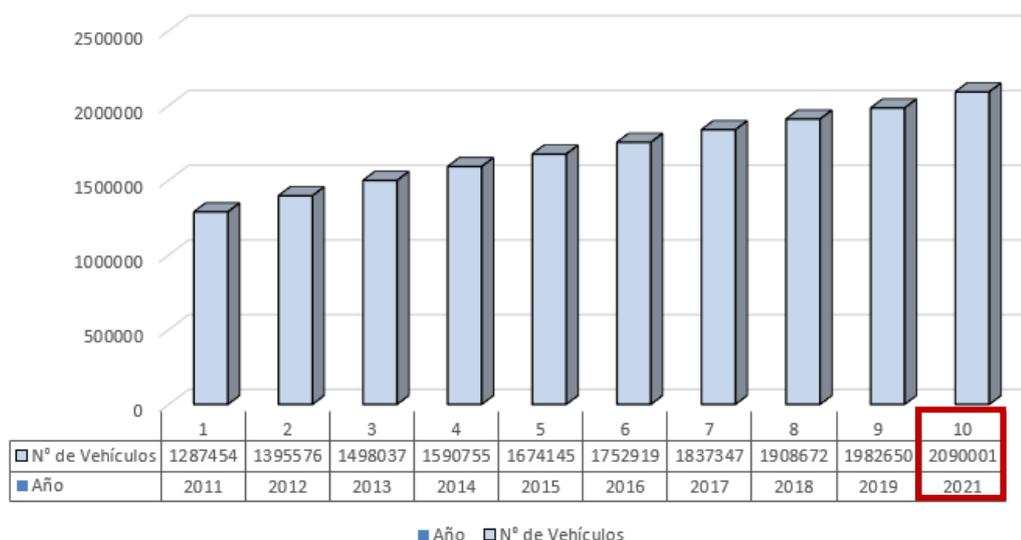
De acuerdo con el Ranking de Tránsito publicado por la compañía TomTom en el año 2021, los índices de congestión vehicular en el mundo están nuevamente al alza, la ciudad más congestionada de las 404 ciudades analizadas es Estambul (Turquía) con 62%, mientras que en Sudamérica encabeza la lista Bogotá (Colombia) con 55% y en segundo lugar se encuentra Lima (Perú) con 42% ello implica que, realizar un viaje tomará un 42% más del tiempo habitual en condiciones de descongestión.

Lima es una ciudad congestionada debido a la “Falta de planificación, acompañada del tráfico generado por la sobrepoblación y la mala logística, diseño e infraestructura de las pistas” (Posada, 2018). De acuerdo al último censo del INEI que fue publicado en el año (2018) , “Lima cuenta con 9,485,405 habitantes”, siendo la ciudad más poblada a nivel nacional por ende se generan más desplazamientos.

Otro factor determinante es el incremento del parque automotor. En la siguiente Tabla se muestra el crecimiento del parque automotor de la ciudad de Lima, durante los últimos 10 años.

Figura 1

Parque Automotor de Lima, por Clase Vehicular



Nota. La tasa de crecimiento promedio es de 5.54%. Tomado de MTC (2021)

Es preciso mencionar que en la ciudad de Lima circulan 2,090,001 vehículos que representan un 65.58% del total de vehículos habidos en Perú. Cabe señalar que, de los más de 2 millones de vehículos, 42.69% son Automóviles, 18.86% son Station Wagon, 13.89% son Camionetas Rural, entre otros.

Por otra parte, el incremento del parque automotor, el reinicio de actividades post confinamiento a causa del Covid-19, el uso excesivo de vehículos particulares, la carencia de proyectos viales integrales, el inadecuado diseño geométrico de las vías, la falta de innovación en los diseños geométricos tradicionales y la escasa educación vial trajeron como consecuencia el desborde de la capacidad de las vías y bajos niveles de servicio.

Ahora bien, según Iván Strebel CEO de la Aplicación Voz Veloz, las avenidas que presentan mayor congestión vehicular en Lima son: la Vía Evitamiento, la Av. El Derby y la Av. Javier Prado que “Muestra una sobrecarga de vehículos que generan retrasos de hasta 45 minutos en su trayecto [...] El horario de mayor tráfico vehicular comprende entre las 7:00 y 8:30 am y, por las tardes entre 6:30 a 8:00 pm”. (Strebel, 2018)

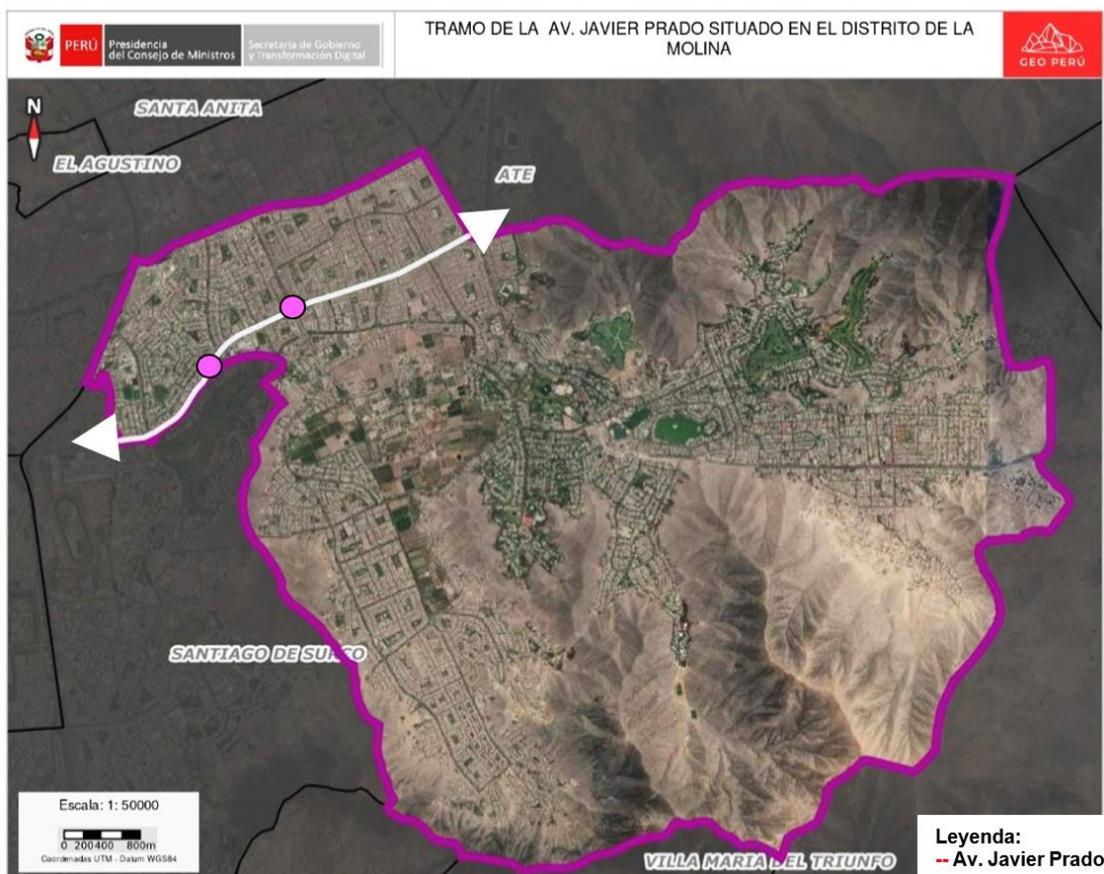
Además, cabe señalar que la Av. Javier Prado se distingue como una vía expresa y es considerada la segunda más extensa de Lima, dado que recorre los Distritos de Ate Vitarte, La Molina, Santiago de Surco, San Borja, San Isidro y Magdalena del Mar.

En torno a su trayecto se encuentran grandes centros comerciales, concesionarias, centros de estudio, restaurantes, bancos, etc.

Es importante mencionar que la Av. Javier Prado Este y la Av. Raúl Ferrero son las principales vías de entrada y salida con las que cuenta el Distrito de La Molina, permiten la conexión de este último con el mercado financiero de la ciudad de Lima. Sin embargo, la vía que presenta mayor volumen vehicular sin duda alguna es la Av. Javier Prado Este, en la siguiente figura se distingue la trayectoria de la Av. Javier Prado Este por el Distrito de La Molina.

Figura 2

Tramo de la Av. Javier Prado situado en el Distrito de La Molina



Nota. Adaptado de Geo Perú (2022)

Es por ello que durante los últimos 30 años se ejecutaron diversas obras con el propósito de mejorar la transitabilidad en el tramo señalado en la figura anterior. Tal es el caso del Intercambio Vial Sur del Trébol de Monterrico, dicha obra tenía como finalidad principal descongestionar el cruce de las Av. Javier Prado Este con la Av. Circunvalación y la Carretera Panamericana Sur que dio vida a la Vía de Evitamiento.

Esta obra de gran envergadura logró mejorar la transitabilidad de la zona en mención, sin embargo, kilómetros más adelante en la dirección (Oeste-Este) se fueron generando nuevos puntos de congestión vehicular a la altura del Óvalo Monitor debido a que rebaso su capacidad de servicio, en las siguientes figuras se puede observar al Tramo comprendido desde el Trébol de Javier Prado hasta el Óvalo Monitor y el incremento del volumen vehicular entre los años 2000 y 2019.

Figura 3

Tramo Trébol de Javier Prado- Óvalo Monitor (2000)



Nota. Se observa el flujo vehicular del año 2000. Tomado de Google Earth (2022)

Figura 4

Tramo Trébol de Javier Prado- Óvalo Monitor (2019)



Nota. Se observa el flujo vehicular del año 2019. Tomado de Google Earth (2022)

En atención a la formación de extensas colas vehiculares en la Av. Javier Prado Este antes y después del Óvalo Monitor, la Municipalidad de Lima a través de EMAPE ejecuto y puso en operación el Paso a Desnivel Óvalo Monitor en mayo del 2022 con el propósito descongestionar el cruce de la Av. Javier Prado Este con la Av. Las Palmeras y la Av. Circunvalación Golf de los Incas. [Ver Anexo 11]

Figura 5

Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar



Nota. Tomado de Andina (2022)

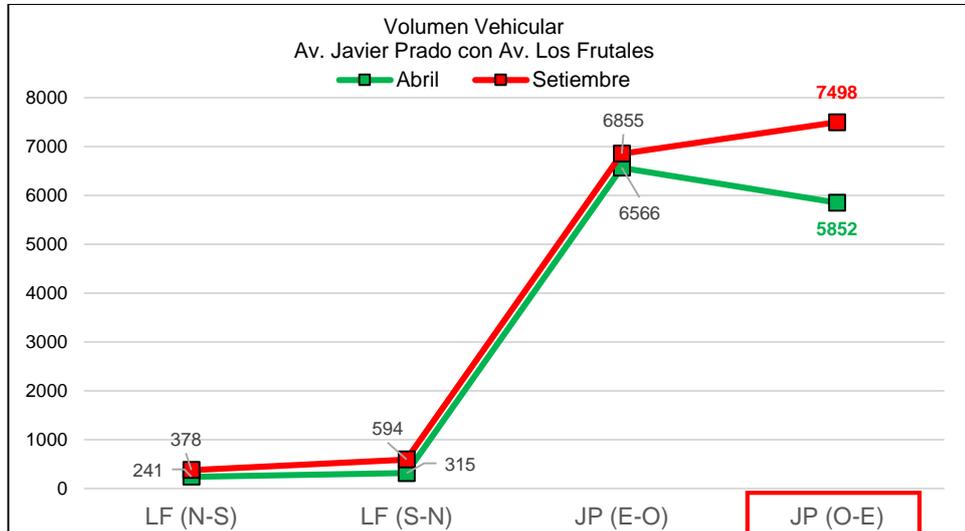
Con el paso a desnivel se logró mejorar el nivel de servicio del Óvalo Monitor, es decir se redujo el tiempo de recorrido y se obtuvo mayor fluidez vehicular. Sin embargo, al ser lo más parecido a un “caño abierto de vehículos”, metros más adelante en el sentido Oeste- Este se incrementó el volumen vehicular de las intersecciones aledañas.

Prueba de ello es el estudio de tráfico que realizaron los autores tanto en el mes de abril antes de la operación del Paso a Desnivel Óvalo Monitor como en el mes de setiembre, meses después de su inauguración.

Producto de estos estudios, se pudo evidenciar que al tener mayor fluidez vehicular en el sentido (Oeste- Este), se han incrementado los volúmenes vehiculares de las ya congestionadas Av. Los Frutales y Av. La Molina que intersecan a la Av. Javier Prado, tal y como se muestra a continuación en los siguientes gráficos.

Figura 6

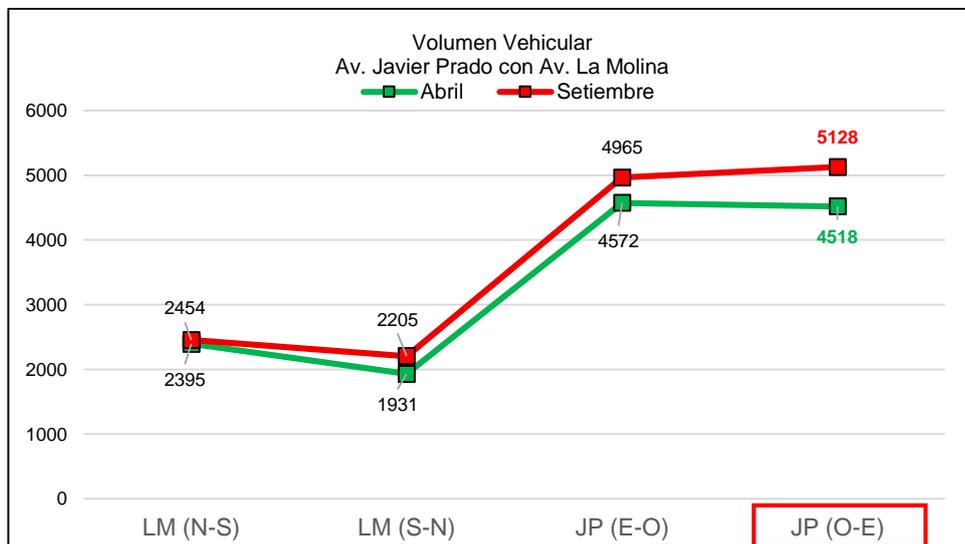
Estudio de tráfico en la Intersección Av. Los Frutales con Av. Javier Prado ante y post operación del Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar.



Nota. Elaborado por los Autores (2022)

Figura 7

Estudio de tráfico en la Intersección Av. La Molina con Av. Javier Prado ante y post operación del Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar.



Nota. Elaborado por los Autores (2022)

Es por ello que la investigación tiene como finalidad optimizar la transitabilidad del Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina, a través del tratamiento de sus intersecciones más críticas en términos de nivel de servicio, tiempo de recorrido, velocidad y longitud de cola. En la siguiente figura se observa el tramo en estudio y sus intersecciones críticas.

Figura 8

Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina



Nota: Tomado de Google Earth (2022). El tramo en estudio está comprendido desde el Paso a Desnivel del Óvalo Monitor Huáscar hasta la intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina.

Figura 9

Intersecciones congestionadas del tramo en estudio.



Nota. Elaborado por los Autores (2022)

La gran mayoría de intersecciones pertenecientes al tramo en estudio presentan diseños tradicionales con 3 o 4 ramales, de forma simple o ensanchada, estos diseños geométricos no responden de manera eficiente a los elevados volúmenes vehiculares que presenta la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

En ese sentido, la presente investigación propone mejoras al diseño vial tradicional de las intersecciones anteriormente señaladas a través de la implementación de diseños innovadores tales como la Intersección de Flujo Continuo (CFI), el Intercambio Diamante Divergente (DDI), y el Intercambio Urbano de un solo Punto (SPUI), a fin de optimizar de manera integral la transitabilidad del tramo en estudio.

Para analizar la influencia de cada una de las propuestas viales en la optimización de la transitabilidad, se modelará y simulará el tramo en estudio en su condición existente y con las propuestas viales, para ello se utilizará el Software Synchro 11, una vez determinada la propuesta vial óptima, se realizará el diseño geométrico.

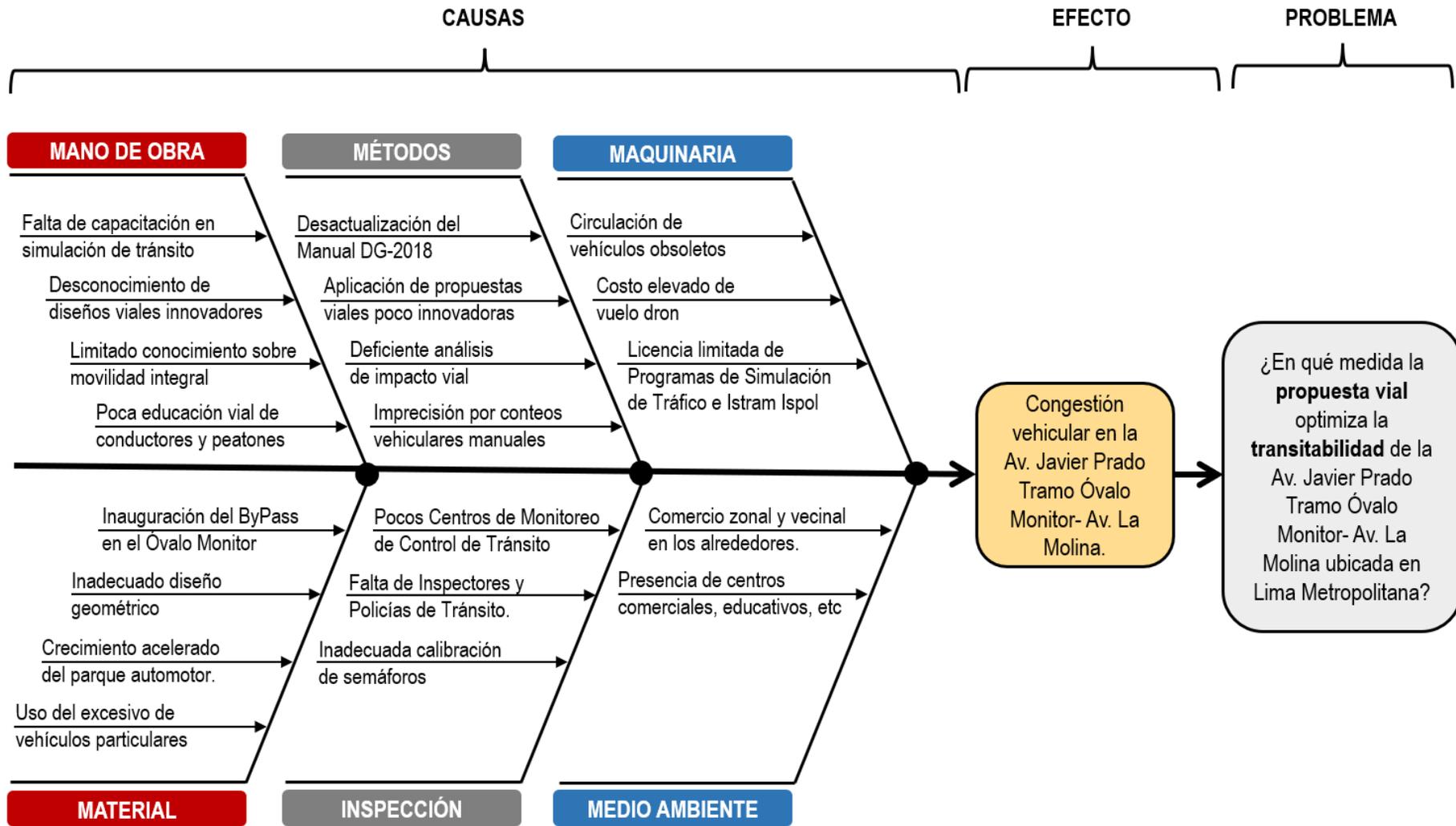
Asimismo, durante el desarrollo de la presente investigación se hará uso de los Manuales proporcionados por el MTC, el Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010, el libro verde “Política de Diseño Geométrico de Carreteras y Calles” de la AASHTO y los Informes de la Administración Federal de Carreteras de EE.UU.

Tomando en consideración todos los puntos anteriormente mencionados, se realizó la consulta a 20 expertos con conocimiento en la materia a fin de elaborar el diagrama de causa- efecto o también llamado diagrama de Ishikawa que se muestra en la Figura N°10

En dicho diagrama se pueden identificar las principales causas de la problemática, asimismo el efecto que estas produce; finalmente se observa la formulación del problema general que guía la presente investigación.

Figura 10

Diagrama de Causa - Efecto



Nota. Elaborado por los autores (2022).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

De acuerdo con lo expuesto en los anteriores párrafos, la pregunta que guía la presente investigación es: ¿En qué medida la propuesta vial optimiza la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina ubicada en Lima Metropolitana?

1.2.2. Problema Específicos

¿De qué manera la identificación de puntos críticos influye en la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina?

¿En qué medida la Propuesta Vial de Intersección de Flujo Continuo en los cruces de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y Av. La Molina influye en la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina?

¿En qué medida la Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina influye en la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina?

¿En qué medida la Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina influye en la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina?

¿En qué medida el diseño geométrico conceptual de la Propuesta Vial ganadora influye en la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina?

1.3. Objetivo general y específicos

1.3.1. Objetivo General

Determinar en qué medida la propuesta vial optimiza la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina ubicada en Lima Metropolitana.

1.3.2. Objetivos Específicos

Identificar puntos críticos para optimizar la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

Determinar en qué medida la Propuesta Vial de Intersección de Flujo Continuo en los cruces de las Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la Av. La Molina influye en la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina

Determinar en qué medida la Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina influye en la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina

Determinar en qué medida la Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina influye en la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina

Elaborar el diseño geométrico conceptual de la propuesta vial ganadora para optimizar la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

Para la investigación, como primera actividad se realizó una encuesta a expertos quienes dieron sus opiniones sobre la importancia del presente tema de investigación, resaltando los aportes que este tema de investigación pueda ofrecer, en la Figura N°11, se muestra un diagrama de las respuestas obtenidas con mayor puntaje:

Tabla 1

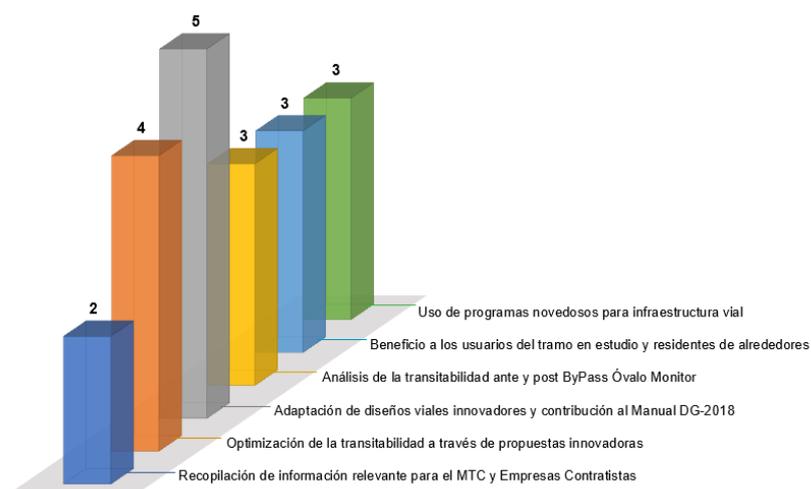
Encuesta a expertos acerca de la importancia del tema de investigación

Criterio de Expertos	N° Expertos	Porcentaje
Recopilación de información relevante para el MTC y Empresas Contratistas	2	10.00%
Optimización de la transitabilidad a través de propuestas innovadoras	4	20.00%
Adaptación de diseños viales innovadores y contribución al Manual DG-2018	5	25.00%
Análisis de la transitabilidad ante y post Bypass Óvalo Monitor	3	15.00%
Beneficio a los usuarios del tramo en estudio y residentes de alrededores	3	15.00%
Uso de programas novedosos para infraestructura vial	3	15.00%
Total	20	100.00%

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 11

Histograma de las respuestas más puntuadas respecto a la importancia del tema de investigación



Nota. Elaborado por los autores (2022).

La investigación es importante porque plantea alternativas innovadoras para dar solución a un problema vigente como es la congestión vehicular y que va en incremento en los últimos años en la ciudad de Lima. Dichas propuestas pretenden incrementar la velocidad de recorrido y disminuir los tiempos de circulación de los vehículos que transitan por el tramo en estudio, de manera que se genere una mayor rentabilidad, productividad, seguridad y confort en los residentes y usuarios de las vías en estudio.

Sobre la Av. Javier Prado-Este se menciona que “es la principal vía de acceso y salida del distrito de La Molina, el cual cuenta con gran tránsito por tener colegios, universidades, centros comerciales y bancos, además de conectarlo con el centro financiero de la ciudad de Lima, al cual se trasladan gran parte en vehículos particulares” (Assina & Masias, 2020).

Con la presente investigación se podrá optimizar la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina, de manera que se beneficie social y económicamente tanto a los usuarios (conductores, pasajeros y peatones) de las vías estudiadas, como a los residentes y visitantes del Distrito de La Molina.

Cabe precisar que la investigación presenta un aporte técnico ya que propone alternativas de solución no tradicionales que ofrecen resultados más eficientes a comparación de los diseños convencionales, y que en un futuro podrían ser ejecutados en el Perú. Asimismo, es importante porque brinda resultados en el tiempo, es decir antes y después de las propuestas planteadas.

La información obtenida será útil para la Municipalidad de La Molina, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, empresas contratistas del rubro de transportes y a los estudiantes de pre y post grado les servirá como antecedente de investigación.

1.5. Impacto potencial de la investigación

1.5.1. Impacto teórico

A través de la revisión de Manuales e Informes de Diseño Vial internacionales, la presente investigación aportará al Manual DG-2018 información acerca de nuevas alternativas de diseño vial que tienen por finalidad optimizar los tiempos de recorrido en vías urbanas mediante un direccionamiento de movimientos vehiculares. Esto permitiría que Perú logre posicionarse como un país competitivo en búsqueda de la innovación y mejora continua de sus diseños e infraestructura vial.

Asimismo, se adaptarán los parámetros de diseño geométrico de propuestas viales innovadoras a los puntos críticos del Tramo Óvalo Monitor-Av. La Molina, para ello se hará uso de los reportes de la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos y el Libro Verde “Políticas de Diseño Geométrico para calles y carreteras” de la AASHTO, donde figuran propuestas como la Intersección de Flujo Continuo, el Intercambio Diamante Divergente o el Intercambio Urbano de un solo Punto.

Es así como permitirá comprender el importante rol que desempeñan los diseños viales en el nivel de servicio de una vía, asimismo se destacará la importancia de ejecutar proyectos integrales donde se evalúe el impacto post construcción de obras viales, como por ejemplo el Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar, a fin de obtener y aportar información acerca de la influencia de estas infraestructuras en el flujo vehicular de las intersecciones aledañas.

Por último, aportará información acerca de la correcta utilización de nuevos instrumentos como drones para el estudio de campo y de tráfico; y softwares como el Synchro Studio11 para la simulación vehicular, Istram Ispol para el diseño geométrico y Lumion para el renderizado y visualización en 3D.

Tabla 2

Impacto Potencial Teórico de la Investigación

Impacto Potencial Teórico			
Aportará al Manual DG-2018 información acerca de nuevas alternativas de diseño vial	Adaptarán los parámetros de diseño geométrico de propuestas viales innovadoras	Aportará información acerca de la influencia de obras viales en el flujo vehicular de las vías aledañas.	Aportará información acerca de la correcta utilización de diferentes instrumentos y softwares.

Nota. Elaborado por los autores (2022)

1.5.2. Impacto práctico

La investigación servirá como base para que en un futuro no tan lejano se ejecuten diseños viales innovadores en Perú, de modo que internacionalmente logre posicionarse como un país altamente competitivo que apuesta por la innovación permanente en el rubro de infraestructura vial.

De llegarse a ejecutar se podrá resolver el problema de la congestión vehicular del tramo en estudio, y a su vez se podrá optimizar la transitabilidad de diversos puntos críticos de la ciudad de Lima como de las Regiones del Perú y por defecto se reducirá el consumo y gastos destinados a la adquisición de combustible, asimismo se minimizarían las emisiones de CO2.

Con ello se podría beneficiar directamente a los usuarios (conductores, pasajeros y peatones) de la Vía Expresa Javier Prado como también a los residentes del Distrito de La Molina, Santiago de Surco y alrededores.

También será beneficiará indirectamente a Empresas Contratistas, Entidades Públicas como el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Gobiernos Regionales y Distritales, y Organizaciones sin fines de lucro como la Asociación Cruzada vial que ejecutan o investigan proyectos viales. Asimismo, servirá como precedente/antecedente de futuros estudios que beneficien a la comunidad estudiantil.

Tabla 3

Impacto Potencial Práctico de la Investigación

Impacto Potencial Práctico					
Servirá como base para que en un futuro no tan lejano se ejecuten diseños viales innovadores en Perú	Resolverá el problema de la congestión vehicular del tramo en estudio y de diversos puntos críticos de la ciudad de Lima como de las Regiones del Perú.	Beneficiará directamente a los usuarios (conductores, pasajeros y peatones) de la Vía Expresa Javier Prado como también a los residentes.	Beneficiará indirectamente a Empresas Contratistas, Entidades Públicas, y Organizaciones sin fines de lucro que ejecutan o investigan proyectos viales.	Reducirá el consumo y gastos destinados a la adquisición de combustible, asimismo se minimizarían las emisiones de CO2.	Servirá como precedente / antecedente de futuros estudios que beneficien a la comunidad estudiantil.

Nota. Elaborado por los autores (2022)

1.6. Alcance y Limitaciones de la investigación

La investigación plantea propuestas viales en la Avenida Javier Prado Este, Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina con la finalidad de optimizar la transitabilidad en términos de velocidad, tiempo de recorrido y nivel de servicio. Asimismo, servirá como un precedente para futuras investigaciones.

Dentro de las limitaciones, se encuentra la poca de información acerca de las propuestas viales no tradicionales dentro del manual de diseño geométrico peruano, por lo que se hará uso del Libro Verde “Políticas de Diseño Geométrico para calles y carreteras” de la AASHTO y los Reportes de la Administración Federal de Carreteras, estos documentos se encuentran en inglés por lo que se deberá traducir generando algunos inconvenientes durante la interpretación. Otra delimitación que se tiene es el poco dominio del programa Synchro Studio 11.0 e Istram Ispol, sin embargo, para superar este último inconveniente se ha previsto la inversión en capacitaciones externas a la Universidad.

1.7. Viabilidad de la investigación

Se realizarán estudios de campo y de tráfico, estos se ajustan a los recursos con los que se dispone; la información obtenida servirá para realizar el modelamiento y evaluación de propuestas viales en el programa Synchro Studio 11.0 (licencia libre), determinada la propuesta óptima se realizará el diseño geométrico en el programa Istram Ispol (licencia educativa).

1.7.1. Viabilidad Técnica

En la investigación se realizará el modelamiento y simulación de diferentes propuestas viales a través del programa Synchro Studio 11, para ello fue necesario utilizar el DG-2018, el Manual de Puentes y la guía de uso de los programas; adicional a ello se hará uso de la información proveniente de los reportes de la AASHTO, FHWA, HCM, y también se tendrá en cuenta los repositorios de la universidades tanto nacionales como internacionales que guarden relación con el presente tema de investigación. Los documentos y programas mencionados son de libre acceso por lo que se podrá trabajar sin mayores inconvenientes.

1.7.2. Viabilidad Económica

En el presente trabajo de investigación se realizarán estudios de campo como también de tráfico, para ello será necesario el uso de Manuales proporcionados por el MTC, equipos topográficos, vuelos dron y capacitaciones para su correcta manipulación. Todo lo anteriormente mencionado se encuentra acorde al presupuesto previsto por los autores.

1.7.3. Viabilidad Social

La investigación es oportuna debido a que beneficiará a los vecinos y residentes del Distrito de La Molina, asimismo a los visitantes que acuden a los centros comerciales, colegios, universidades, entre otros puntos próximos al tramo en estudio. Los estudios para realizarse no son invasivos por lo que no generará perjuicio alguno a los ciudadanos.

1.7.4. Viabilidad Ambiental

Se considera viable ya que los estudios que se realizarán no generarán alteraciones en el lugar de estudio, dado a que estos no implican exploraciones, sino que tienen un carácter descriptivo, explicativo y visual.

Si la propuesta resultase viable y se llegará a ejecutar, si generará alteraciones en el medio donde sea construido, debido a que modificará el terreno, el desplazamiento rutinario de los usuarios de la vía y provocará la remoción y reubicación de los árboles de la zona, entre otros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Ramadhan, R. (2019) en su tesis “Comparación de Intercambio Urbano de Punto Único e Intercambio Diamante Divergente mediante simulación” Estudio para optar el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Civil, Universidad de Dayton- Estados Unidos. La presente investigación tuvo por objetivo comparar la eficiencia del Intercambio Urbano de Punto Único (SPUI), Intercambio Diamante Divergente (DDI) y el Intercambio Diamante Convencional (CDI) I-75 en condiciones existentes y con modificaciones en la sincronización del semáforo, a fin de identificar el diseño de intercambio que mejor funciona en términos de transitabilidad. La tesis es de carácter aplicativo, se brindan resultados numéricos por lo que es cuantitativo y en vista de que se realizan simulaciones es explicativo de diseño cuasi experimental. Ahora bien, para la recolección de información se utilizó la técnica de recolección, los datos del Intercambio Diamante Convencional I-75 se obtuvieron del Departamento de Transporte (ODOT), el volumen vehicular/hora de la hora pico se obtuvo del Sistema de Gestión de Datos del Sistema de Transporte. En cuanto al procesamiento, en primer lugar, se realizó la sincronización del semáforo de las tres propuestas más la condición existente en el Software Synchro 10 con dicha información se realizó la microsimulación en el software PTV Vissim. Como muestra se tuvo al Intercambio Diamante Convencional (CDI) ubicada entre las carreteras I-75 y Austin Boulevard en la ciudad Miamisburg, condado de Montgomery, estado estadounidense de Ohio. Finalmente se determinaron los siguientes resultados sobre de las medidas de eficiencia (MOE), respecto a la demora promedio se obtuvo: CDI existente (261seg), CDI modificado (35seg), SPUI (29seg), DDI (16seg), en cuanto a la longitud de cola se obtuvo: CDI existente (323ft), CDI modificado (63ft), SPUI (42ft), DDI (33ft=10m) y finalmente como nivel de servicio se obtuvo CDI existente (D), CDI modificado (D), SPUI (C), DDI (B); es decir la propuesta que optimizó la transitabilidad de manera más eficiente fue el Intercambio Diamante Divergente (DDI).

Jewel, J. et al (2022) desarrollaron la investigación “Análisis comparativo de intercambios innovadores: Intercambio Urbano de un solo Punto, Intersección de Flujo Continuo e Intercambio de Diamante Divergente” expuesta en la Conferencia Internacional de sobre Transporte y Desarrollo 2022 en representación de la Universidad de Texas de San Antonio y del Grupo de Ingeniería Jacobs- Estados Unidos. La investigación tuvo por objetivo comparar el rendimiento operacional de un Intercambio Diamante Convencional (CDI) junto con tres propuestas innovadoras: Intercambio de un solo Punto (SPUI), Intercambio Diamante Divergente (DDI) e Intersección de Flujo Continuo (CFI). Cabe precisar que el artículo presenta un nivel exploratorio, se realizan simulaciones por ello es experimental y cuantitativa. Ahora bien, el volumen vehicular / hora en condiciones actuales y proyectadas fue recolectado del artículo "Comparación de rendimiento operativo de cuatro diseños de intersección no convencionales mediante microsimulación" de los autores Autey et al. Por otro lado, para procesar, modelar los diseños y simular el tráfico vehicular se hizo uso del software Synchro 10.0; producto del ello se obtuvo como resultado un nivel de servicio C para el CDI y un nivel de servicio B para las propuestas innovadoras como el SPUI, DDI, CFI con una demora de 21seg, 30seg, 29 seg respectivamente; en conclusión, el Intercambio Urbano de un solo Punto (SPUI) tiene un mejor rendimiento operacional de las propuestas analizadas.

Muchlisin, M. (2019) desarrolló la investigación “Modelado de una intersección no convencional mediante el uso de un Intercambio Urbano de Punto Único con PTV.VISSIM” expuesta en el Tercer Congreso Internacional de Innovación Sostenible Tecnología e Ingeniería (IcoSITE) en representación de la Universidad Muhammadiyah Yogyakarta- Indonesia.

El objetivo fue determinar la influencia de la propuesta de Intercambio Urbano de un solo Punto (SPUI) predeterminado y modificado en el nivel de servicio de la Intersección de Kentungan en Yogyakarta, Indonesia. La investigación es de carácter aplicativo, se brindan resultados numéricos por lo que es cuantitativo, cuenta con un diseño experimental y un nivel correlacional.

Ahora bien, durante la recopilación de información se usó el método de la observación a fin determinar los puntos de conflicto de la intersección, asimismo se realizó el estudio de tráfico haciendo uso de la clasificación de

Bina Marga a fin determinar el volumen de vehículo/hora y la capacidad de la intersección, y se efectuó el levantamiento topográfico a fin de conocer las dimensiones de las vías en estudio. Respecto al procesamiento de información fue necesario realizar la calibración del comportamiento del conductor en PTV Vissim, para después realizar un adecuado modelamiento de la condición existente, del SPUI predeterminado y el SPUI modificado, luego a través del método de regresión lineal se realizó la validación de datos. Se evaluó la calle Kaliurang del subdistrito de Depok, provincia de Yogyakarta y como muestra se tuvo a la intersección Ketungan, una de las intersecciones de Yogyakarta más congestionadas y que tiene largas colas horas punta. Finalmente, la propuesta que ofrecía mejores resultados fue el SPUI modificado con 30.3seg de retraso y nivel de servicio D, en segundo lugar, quedo el SPUI predeterminado con 32.5seg de retraso y nivel de servicio D, la intersección en condiciones existentes obtuvo 104.8seg de retraso y un nivel de servicio F; cabe precisar que la hora punta fue entre las 16:45pm y las 17:45pm con un volumen total de 19361 veh/hora.

Mogalli M. et al (2019) desarrolló la investigación “Comparación entre el Intercambio de Diamante Divergente y el Intercambio de Diamante Convencional” presentada en la Academia Mundial de Ciencias, Ingeniería y Tecnología. El objetivo fue comparar la funcionabilidad operacional del Intercambio Diamante Divergente en dos Intercambios Diamante Convencional ubicados en la ciudad de Riyadh, Arabia Saudita. La investigación es de tipo aplicada, correlacional y experimental, brinda resultados numéricos. Ahora bien, se recolectó información acerca de las características geométricas del intercambio en condiciones existentes en los departamentos gubernamentales de la ciudad, por otra parte, el estudio de tráfico se realizó de manera manual a través del uso de cámaras de vídeo. Para procesar los flujogramas previamente se requirió de la validación de datos, es decir la calibración de los datos reales y modelados en el software Synhcro 10. La muestra de la presente investigación estuvo conformada por dos Intercambios viales, el primero (M) ubicado en el cruce de la Carretera La Meca con Príncipe Turki, el segundo (K) ubicado en el cruce de la Carretera Khaled con Príncipe Saud ambos ubicados en la ciudad de Riyadh, Arabia Saudita. En cuanto a los resultados el intercambio M en condiciones

existentes obtuvo una demora por vehículo de 84.2 seg mientras que la propuesta DDI obtuvo una demora por vehículo de 31.8 seg; asimismo el intercambio K en condiciones existentes obtuvo una demora por vehículo de 75 seg mientras que la propuesta DDI obtuvo una demora por vehículo de 22.2 seg, en conclusión el Intercambio Diamante Divergente da mejores resultados que el Intercambio Diamante Convencional en términos de demora, longitud de cola y números de parada.

Park, S. (2017) “Análisis de sensibilidad del desempeño operacional bajo intercambio convencional de diamantes y Intercambio de Diamante Divergente” La investigación tuvo como objetivo comparar el nivel de servicio de un Intercambio Diamante Convencional I-85 en Norcross, Georgia con una propuesta de Intercambio de Diamante Divergente. La investigación tiene un enfoque cuantitativo es de tipo aplicada, explicativa y experimental. Para la recolección de datos se empleó la técnica de conteo vehicular, inspección visual y se utilizó al Sistema de gestión de datos de transporte a fin de obtener los conteos de los giros en hora pico. Ahora bien, durante el procesamiento de la información se emplearon los softwares Synchro 10 para la optimización de semáforos y PTV Vissim 11 para la microsimulación, y como guía para el diseño geométrico se utilizó el libro “Una política sobre diseño geométrico de carreteras y calles” de la AASHTO e Investigaciones previas acerca de los intercambios en estudio. Como muestra se tuvo al Intercambio Diamante Convencional I-85 de Jimmy Carter Boulevard en Norcross, Georgia

De acuerdo con el análisis realizado se obtuvo como resultado que el Intercambio Diamante Convencional es idóneo en intersecciones con poco tráfico y volúmen de giro a la izquierda por debajo del 30% de la demanda total de tráfico. Por otro lado, el Intercambio de Diamante Divergente es más óptimo en lugares con mayor congestión vehicular y volúmenes de giro a la izquierda superiores al 50% de la demanda total.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Vertiz, J. & Ramon, V. (2020) desarrolló la investigación “Propuesta de mejora de niveles de servicio en la intersección vial entre la carretera Panamericana Sur km 37.5 y el puente Arica en la ciudad de Lima” estudio para optar el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas. La presente investigación tuvo por objetivo optimizar los niveles de servicio en el cruce de la Carretera Panamericana Sur (exactamente en el km 37.5) con el Puente Arica de la ciudad de Lima, para ello se evaluarán 7 mejoras viales. La investigación tiene un enfoque cuantitativo es de tipo aplicada, explicativa y experimental. Para la obtención de datos se utilizó técnicas de observación y recolección a fin de efectuarse el estudio de tráfico, estudio de campo, estudio topográfico; para ello se utilizó contadores manuales, formatos de conteo, estación total. En cuanto al procesamiento de datos, se realizó el modelamiento y simulación de la Intersección estudiada en condiciones existentes y con las mejoras viales propuestas en la investigación, para ello se hizo uso del software Synchro 8.0. Como muestra se tiene a la intersección del km 37.5 de la carretera Panamericana Sur con el Puente Arica en la ciudad de Lima. Ahora bien, como resultado se obtuvo que la Intersección en su condición existente presenta un nivel de servicio F tanto en el sentido Este como Oeste; en cuanto a las mejoras viales, se destacaron dos: la propuesta de Intersección semaforizada con carril exclusivo de giro a la derecha que obtuvo un nivel de servicio “A” en ambos sentidos, en el escenario proyectado a 5 años obtuvo un nivel de servicio “B” para el Este y “C” para el Oeste. La segunda es la propuesta de Intercambio Diamante Divergente que obtuvo un nivel de servicio “A” para el sentido Este y “B” para el sentido Oeste, en el escenario proyectado a 5 años obtuvo un nivel de servicio “A” para el Este y “C” para el Oeste. Se concluye que la propuesta vial óptima es el Intercambio Diamante Divergente ya que posee resultados más estables incluso con una proyección a 10 años. También se concluye que a pesar de que el ciclo semafórico dure más tiempo no es sinónimo de mejora, todo lo contrario, ocasiona mayor problema.

Rios, E. (2018) desarrolló la investigación “Modelación del tránsito y propuesta de solución vial a la Avenida Cáceres con Infracore y Synchro 8”; tuvo como objetivo diagnosticar de la situación actual de la Av. Cáceres a fin de plantear soluciones a mediano y largo plazo desde un enfoque técnico y económico. La investigación tiene un enfoque cuantitativo es de tipo aplicada, explicativa y experimental. Para el desarrollo de la investigación se realizó un estudio de campo mediante la inspección visual, se hizo mediciones geométricas, análisis de ciclos semafóricos, seguidamente se realizó un levantamiento topográfico con una estación total, un estudio de tráfico utilizando herramientas como contador manual, formatos de conteo impreso, cámara filmadora; para el procesamiento de información se usó programas como el Excel, softwares Synchro 8.0 e Infracore para la simulación y modelamiento del tráfico, manuales como el HCM 2010 y MTC DG-2018. Se evaluó la Avenida Andrés Avelino, tramo Óvalo Cáceres - Puente Cáceres ubicada en la ciudad de Piura y se tomó como muestra las avenidas Sánchez Cerro, Vice, Sullana, Ramón Mugica y San Ramón que intersecan con la Av. Cáceres.

Finalmente, la avenida en su situación actual obtuvo como una demora igual a 905 horas diarias, velocidad de 9 km/hr y un nivel de servicio F.

Ahora bien, la propuesta de gestión de tránsito (semaforización, señalización y cambios geométricos menores) aplicado a la intersección de la Av. Cáceres con las avenidas Vice, Sullana, Ramón Mugica y San Ramón obtuvieron un nivel de servicio “B”, los tiempos de demora total se redujeron en un 92 % y la velocidad a lo largo de la vía paso de 9 km/hr a 35 km/hr. Por otra parte, la propuesta de una Intersección de Flujo Continuo implementada a la intersección de las Av. Cáceres con la Av. Raúl Mugica y en el Óvalo Cáceres obtuvo un nivel de servicio “A”, determinándose como la más eficiente.

Chuco, B. & Perez, C. (2020) desarrolló la investigación “Análisis experimental de intersecciones amplias tipo cruz en base a la metodología de flujo continuo, caso avenida república de Venezuela con la avenida Aurelio García y García”. Estudio para optar el título de Ingeniero Civil por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. La presente investigación tuvo por objetivo reducir los puntos de conflictos y el tiempo de recorrido mediante un análisis experimental en base a la geometría de Intersecciones de Flujo Continuo. Cabe precisar que el artículo presenta un enfoque cuantitativo es de tipo aplicada, explicativo- procedimental y de diseño experimental. Como muestra se tuvo a la Avenida República de Venezuela con la Avenida Aurelio García y García.

Se realizó un estudio de campo, de tráfico y de topografía (observación, contador manual, formatos de conteo, equipos topográficos). En cuanto al procesamiento, en primer lugar, se realizó el procesamiento del conteo vehicular mediante hojas Excel, seguidamente se hizo uso del software Synchro 8.0 para el modelamiento y determinación de la propuesta óptima.

Finalmente se determinó que la propuesta de intersección de flujo continuo con delineadores elevados disminuyó los puntos de conflicto con respecto al intersección convencional tipo cruz, de 58 a 8 puntos de conflicto; los tiempos de recorrido de los giros a la izquierda se redujeron en 4.20 seg. en el sentido Oeste y 9.79 seg. en el sentido este; con respecto a la capacidad operacional incrementó en un 33.85%, ya que la capacidad durante 15 min. antes era de 322 veh. Y con la propuesta subió a 431 veh.

Morales, J. & Tantalean, K. (2021) desarrolló la investigación “Propuesta de diseño de una intersección doble diamante modificada multimodal en el cruce de las Avenidas Salaverry-Cádiz y Jirón Huiracocha, Lima”; tuvo como objetivo proponer un diseño vial para reducir la congestión vehicular y optimizar el desplazamiento peatonal en la intersección de las avenidas en estudio. La investigación es aplicada, de diseño explicativo-experimental. Se realizaron estudios de campo y de tráfico, para el procesamiento de información se hizo uso de hojas Excel y software de micro simulación. Se concluyó que debido a la gran cantidad de vehículos que presenta la intersección en estudio, las mejoras de una propuesta de intersección Doble Diamante Multimodal no son tan apreciables, teniendo

como resultado una longitud de cola hasta de 439 m; con respecto a los tiempos de viaje en el mejor de los casos hay una variación de 36 segundos con respecto a la situación actual. Para la implementación de la propuesta, se hizo una serie de modificaciones que dio como resultado una mejora del 7% en el tránsito vehicular y 70% peatonal con respecto a la situación actual.

Castillo, C. & Olaya, Y. (2021) desarrolló la investigación “Estudio y propuesta de mejora de la transitabilidad vehicular y peatonal en la Av. Ignacia Schaeffer del distrito de Tambogrande – Piura - Piura” Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Privada Antenor Orrego. La presente investigación tuvo por objetivo realizar el estudio de tráfico para obtener una propuesta de mejora de la transitabilidad vehicular y peatonal. La tesis presenta un enfoque cuantitativo, tipo analítico, diseño no experimental, nivel descriptivo. La muestra está compuesta por los vehículos y peatones que transitan por la Av. Ignacia Schaeffer con la calle Catacaos, con la calle Frías y con la calle Arambulu Santin. Respecto al procedimiento se realizaron estudios de campo y de tráfico a fin de determinar el volumen vehicular, para el procesamiento de datos, se utilizó Synchro 8.0., producto de la simulación se obtuvo un nivel de servicio C, B y D en la Av. Ignacia Schaeffer con las calles Catacaos, Frías y Arambulú respectivamente. Se concluyó que los factores como ancho de calzada, calidad de la superficie de rodadura, mala señalización también influye en los NS. Reducir los ciclos semafóricos en dichas intersecciones aumentaría el nivel de servicio que daría como resultado mayor fluidez vehicular y la falta de una buena señalización es un problema que causa mucho desorden en la transitabilidad de los vehículos.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Flujo vehicular

El flujo vehicular, según Gibson (2001) “es el número de vehículos que atraviesan una determinada sección de la vía por unidad de tiempo: $q=m/t$ ” Generalmente se caracteriza como flujo vehicular continuo y discontinuo.

Según (Mozo, 2011) usualmente en carreteras se observa un flujo continuo, debido a que el desplazamiento vehicular es continuo y durante el recorrido no se presentan elementos externos que interrumpan el tránsito, como semáforos o señales verticales y horizontales que frenan la circulación.

Por otra parte, el flujo discontinuo también conocido como interrumpido, se presenta frecuentemente en vías urbanas, en este tipo de flujo vehicular las intersecciones presentan elementos externos tales como semáforos, señales verticales y horizontales que frenan la circulación, entre otros, de modo que se altera el desplazamiento natural de los vehículos.

Figura 12

Comparación del Flujo continuo y discontinuo



Nota. Tomado de Google (2022).

2.2.1.1. Tipos de flujo de vehicular en autopistas

El flujo de tránsito en un tramo de autopista se puede caracterizar de la siguiente manera:

2.2.1.1.1. Flujo libre

De acuerdo con Felizia & Felizia (2018) es una condición en donde no presenta cuellos de botella, los vehículos se desplazan en un rango de

velocidad de 90 a 120 km/hora con volumen moderado y 70 a 100 km/hora con volúmenes equivalentes altos.

2.2.1.1.2. Flujo de dispersión de cola

Es la circulación de vehículos de 2000 a 2300 veh/hora/carril a una velocidad de 55 Km/hora, se da después de pasar por un cuello de botella y estas empiezan acelerar hasta alcanzar velocidades en condiciones de flujo libre. Acotando a ello, “la descarga de la cola se caracteriza por un flujo relativamente estable, siempre y cuando no exista el efecto de otro cuello de botella aguas abajo” (Felizia & Felizia, 2018)

2.2.1.1.3. Flujo de congestión

Congestión producto del estancamiento de vehículos aguas abajo, donde el volumen y la velocidad varían y se forma extensas colas (Felizia & Felizia, 2018).

Ello trae consigo “incrementos de tiempos de viaje, de consumo de combustibles, de otros costos de operación y de polución atmosférica” (CEPAL, 2003)

2.2.1.2. Factores que generan congestión vehicular

La velocidad puede incrementarse o disminuir por diferentes causas, como las que se mencionan a continuación:

2.2.1.2.1. Ancho de carril

Si el ancho del carril es menor a 3.60m, la distancia que separa horizontalmente a los vehículos se reduce, impidiendo que un vehículo adelante a otro.

2.2.1.2.2. Intensidad de intercambios.

Los intercambios son soluciones viales que reparten el flujo vehicular en diferentes niveles, son eficientes tanto para zonas rurales como urbanas, sin embargo, en ciudades metropolitanas los intercambios viales se encuentran unos a continuación de otros, ocasionando en los ingresos una afectación a la velocidad, disminuyéndola progresivamente. De acuerdo con Felizia & Felizia “La distancia promedio ideal entre intercambiadores, para un tramo de autopista razonablemente largo (ocho a diez kilómetros) es de tres kilómetros o más. La mínima distancia promedio entre intercambiadores que se considera posible, aunque altamente improbable mantener, es de 1 km” (2018).

Figura 13

Intensidad de intercambios



Nota. Ubicación Springfield, EE.UU. Tomado de Google Earth (2022)

2.2.1.2.3. Presencia de Vehículos Pesados.

Tales como el ómnibus o el camión, ambos afectan de manera significativa a la velocidad en flujo libre debido a sus grandes dimensiones y a la reducida velocidad con la que circulan, caso contrario sucede con los automóviles que son más pequeños y operan a velocidades altas, esta diferencia genera discontinuidades en el flujo regular de tránsito.

2.2.1.2.4. Presencia de conductores no habituales.

Los conductores que se encuentran habituados a circular por una determinada vía tardarán menos tiempo en llegar a su destino final a comparación de los conductores “turistas” que al no encontrarse habituados a recorrer dichas vías son propensos a realizar malas maniobras que provocarían obstrucción al flujo libre.

2.2.1.3. Parámetros de eficiencia del flujo vehicular

Mozo Sánchez (2011) menciona que las tres características primordiales del flujo vehicular son: “La velocidad, el volumen o intensidad de tránsito y la densidad” Estas permiten conocer el grado de eficiencia operacional que presenta una determinada vía en estudio, es decir permiten determinar el nivel de servicio de un determinado tramo de vía.

2.2.1.3.1. Velocidad

Variable no constante, referido a la distancia recorrida en un determinado tiempo empleado para realizar dicho recorrido, su unidad usualmente es el (km/h). Cuanto mayor sea la velocidad requerida, mayor será la dimensión de los elementos de la vía y menor sus curvaturas e inclinaciones. Controlar y regular la velocidad tiene como fin, establecer un equilibrio perfecto entre la vía, el usuario y el vehículo, de manera que la seguridad esté garantizada.

2.2.1.3.2. Volumen vehicular

Es la relación entre la cantidad de vehículos que circulan por un determinado punto con el tiempo empleado para realizar dicho recorrido. Su unidad frecuentemente es #vehículos/hora. A través del conteo vehicular se puede estimar el volumen máximo horario, más conocido como hora pico (Cerquera Escobar, 2007). Dentro de la hora pico, el flujo vehicular no es constante. Este factor se puede calcular a través de una fórmula o tabla.

Tabla 4

Factor de Hora Pico FHP

Volumen horario total veh/h	Factor de pico horario	Volumen horario total veh/h (C60)	Factor de pico horario
100	0.68	1600	0.90
200	0.70	1800	0.92
300	0.72	2000	0.93
400	0.74	2200	0.95
600	0.78	2400	0.95
800	0.81	2600	0.96
1000	0.84	2800	0.97
1200	0.86	>=3000	0.97
1400	0.89		

Nota. Se puede emplear la fórmula: Factor de Hora Pico= VHMD (qmáx15min x 4)

Tomado de Manual de Capacidad y Niveles de Servicio (2022).

El Factor Hora Pico “es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Si este valor es igual a 1 significa uniformidad, en cambio valores muy pequeños indicarán concentraciones de flujos máximos” (Mozo, 2011).

2.2.1.3.3. Densidad

Se refiere a la cantidad de vehículos que circulan por un determinado tramo de vía o carril en específico. Su unidad frecuentemente es (#veh/km).

2.2.2. Capacidad y nivel de servicio

2.2.2.1. Capacidad de servicio

De acuerdo con (Felizia & Felizia, 2018), la capacidad vial representa la cantidad máxima de vehículos que pueden pasar por un punto o tramo de vía durante un determinado lapso, dicha cantidad debe ser lo más razonable posible de manera que prevalezca la infraestructura vial, la transitabilidad y la calidad de operación.

Ahora bien, según Cerquera (2007) una vía catalogada como ideal presenta las siguientes características:

- Tránsito equitativo en ambas direcciones.
- Ancho de carril no menor de 3.65m
- Distancia de bermas de 1.80m
- Velocidad de 100 km/h para vías de 2 carriles y de 110km/h para autopistas.
- Flujo compuesto por vehículos ligeros
- Escasez de vehículos pesados
- Pavimento en buen estado
- Visibilidad adecuada para adelantar
- Óptima señalización horizontal y vertical
- Terreno plano y nivel horizontal

2.2.2.2. Nivel de servicio

Se define así a la calidad de servicio que brinda una carretera a los vehículos y ocupantes. Al igual que la velocidad, la libertad de manejo y la cercanía con otros vehículos son factores relevantes a la hora de evaluar la eficiencia de circulación y los niveles de servicio.

“Los niveles de servicio se han definido de forma tal que representen rangos razonables de las tres variables: velocidad de marcha, densidad y volumen equivalente” (Felizia & Felizia, 2018).

a. Nivel de Servicio A

Es la circulación de tránsito libre con un adecuado diseño geométrico, donde el conductor se siente cómodo y tiene la capacidad de maniobrar libremente e ir a velocidades deseadas; como resultado de la buena circulación no se forman congestión ni longitudes de cola.

b. Nivel de Servicio B

Es la circulación con impedimentos al flujo libre; hay poca restricción de maniobrabilidad, el conductor se encuentra en un grado de bienestar sobresaliente, se observa pequeños percances superiores al nivel A, pero se resuelven casi inmediatamente.

c. Nivel de Servicio C

Condición donde aún la circulación es estable, acompañado del incremento del volumen vehicular, maniobrabilidad reducida, lo que incita al conductor a tener mayor cuidado y atención. Ello provoca pequeñas obstrucciones causando mayores daños del nivel de servicio.

d. Nivel de Servicio D

Condición donde la circulación es inestable, a causa de un aumento diminuto del volumen vehicular, pequeños sucesos que generan colas y una baja maniobrabilidad, donde también disminuye el bienestar del conductor tanto físico como mental.

e. Nivel de Servicio E

La circulación de tránsito funciona a capacidad; debido a que existe poco espacio libre en la circulación, la operación es muy inestable, incluso la perturbación más pequeña no se puede prevenir. Cualquier incidencia provocará graves cierres y colas. La movilidad es muy limitada y el conductor posee un nivel de confort reducido.

f. Nivel de Servicio F

Pertenece a un movimiento forzado o interrumpido. Estas situaciones suelen darse en colas formadas por descansos. Estos cortes ocurren por una variedad de razones:

- a. Accidentes de tránsito tráfico
- b. Zonas donde hay convergencia o entrecruzamientos

A fin de mejorar la capacidad y los niveles de servicio, a lo largo de los años se han propuesto diferentes medidas ingenieriles, como la calibración semafórica, los rediseños viales a nivel, la construcción de intercambios viales, entre otros.

2.2.3. Señales de Tránsito

2.2.3.1. Semaforización

Referido aun un conjunto de aparatos electrónicos que tienen la finalidad de controlar los tiempos de salida o pare del tránsito de una determinada vía, los tiempos de verde, ámbar y rojo se agrupan en ciclos semafóricos que constan de las siguientes fases:

Verde, tiempo que permite el desplazamiento de los vehículos por un determinado tiempo.

Ámbar, tiempo que sede el paso al paso de los peatones y del mismo modo detienen a los vehículos.

Rojo, tiempo que detiene el desplazamiento de los vehículos por un determinado tiempo.

Dentro de los tipos de semáforos se distinguen a los semáforos de tránsito vehicular con tiempos fijos, tiempos sincronizados o adaptados al desplazamiento vehicular; finalmente están los semáforos peatonales.

Figura 14

Semáforo de control vehicular y peatonal



Nota. Elaborado por los autores (2022).

2.2.3.2. Señalización

Elementos visuales que tienen por finalidad poner en regla el tránsito tanto vehicular como peatonal, informar a los transeúntes y prevenir de cualquier peligro dentro o alrededor de las vías y carretas.

La señalización puede ser horizontal, que es la demarcación de símbolo o palabras sobre el pavimento o una señalización vertical, elementos verticales que están a la vista de los transeúntes de una vía.

Figura 15

Señalización Horizontal y vertical



Nota. Elaborado por los autores (2022).

2.2.4. Intersecciones viales a nivel

De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018), es una solución vial que facilita el cruce a nivel de 2 o más vías que comparten áreas en común como la carpeta asfáltica, donde los vehículos pueden realizar movimientos directos o giros a la derecha e izquierda; deben contar con buenos estándares de seguridad, una buena visibilidad y capacidad eficiente.

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018) “una Intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto”.

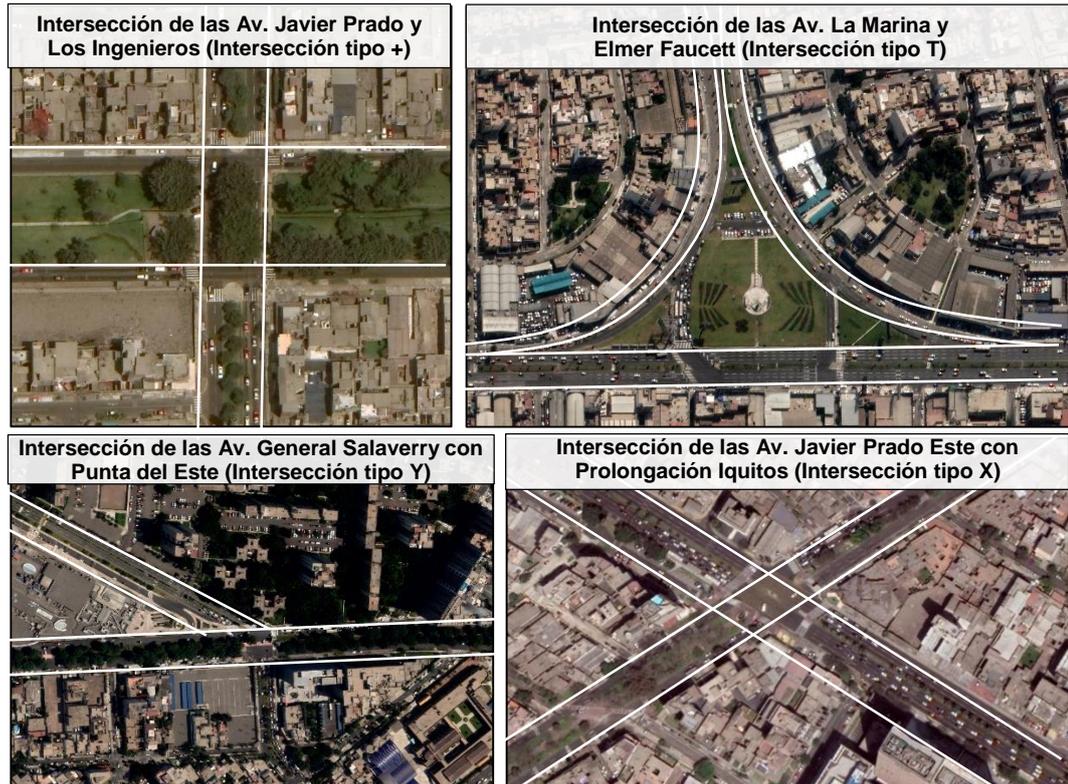
En la normativa nacional se encuentran diversos diseños geométricos a nivel que logran mejorar la transitabilidad en las vías, sin embargo, durante los últimos años diversos investigadores en el extranjero fueron proponiendo nuevos diseños acordes a la actualidad que ofrecen mejores resultados. Con la finalidad de reinventar los diseños tradicionales del DG-2018, la presente investigación hará énfasis en las intersecciones no tradicionales.

2.2.4.1. Intersecciones a nivel Tradicionales

De acuerdo con el Manual de Carreteras, las intersecciones a nivel pueden tener una configuración geométrica en “T” y “Y” con tres ramales, en “X” y “+” con cuatro ramales y en “☆” y “rotonda” con más de cuatro ramales, como se observa a continuación:

Figura 16

Tipos de intersección a nivel

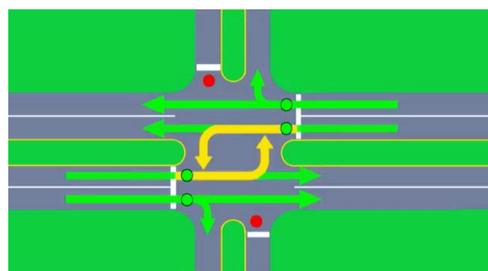


Nota. Adaptado de Manual de Carreteras DG (2018).

De los diseños mostrados en la anterior figura, el de uso más frecuente es la intersección en (+) simple de cuatro ramales. Este tipo de diseño cuenta con una semaforización clásica de dos fases, uno para la avenida principal y otro para la avenida secundaria, como se observa a continuación:

Figura 17

Intersección tipo cruz con semaforización clásica de dos fases



Nota. Tomado de Fairlie (2022).

Asimismo, se destacan las rotondas, estas se caracterizan por la circulación de vehículos a través de un anillo vial alrededor de una isla central. Una de las ventajas es que distribuye de mejor manera los flujos de tráfico cuando los volúmenes vehiculares que ingresan por sus ramales son homogéneos; cuando la rotonda se encuentra en una zona urbana, con la ayuda de un semáforo disminuye la congestión causada por un volumen excesivo de vehículos o un ingreso desequilibrado por las ramas. A continuación, se observa un ejemplo en la Figura N°18:

Figura 18

Intersección tipo rotonda ubicada en la Plaza 2 de mayo



Nota. Tomado de Drone (2020)

2.2.4.2. Intersecciones a nivel No Tradicionales (FHWA-2010)

También conocidos como intersecciones no convencionales, son diseños innovadores que alteran los movimientos tradicionales del flujo vehicular a fin de optimizar los niveles de servicio, brindar más seguridad, minimizar los tiempos de recorrido y lograr la eficiencia operacional de una determinada vía. Dentro de los diseños que ofrecen mejores resultados se encuentran el Carril Exclusivo para Giros a la Izquierda (LTL) y la Intersección de Flujo Continuo con siglas en inglés (CFI).

De acuerdo con (Virginia Department of Transportation, 2022) “Son diseños de intersección en los que las maniobras de tráfico se modifican para mejorar la seguridad, reducir retardos y aumentar la eficiencia”

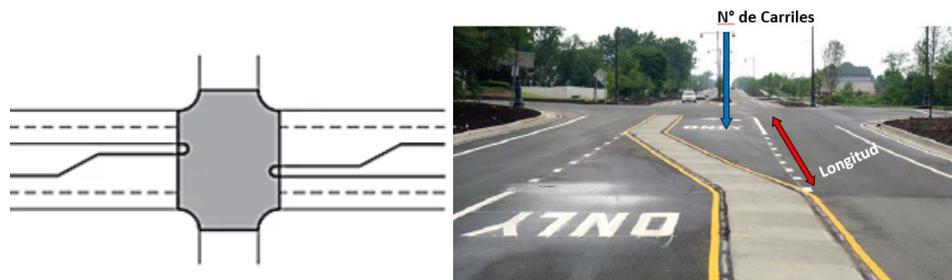
2.2.4.2.1. Carril Exclusivo para Giros a la Izquierda

Según (Vijayendra R, y otros, 2004), las intersecciones se ven afectadas por los volúmenes vehiculares que se dirigen a la izquierda ya que bloquean el tránsito directo, de esa manera los niveles de servicio de la intersección se reducen y los accidentes de choque suelen aumentar. Por todo lo mencionado anteriormente la estrategia de separar los carriles de giro a la izquierda puede resultar una alternativa de solución óptima para optimizar la operación de la intersección de forma más segura y efectiva.

Para un adecuado funcionamiento es vital la implementación de semaforización inteligente que responda a los estímulos del detector vehicular puesto en el pavimento. A continuación, se muestra un ejemplo de la propuesta vial en mención.

Figura 19

Carril exclusivo a la izquierda

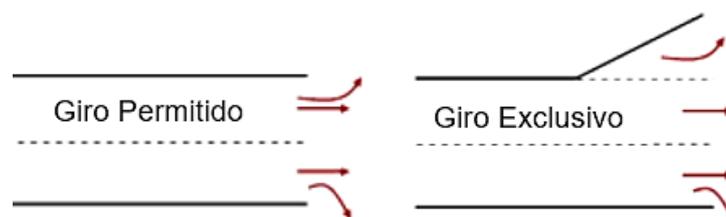


Nota. Se muestran 2 carriles exclusivos para realizar los giros a la izquierda en el sentido E-O y viceversa. *Nota.* Tomado de Google (2022).

Los giros a la izquierda presentan 2 tipos, los permitidos que parten desde un carril compartido y el giro se realiza simultáneamente al flujo opuesto del movimiento directo, y los exclusivos donde los carriles para giros a la izquierda presentan su propio carril y no entran en disputa con el flujo opuesto dado que cuentan con una fase exclusiva para realizar dicha acción.

Figura 20

Diferencia entre giro permitido y exclusivo



Nota. Tomado de Google (2022).

a. Precedentes

El carril exclusivo de giro a la izquierda es una solución frecuentemente empleada en países europeos y norteamericanos como se observa en la Figura N° 21, en el caso de países latinoamericanos, no se encuentra debidamente implementado debido a la falta de semaforización inteligente y ausencia del detector vehicular sobre el pavimento.

Figura 21

Carretera Peachtree en Atlanta, EE.UU.



Nota. Se encuentra ubicado en la ciudad de Atlanta, Estado de Georgia, Estados Unidos. Adaptado de Fairlie (2022).

b. Diseño Geométrico

La propuesta de carril exclusivo para giros a la izquierda no altera significativamente la configuración original de la intersección, es decir, resulta lo menos invasiva posible a comparación de los intercambiadores viales. Su longitud, así como el número de carriles a implementarse dependerán del volumen vehicular para giros a la izquierda que presente la intersección en condiciones existentes.

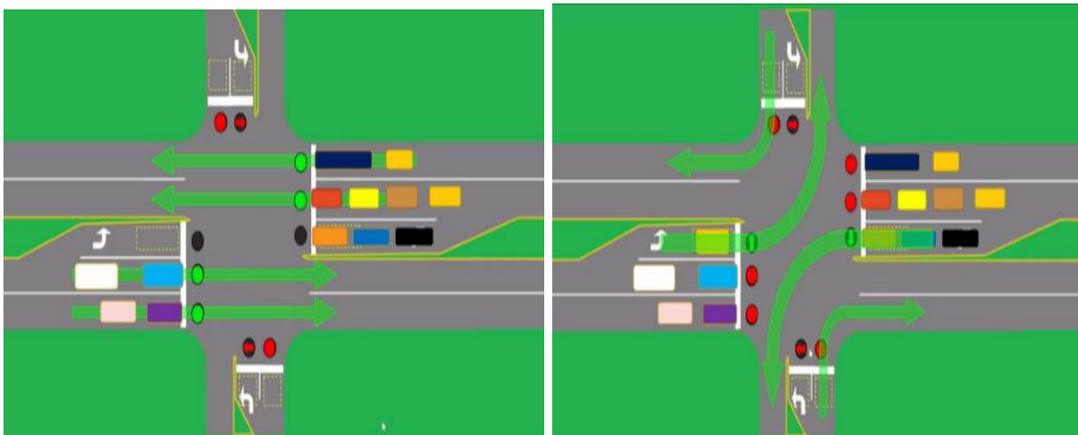
c. Ubicación de Señales de Tránsito

Cabe precisar que la semaforización y señalización es muy importante para su correcto funcionamiento, particularmente los semáforos inteligentes son el complemento perfecto para este tipo de diseño debido a que responden a los estímulos del detector vehicular colocado en el pavimento. Usualmente el ciclo semafórico cuenta con 2 a más fases.

En diversas ciudades de EEUU “se utilizan sensores para detectar y contar a los vehículos que estén esperando ahí; en base a esto, aparece (o no) la flecha por el tiempo necesario” (Freyre, 2014). Así como se muestra en la Figura N°22. De esta manera se da un aviso a los conductores, que tendrán un tiempo para realizar el giro con libertad, de modo que no se realicen inadecuadas maniobras.

Figura 22

Semaforización inteligente y detector vehicular



Nota. Tomado de Fairlie (2022).

d. Aplicabilidad

Se aplica en intersecciones que presentan altos volúmenes de giro a la izquierda, con el objetivo de mejorar los niveles de servicio de una determinada vía y disminuir los tiempos de recorrido.

Es muy común en Estados Unidos implementar sensores en los pavimentos de los carriles destinados a realizar los giros a la izquierda, debido a que estos “cuentan a los vehículos que ingresan a estos. Si no hay ninguno, no hay fase de volteo, y aquellos que van hacia otras direcciones tienen que esperar menos tiempo para la luz verde” (Freyre, 2014)

e. Ventajas y desventajas

En la Tabla N°5 se presentan algunos puntos a favor y en contra de la construcción de un Carril Exclusivo de giro a la izquierda.

Tabla 5

Ventajas y desventajas de un carril exclusivo de giro a la izquierda

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> Uno de los beneficios más importantes de implementar este tipo de rediseño, es que no modifica de manera significativa la geometría de la intersección en condiciones existentes, asimismo proporciona seguridad y es considerada como una de las soluciones más viables económicamente. Es una alternativa eficiente que elimina la necesidad de construir futuros pasos a desnivel, por el hecho de aumentar la capacidad de las vías. 	<ol style="list-style-type: none"> El Carril exclusivo para giros a la izquierda genera un mayor tiempo de ciclo semafórico y una mayor inversión en señalización, asimismo la funcionalidad de esta propuesta depende directamente de la implementación de semaforización inteligente y el sensor de detector de vehículos.

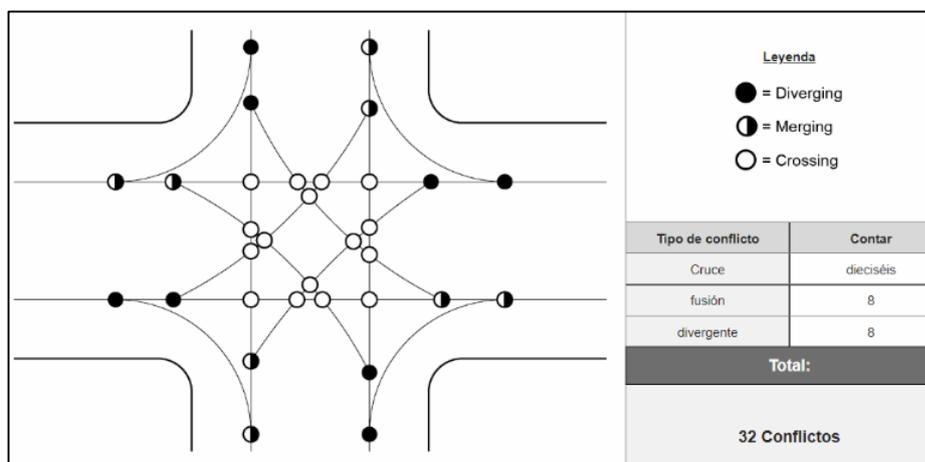
Nota. Elaborado por los autores (2022).

f. Puntos de conflicto

Al tratarse de una intersección tradicional, presenta un número alto de puntos de conflicto, tal como se observa en la Figura N°23

Figura 23

Puntos de conflicto en una intersección



Nota. Tomado del Departamento de Transporte de Virginia, EE.UU. (2021).

2.2.4.2.2. Intersección de Flujo Continuo (CFI)

También es conocido como giro a la izquierda desplazado (DLT), básicamente permite reubicar los carriles destinados para realizar los giros a la izquierda al otro sentido de la vía justo metros antes de llegar a la intersección, por medio de un entrecruzamiento de carriles.

Ello con la finalidad de eliminar la fase de giro a la izquierda en la intersección principal, asimismo con este diseño los giros a la izquierda de la vía principal se dan a la misma vez que los movimientos directos de dicha vía.

La propuesta de Intersección de Flujo Continuo puede ser diseñado como un “DLT parcial, con un punto de cruce adelantado para girar a la izquierda solo en la calle principal, o como un DLT completo, con puntos de cruce adelantados para girar a la izquierda tanto en la calle principal, como en las laterales” (Virginia Department of Transportation, 2022).

a. Precedentes

Estados Unidos apostó por el rediseño y la construcción de Intersecciones de Flujo Continuo con la finalidad de optimizar la transitabilidad a través de una mejora en los niveles de servicio de sus vías. En la Figura N°24 se observan algunos de los CFI construidos anteriormente.

Figura 24

Intersección de Flujo Continuo parcial en la ciudad de Fenton, EE.UU.



Nota. Ubicada en la ciudad de Fenton, estado estadounidense de Misuri, entre la Ruta 30 y la Calle Summit. Tomado de Federal Highway Administration (2022).

Figura 25

CFI completo en la ciudad de Salt Lake, estado de Utah, entre la Ruta 3500 Sur y la carretera Bangerter.



Nota. Tomado de Federal Highway Administration, (2022)

b. Diseño Geométrico

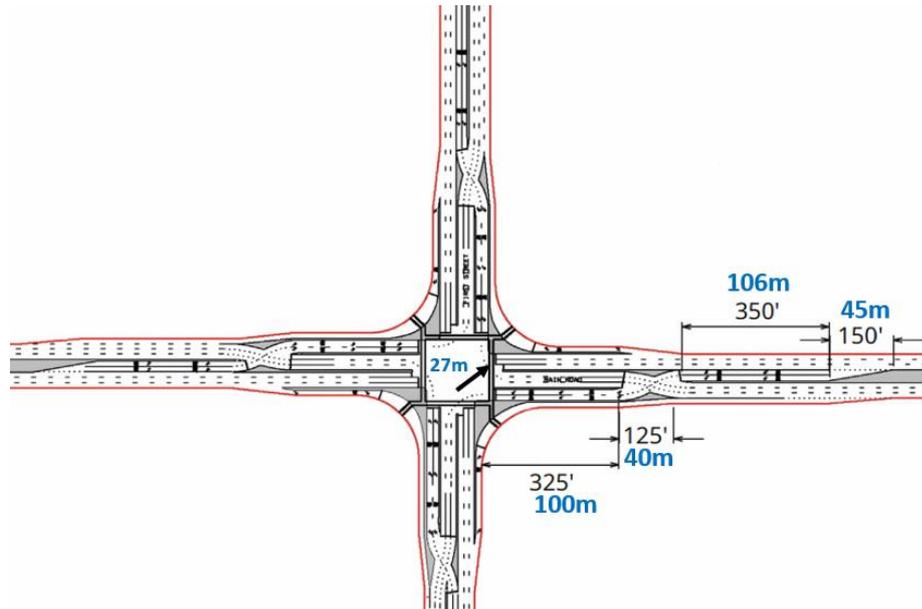
A diferencia de la propuesta de Carril exclusivo en donde los giros a la izquierda se daban en la intersección principal, en el presente caso el carril destinado para realizar los giros a la izquierda es desplazado al otro sentido de la vía a través de un entrecruzamiento semaforizado de carriles ubicado entre 90 a 120 metros antes de llegar a la intersección principal. Asimismo, se precisan otras consideraciones geométricas como:

“Crossover movement radii can range from 200 to 400 ft. Access limitations in the vicinity of DLT intersections are likely [...] Pedestrians can be accommodated at DLTs at the main intersection” Federal Highway Administration (2009).

Ello implica que los radios de entrecruzamiento se encuentran entre 60 a 120m, asimismo que los peatones pueden desplazarse mediante la infraestructura del diseño, como se puede observar en la Figura N°26:

Figura 26

Consideraciones geométricas CFI.



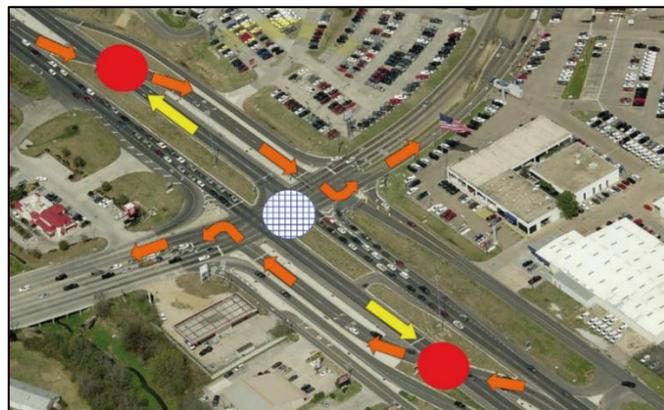
Nota. Tomado de Federal Highway Administration, (2022)

c. Ubicación de Señales de Tránsito

Ahora bien, respecto a la semaforización, la Intersección de Flujo Continuo se encuentra semaforizada metros antes de llegar a la intersección en el entrecruzamiento de los carriles señalados con círculos rojos y en la misma intersección señalada con un círculo blanco en la Figura N°27.

Figura 27

Señales de tránsito en una Intersección de Flujo Continuo



Nota. Tomado de Federal Highway Administration (2022)

Según (FHWA, 2009) "Typical cycle lengths range from 60 to 90 seg", de lo mencionado se interpreta que los semáforos se encuentran sincronizados y presentan dos fases con ciclos semafóricos que varían entre 60 y 90 seg.

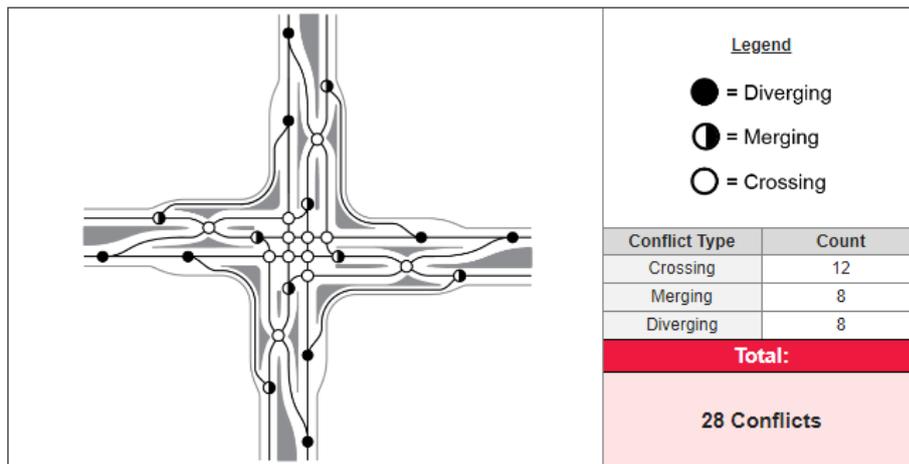
d. Puntos de conflicto

Es una métrica utilizada para estimar la seguridad de una intersección. En el caso de los puntos de Divergencia o Fusión, están asociadas a choques muy leves, mientras que, en el caso de los puntos de Convergencia, están relacionados con el cruce de los vehículos en direcciones opuestas que podrían ocasionar accidentes graves. (Virginia Department of Transportation, 2022).

En la Figura N°28 se observan los puntos de conflicto de una Intersección de Flujo Continuo Completo y en la Figura N° 29 de un Flujo Continuo Parcial:

Figura 28

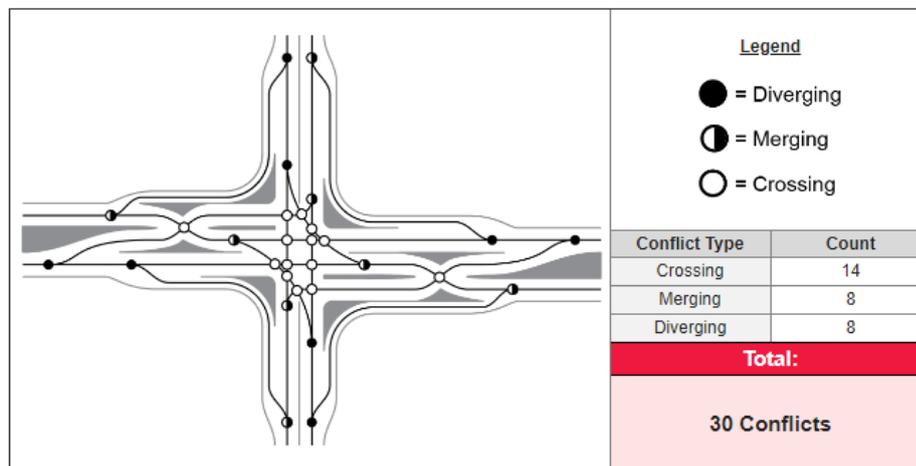
Puntos de Conflicto en una Intersección de Flujo Continuo Completo.



Nota. Tomado de Federal Highway Administration (2022)

Figura 29

Puntos de Conflicto en una Intersección de Flujo Continuo Parcial



Nota. Tomado de Federal Highway Administration (2022)

e. Aplicabilidad

Este tipo de diseños se considera eficiente cuando una determinada intersección presenta regulares o elevados niveles de congestión vehicular, cuando los volúmenes de vehículos de giro a la izquierda son muy elevados y si se cuenta con pocas vías de entrada próximas a la intersección.

Su diseño dependerá de las condiciones geométricas existentes del lugar, requiere espacio adicional para desplazar el carril destinado para los giros a la izquierda hacía el sentido opuesto de la vía, sin embargo, no es tan invasivo como un intercambiador vial.

f. Ventajas y Desventajas

En la Tabla N°6 se presentan algunos puntos a favor y en contra de la construcción de una Intersección de Flujo Continuo.

Tabla 6

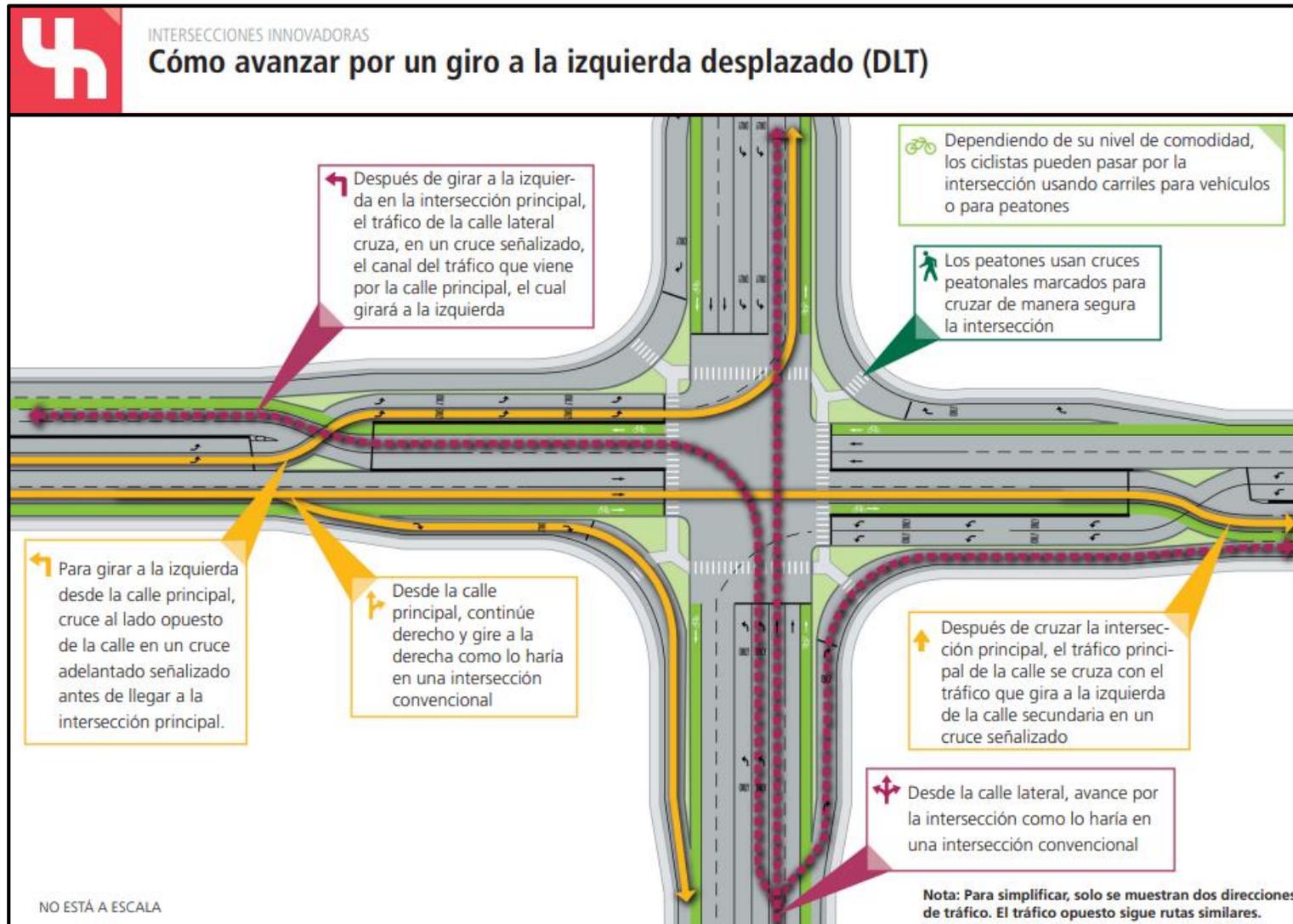
Ventajas y desventajas de la Intersección de Flujo Continuo (CFI)

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="400 1182 884 1397">1. “El principal beneficio de la intersección DLT es la reducción del número de fases de semáforos y puntos de conflicto con las consiguientes mejoras en las operaciones y la seguridad” (FHWA, 2009).<li data-bbox="400 1429 884 1615">2. Permiten una sincronización óptima de la intersección principal y de los cruces en consecuencia se reducen los tiempos de recorrido y los tiempos en que los vehículos se detienen.<li data-bbox="400 1646 884 1794">3. Es una alternativa eficiente que elimina la necesidad de construir futuros pasos a desnivel, por el hecho de aumentar la capacidad de las vías.	<ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="909 1216 1345 1458">1. Una de las principales desventajas de la construcción de un CFI, es el costo al que se tiene que incurrir por la implementación de señalización y semaforización que permita adecuadas maniobras por parte del conductor.<li data-bbox="909 1489 1345 1765">2. Por otra parte, también juega en contra el área disponible que se requiere para su construcción y en vista de que se debe prevalecer el bien común, probablemente en algunos casos la construcción de un CFI implique la expropiación de terrenos.

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 30

Operación de una Intersección innovadora de Flujo Continuo (CFI)



Nota. Tomado de Virginia Department of Transportation, (2022).

2.2.5. Intercambios Viales

Solución de diseño geométrico que permite “el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos posibles de cambios de trayectoria de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible” Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

Los intercambios viales permiten mejorar la capacidad de la vía y los niveles de servicio de una intersección a nivel con elevado volumen de circulación y seguridad vial inapropiada.

Dentro de la normativa peruana existen diseños geométricos a desnivel que logran mejorar la transitabilidad, sin embargo, las últimas investigaciones extranjeras, dieron fruto a nuevos diseños mucho más eficientes y acordes a la realidad actual. Es por ello, la presente investigación hará énfasis en la implementación de estos intercambios no tradicionales frente a los problemas de congestión vehicular.

2.2.5.1. Intercambios viales Tradicionales

De acuerdo con el Manual de Carreteras, las intersecciones a desnivel se clasifican de acuerdo con la cantidad de ramas que contengan, como se detalla en la Tabla N°07

Tabla 7

Intersecciones a desnivel, según el número de ramas

De Tres Ramas	De Cuatro Ramas	
Trompeta "T"	Con condición de Parada	Sin condición de Parada
Direccionales "T"	Diamante (Clásico)	Trébol Completo
Direccionales "T"	Diamante (Partido)	Rotatorios
Direccionales "Y"	Trébol Parcial de 2	Omnidireccionales
	Cuadrantes	Tipo Turbina

Nota. Tomado del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (2018).

2.2.5.1.1. Intercambios viales de Tres Ramas

“Es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, perdiendo desde ese punto su continuidad” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Los intercambios de 3 ramas pueden ser; direccional tanto en “T” como en “Y” donde los giros se resuelven con ramales directos o semidirectos y el

segundo que es tipo trompeta que atiende los giros a través de ramales de enlace. A continuación, se muestran los tipos anteriormente mencionados:

Figura 31

Intercambio Tradicional de Tres Ramas tipo "T"



Nota. Ubicado en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. San Luis. Tomado de Google Earth (2022).

Figura 32

Intercambio Tradicional de Tres Ramas tipo trompeta



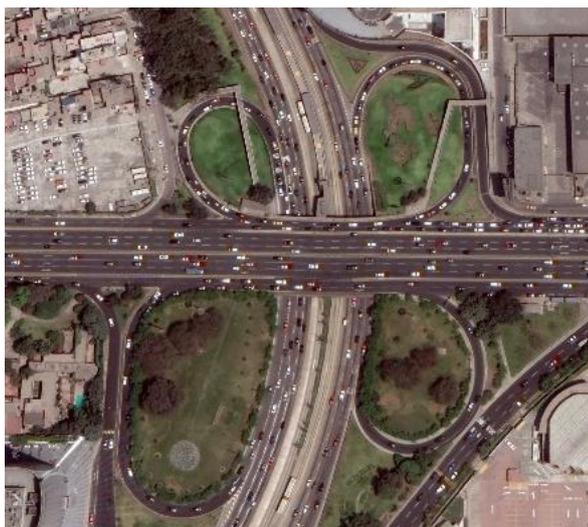
Nota. Ubicado en la Intersección de la Vía expresa con la Av. Armendáriz. Tomado de Google Earth (2022).

2.2.5.1.2. Intercambios viales de Cuatro Ramas

Estos intercambios, se forman a partir de la intersección de 2 carreteras donde ambos no pierden continuidad, se subdividen en intercambios con y sin condición de parada. En la Figura N° 33 y 34 se observa los intercambios de cuatro ramas más comunes, que son el tipo diamante y trébol de 4 cuadrantes:

Figura 33

Intercambio Tradicional de Cuatro Ramas tipo trébol



Nota. Ubicado en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Paseo de la República. Tomado de Google Earth (2022).

Figura 34

Intercambio Tradicional de Cuatro Ramas tipo diamante



Nota. Tomado de Google Earth (2022).

Para el caso de los Intercambios tipo Diamante “es preferible que la vía principal ocupe el nivel inferior, con cuya disposición las vías de enlace son más cortas por ser la pendiente favorable para la aceleración y desaceleración de los vehículos que entran y salen” (Guavita Hernandez, López jurado, & Garzón Soler, 2016).

2.2.5.2. Intercambios viales No Tradicionales (FHWA-2010)

Los Intercambios viales No Tradicionales también conocidos como innovadores “Son diseños de distribuidor en los que las maniobras de tráfico se modifican para mejorar la seguridad, reducir los retardos y aumentar la eficiencia” (Virginia Department of Transportation, 2022).

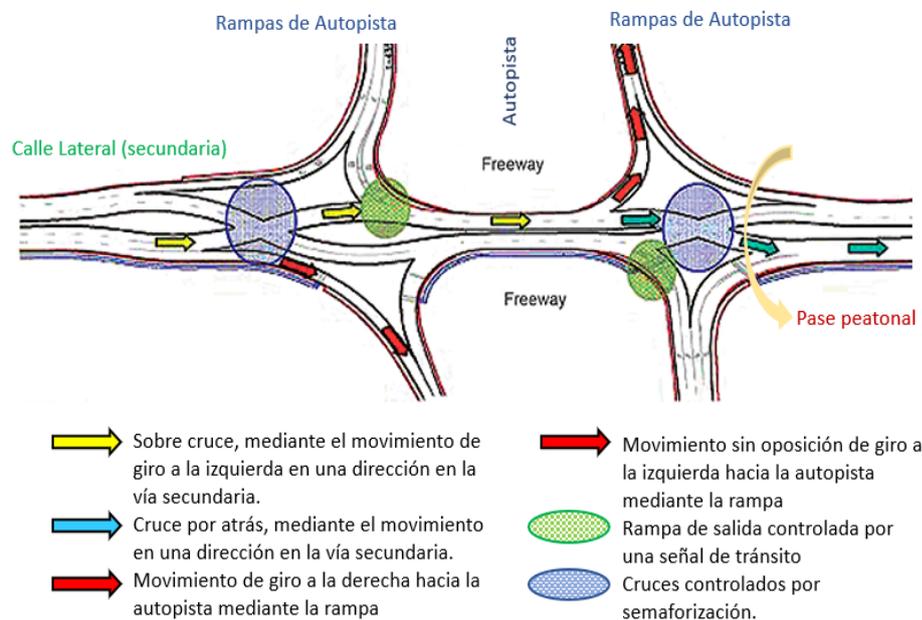
2.2.5.2.1. Intercambio Diamante Divergente (DDI)

El Intercambio Diamante Divergente (DDI) también conocido como Intercambio Cruzado Doble (DCD) “Es un diseño de distribuidor en el que se usan rampas elevadas separadas, en el cual el tráfico arterial cruza al otro lado de la carretera entre las rampas de la autopista” (Virginia Department of Transportation, 2022).

Los vehículos tienen la posibilidad de dar un giro a la izquierda o la derecha para ingresar o retirarse de las rampas de la autopista, sin tener conflictos con movimientos contrarios. Cabe precisar que el DDI puede ser diseñado a través de un paso subterráneo o un paso elevado.

Figura 35

Movimientos en un Intercambio Diamante Divergente (DDI)



Nota. Adaptado de FHWA (2019)

Geométricamente es muy parecido a un Intercambio Diamante Convencional (CDI), pero difieren durante su operación, como se observó en la Figura N°35 en el desplazamiento directo de la vía secundaria, el carril de la derecha a través de un cruce semaforzado en “x” se desplaza hacia la

izquierda, hasta que nuevamente llega a un segundo cruce semaforzado en “x” que le permite a dicho carril posicionarse nuevamente a la derecha. Antes de llegar al primer cruce semaforzado en “x” el conductor puede girar hacia la derecha a través de una rampa, asimismo antes de llegar al segundo cruce semaforzado en “x” el conductor puede realizar un giro hacia la izquierda.

Ahora bien, en cuanto a la vía principal cabe precisar que los vehículos a través de la rampa pueden girar en U, a la derecha, como también a la izquierda, pero en este último previamente deberá atravesar un cruce semaforzado en “X”.

a. Precedentes

El Intercambio Diamante Divergente fue construido por primera vez en Francia a partir de la década de 1970, hasta el momento los DDI más representativos del país europeo se encuentran ubicados en “la Intersección de la autopista A13 y la RD 182 (Boulevard de Jardy) en Versailles, la Intersección de la autopista A4 (Boulevard des Allies) y el Boulevard de Stalingrad en Le Perreux-sur-Marne, y la Intersección de la autopista A1 y la ruta d’Avelin en Seclin” (Federal Highway Administración, 2009), a continuación, se muestra una fotografía del primer Intercambio Diamante Divergente mencionado:

Figura 36

Intercambio Diamante Divergente en Versailles, Francia

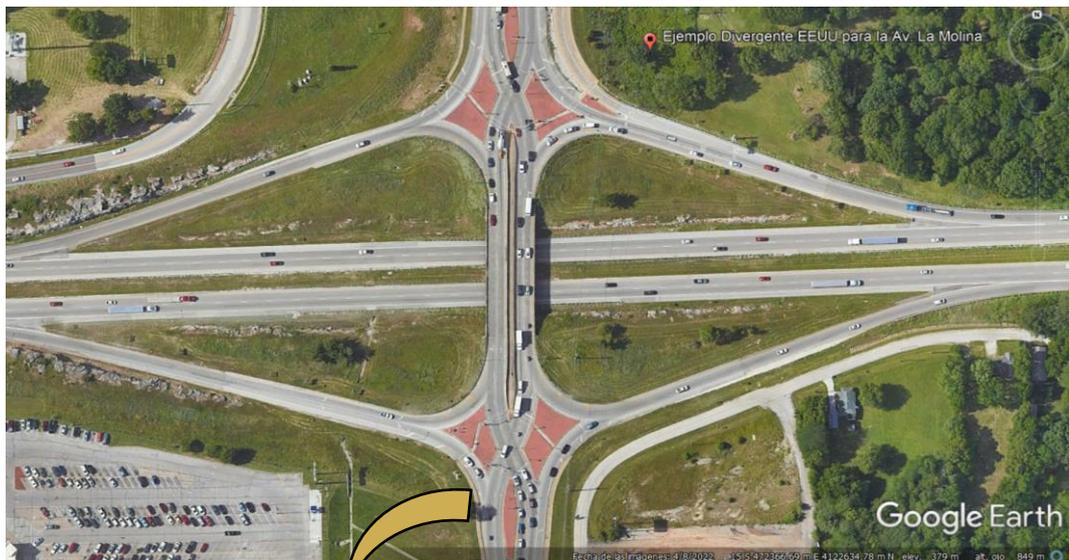


Nota. Ubicada en el cruce de la carretera A13 y la RD 1782 en la ciudad de Versailles en Francia. Adaptado de Google Earth (2022)

Ahora bien, años después Estados Unidos construyó su primer Intercambio Diamante Divergente en Springfield exactamente en el cruce de la Ruta 13 y la I-44 en el año 2009, en este mismo año el DDI fue distinguido como un diseño innovador por la Revista Popular Science.

Figura 37

Intercambio Diamante Divergente en Missouri, EE.UU.



Nota. Ubicada en el cruce de la Ruta 13 y la I-44 en Springfield, estado de Missouri en Estados Unidos. Tomada del Departamento de Transporte de Missouri (2022)

b. Diseño Geométrico

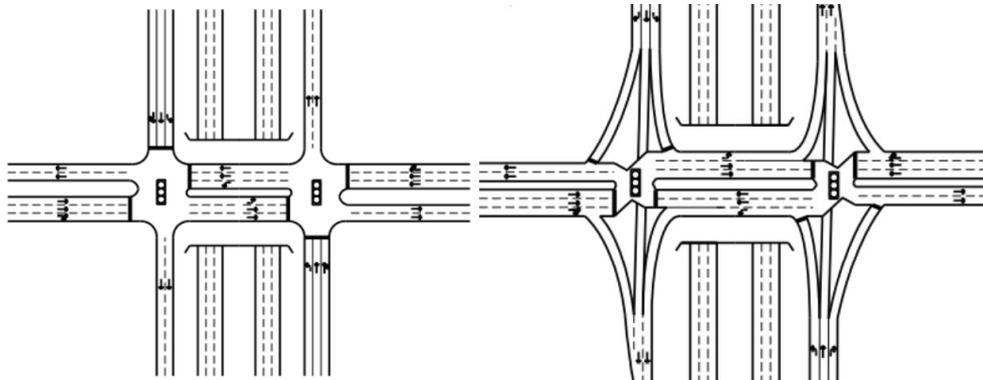
En el intercambio diamante convencional se destinan dos áreas de la estructura del puente (intersección) semaforizadas para realizar movimientos directos, giros a la derecha y giros a la izquierda.

Mientras que, en el diseño geométrico de un Intercambio Diamante Divergente, según (Antequera, Poblet, & González, 2013), en lugar de tener dos intersecciones convencionales que generan puntos de conflicto, se tienen dos entrecruzamientos semaforizados en "X" que permiten prescindir del área destinada para realizar los giros a la izquierda, eliminándose la fase semafórica destinada a controlar ese movimiento, logrando reducir notoriamente los puntos de conflicto.

En resumen, "El elemento de diseño principal de un intercambio DCD es la reubicación del giro a la izquierda y los movimientos hacia el lado opuesto de la carretera dentro de la estructura del puente". (FHWA, 2010)

Figura 38

Comparación entre el cruce de un CDI y el entrecruzamiento en "x" del DDI



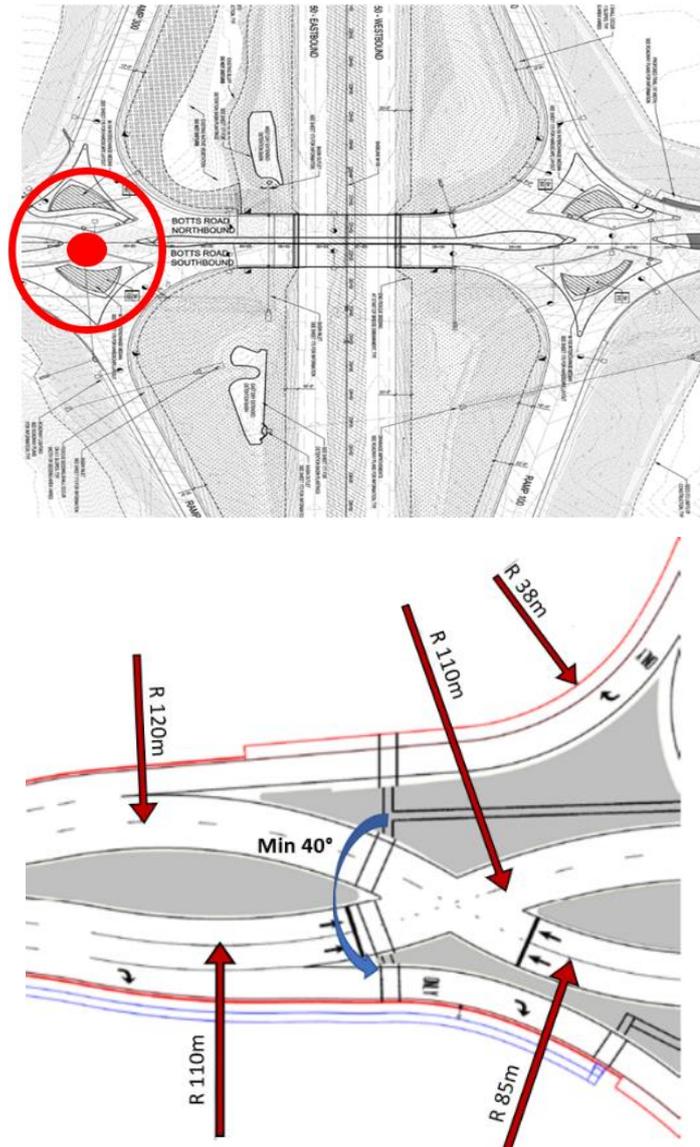
Nota. Tomado de Jewel J.,1Imalka M., PhD.,2Trinh H.,3Amit K. (2019)

Respecto a los parámetros geométricos, es preciso señalar que no existen estándares fijos, sin embargo, se pueden tomar en consideración la experiencia de diseños anteriores precisados por el Departamento de Transporte de Missouri (MoDOT)- Estados Unidos de la Administración Federal de Carreteras (FHWA, 2010):

- El ángulo de entrecruzamiento debe ser mínimamente 40°
- El radio de giro en el entrecruzamiento debe ser de 120m (se debe tomar en cuenta el vehículo de diseño)
- La velocidad en el entrecruzamiento debe ser entre 40-50 km/h

Figura 39

Ángulo y radios de Giro en el entrecruzamiento del DDI



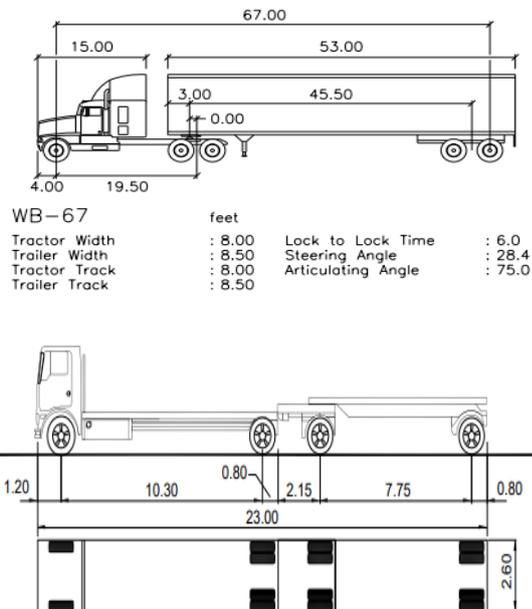
Nota. Adaptado de Administración Federal de Carreteras EE.UU.

- El ancho de carril debe ser aproximadamente de 4.5m (tomar en cuenta el vehículo de diseño)
- El ancho de la mediana debe ser el mayor posible para permitir el ensanchamiento en las curvas y los giros en U.
- La rampa debe tener una longitud de 550ft (170m) a fin de generar mayor capacidad vial.
- La isla debe ser lo más extendida posible, a fin de canalizar adecuadamente el flujo vehicular y evitar malas maniobras.

- La longitud del ciclo del semáforo de las intersecciones más próximas debe ser corta, se evitarán altas longitudes de ciclo.
- Para el cruce de los peatones se debe tomar en cuenta como refugio las islas laterales y la mediana del intercambio” (Federal Highway Administración, 2009).
- Para los parámetros geométricos mencionados anteriormente se tomó en consideración como vehículo de diseño al Camión WB-67. Cabe precisar que en el tramo en estudio el vehículo de diseño es el Remolque Simple (C2R1) por lo que se deberán realizar los ajustes a dichas consideraciones geométricas.

Figura 40

Camión WB-67 y Remolque Simple (C2R1)



Nota. Tomado de AASHTO (2011) - DG (2018)

c. Ubicación de Señales de Tránsito

Los DDI cuentan con dos puntos principales de semaforización ubicados en los entrecruzamientos, éstos cuentan con dos fases, al igual que los 4 semáforos ubicados en las rampas para ingresar al intercambiador. Asimismo, al generarse una nueva maniobra para los conductores es vital que el Intercambiador cuente con una adecuada iluminación y estén implementadas todas las señales verticales y horizontales necesarias. Así como se observa en la siguiente Figura:

Figura 41

Semaforización en un DDI



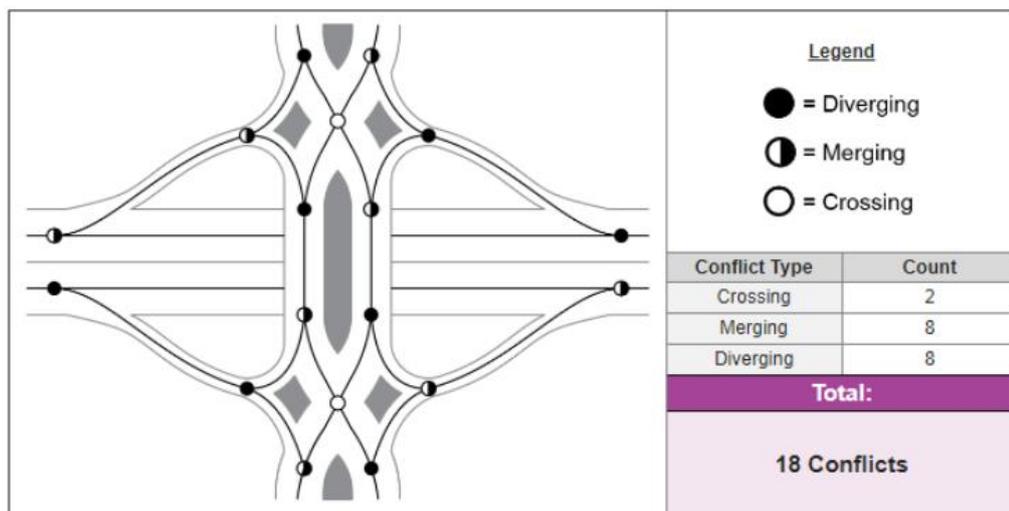
Nota. Tomado de Departamento de Transporte de Pensilvania (2020)

d. Puntos de conflicto

Es una métrica utilizada para estimar la seguridad de una intersección. En el caso de los puntos de Divergencia o Fusión, están asociadas a choques muy leves, mientras que, en el caso de los puntos de Convergencia, están relacionados con el cruce de los vehículos en direcciones opuestas que podrían ocasionar accidentes graves. Departamento de Transporte de Virginia (2022). En la Figura N°42 se muestra los puntos de conflicto del Intercambio Diamante Divergente:

Figura 42

Puntos de Conflicto en el DDI



Nota. Tomado del Departamento de Transporte de Virginia (2022)

e. Aplicabilidad

De acuerdo con la (Federal Highway Administración, 2009) su uso es recomendable en los siguientes casos:

- Intersecciones con elevados volúmenes de giro a la izquierda.
- Si se tienen carriles de menor dimensión para los giros a la izquierda.
- Las vías aledañas no se encuentran semaforizadas o cuentan con longitudes cortas de ciclos semafóricos.
- Si se tienen cruces peatones en los alrededores de la intersección.
- Se recomienda su aplicación para mejorar los niveles de servicio de Intercambios Diamante Convencionales existentes.

f. Ventajas y Desventajas

En la Tabla N°8 se presentan algunos puntos a favor y en contra de la construcción de una Intersección de Flujo Continuo.

Tabla 8

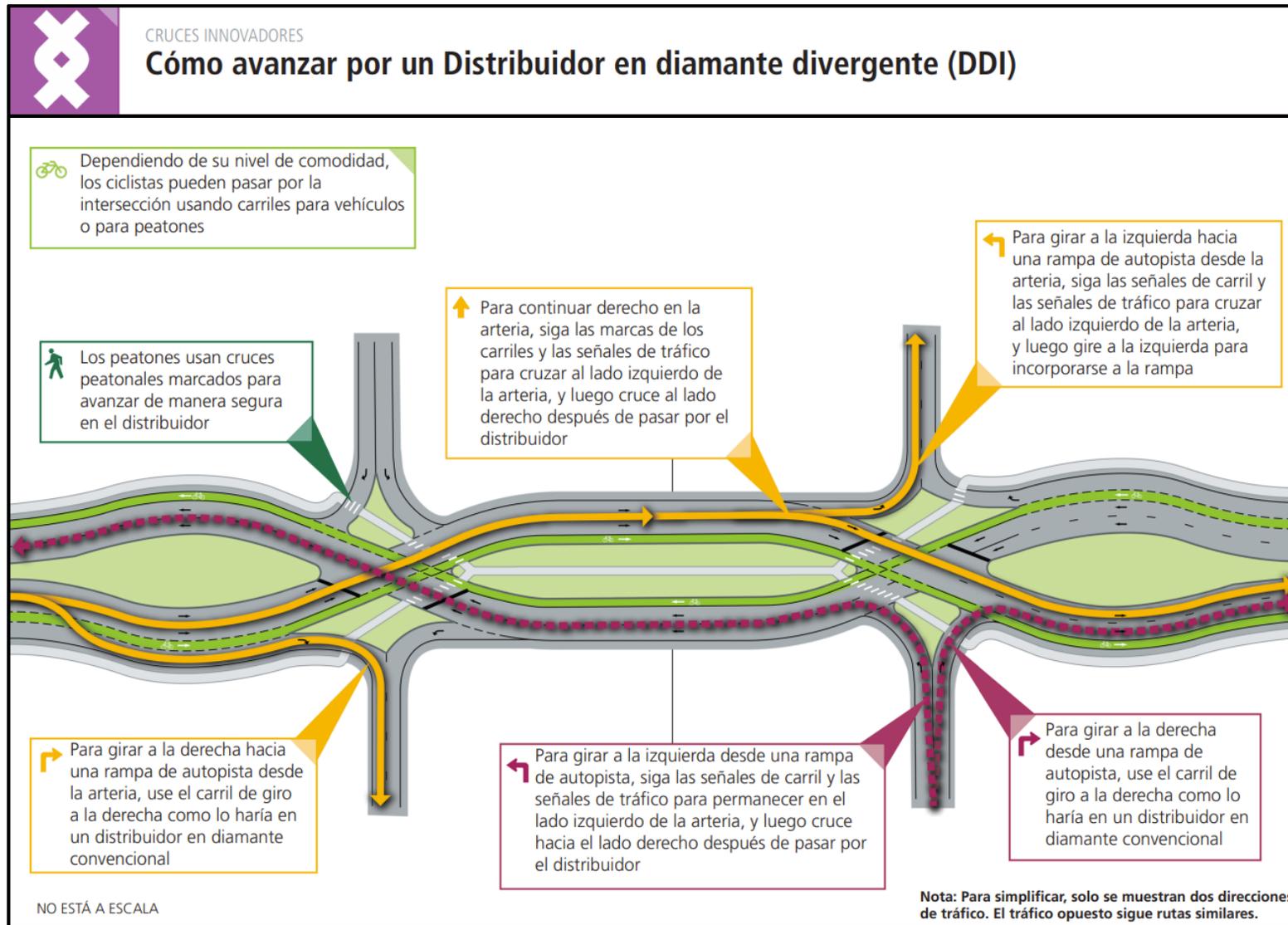
Ventajas y desventajas de un Intercambio Diamante Divergente

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none">1. Es útil cuando se tienen grandes volúmenes de giro hacia la izquierda.2. Debido a que los movimientos del cruce y de las rampas se dan de manera simultánea, los semáforos solo cuentan con dos fases, reduciendo los puntos de conflicto y en consecuencia los accidentes de tránsito.3. Combinan los movimientos directos y los giros a la izquierda y pueden costar “en algunos casos hasta un 75 por ciento menos, que un diamante convencional equivalente o un intercambio urbano de un solo punto” (FHWA, 2020)4. Es funcional tanto para el desplazamiento de los vehículos como para los peatones, debido a que estos pueden movilizarse a través de la mediana.5. Permite el desplazamiento de vehículos pesados “En encuestas de conductores comerciales que circulan en el DDI de Springfield (Missouri), el 83% de los encuestados consideró que maniobrar un camión grande a través del intercambio era fácil y no diferente de otros tipos de intercambio”.	<ol style="list-style-type: none">1. Confusión de los conductores durante el recorrido del Intercambio Diamante Divergente, sin embargo, con una adecuada señalización se puede orientar al conductor y a los peatones.2. Los parámetros de diseño geométrico no se encuentran estandarizados por lo que el diseño del DDI dependerá la condición existente de la zona en estudio.

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 43

Operación del Intercambio Diamante Divergente (DDI)



Nota. Adaptado de Virginia Department of Transportation (2022)

2.2.5.2.2. Intercambio Urbano de Punto Único (SPUI)

También conocido como Distribuidor en Diamante de un solo Punto (SPDI), de acuerdo con la AASHTO (2011):

“The primary features of an SPDI are that all four turning movements are controlled by a single traffic signal and opposing left turns operate to the left of each other” lo mencionado hace referencia a que “Las características principales de un SPDI son que los cuatro movimientos de giro están controlados por una sola señal de tráfico y los giros a la izquierda opuestos operan a la izquierda de cada uno”

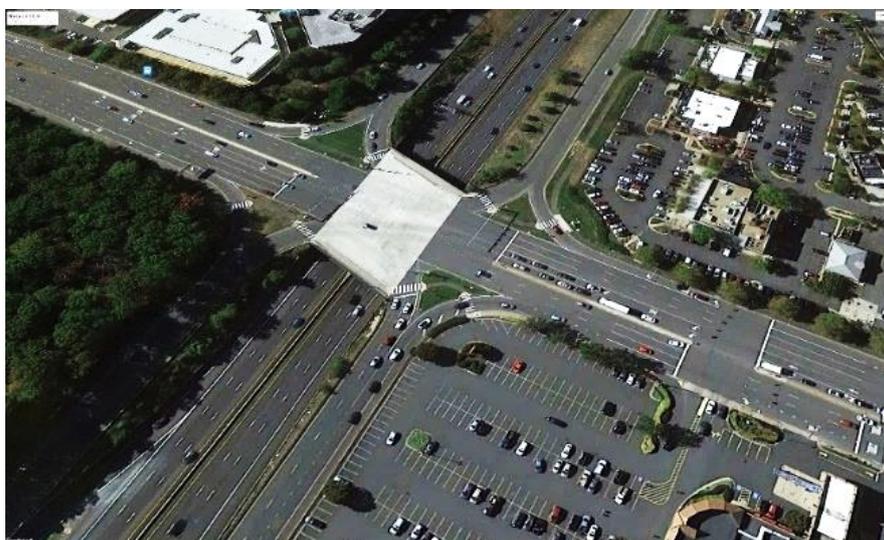
Básicamente en este tipo de Intercambiador todas las rampas inician o finalizan exactamente al centro del Intercambio, donde también es implementada la semaforización principal. Su diseño se adecua a la topografía del terreno ya sea a desnivel o a través de un paso a subterráneo. En el caso de las rampas que tienen el giro a la derecha y buscan ingresar o salir del intercambio, no cuentan con semaforización, es decir presentan un movimiento libre.

a. Precedentes

Los Intercambios Urbanos de un solo Punto fueron construidos a partir del año 1970 en Estados Unidos, hasta el momento los SPUI más representativos de dicho país se encuentran ubicados en Arlington Boulevard y en Nueva York, tal como se evidencia en las figuras 44 y 45.

Figura 44

Intercambio urbano de punto único de Arlington Boulevard.



Nota. Situado en US 50 Arlington Boulevard, EE.UU. Tomado de Google Earth (2022)

Figura 45

SPUI ubicado en la interestatal 87 en Latham, Nueva York



Nota. Tomado de Google Earth (2022)

b. Diseño Geométrico

Para el diseño se toma en cuenta las consideraciones precisadas por la AASHTO (2011), asimismo los parámetros geométricos indicados en (Ingeneering Policy Guide, 2022).

Número de carriles

- Según la capacidad, puede tener más de 4 carriles
- Requiere de 2 carriles de giro a la izquierda
- Espacio lateral de 1.20 m entre movimientos opuestos de giro a la izquierda

Radio de giro

- Giros a la izquierda de 48 m – 92 m
- Giro a la izquierda: Radio uniformizado Trayectoria dificultosa (líneas de carril de 2ft= 0.6m)
- Giros a la derecha de 30 m – 37 m
- Carril de giro libre a la derecha: debe alargarse al menos 30 m [100 pies] tal y como se muestra en la Figura N°46
- Ángulo de giro a la izquierda: 45°- 60°

Mediana

- Ancha para que el giro del carril llegue al centro de la intersección, como se muestra a continuación.

Respecto al Punte

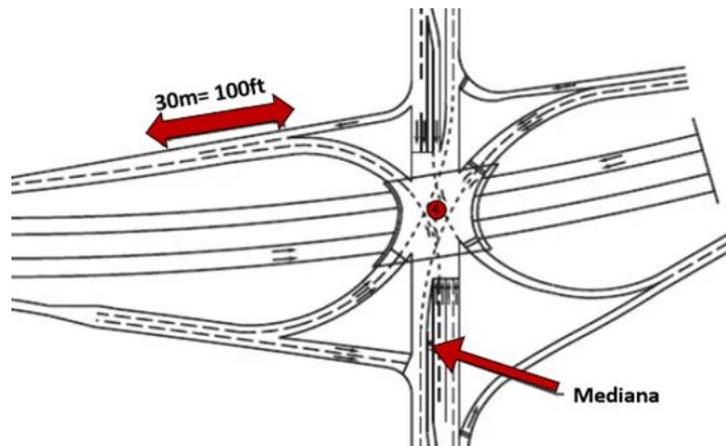
- En este tipo de intercambio se tienen pasos a desnivel como pasos subterráneos, en los dos casos la vía principal debe ir por el paso.
- La longitud del puente se encuentra entre 36- 60m.

Ángulo de inclinación:

- Como límite 30°

Figura 46

Parámetros Geométricos para el SPUI



Nota. Tomado de Green Book (2011).

c. Ubicación de Señales de Tránsito

Los Intercambios Urbanos de un solo Punto cuentan con únicamente con un punto principal de semaforización ubicado al centro del Intercambio vial, éstos cuentan con tres fases. En vista de que todas las vías y rampas atraviesan este punto medio, es necesario que se implemente adecuadamente la señalización e iluminación.

Figura 47

Semaforización en el SPUI



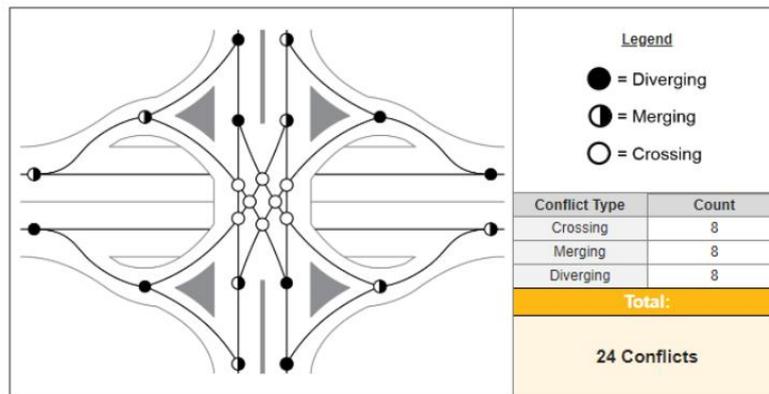
Nota. Tomado de DOT Virginia (2011).

d. Puntos de conflicto

Analizar los puntos de conflicto en intersecciones es muy relevante ya que es un factor que indica que tan segura es una intersección, en ese sentido los intercambios de tipo SPUI poseen en total 24 puntos de conflicto, 8 de ellos son de cruce dos trayectorias, 8 de trayectoria convergente y 8 de trayectoria divergente. (Virginia Department of Transportation, 2022).

Figura 48

Puntos de conflicto en el SPUI



Nota. Tomado de DOT Virginia (2011).

e. Aplicabilidad

Es recomendable su uso en intersecciones que presentan elevados volúmenes de giro a la izquierda, asimismo en zonas donde se tenga espacio disponible para la construcción de dicha infraestructura que ocupa grandes porciones de terreno.

f. Ventajas y desventajas

En la Tabla N°9 se presentan algunos puntos a favor y en contra de la construcción de un Intercambio Urbano de Punto Único

Tabla 9

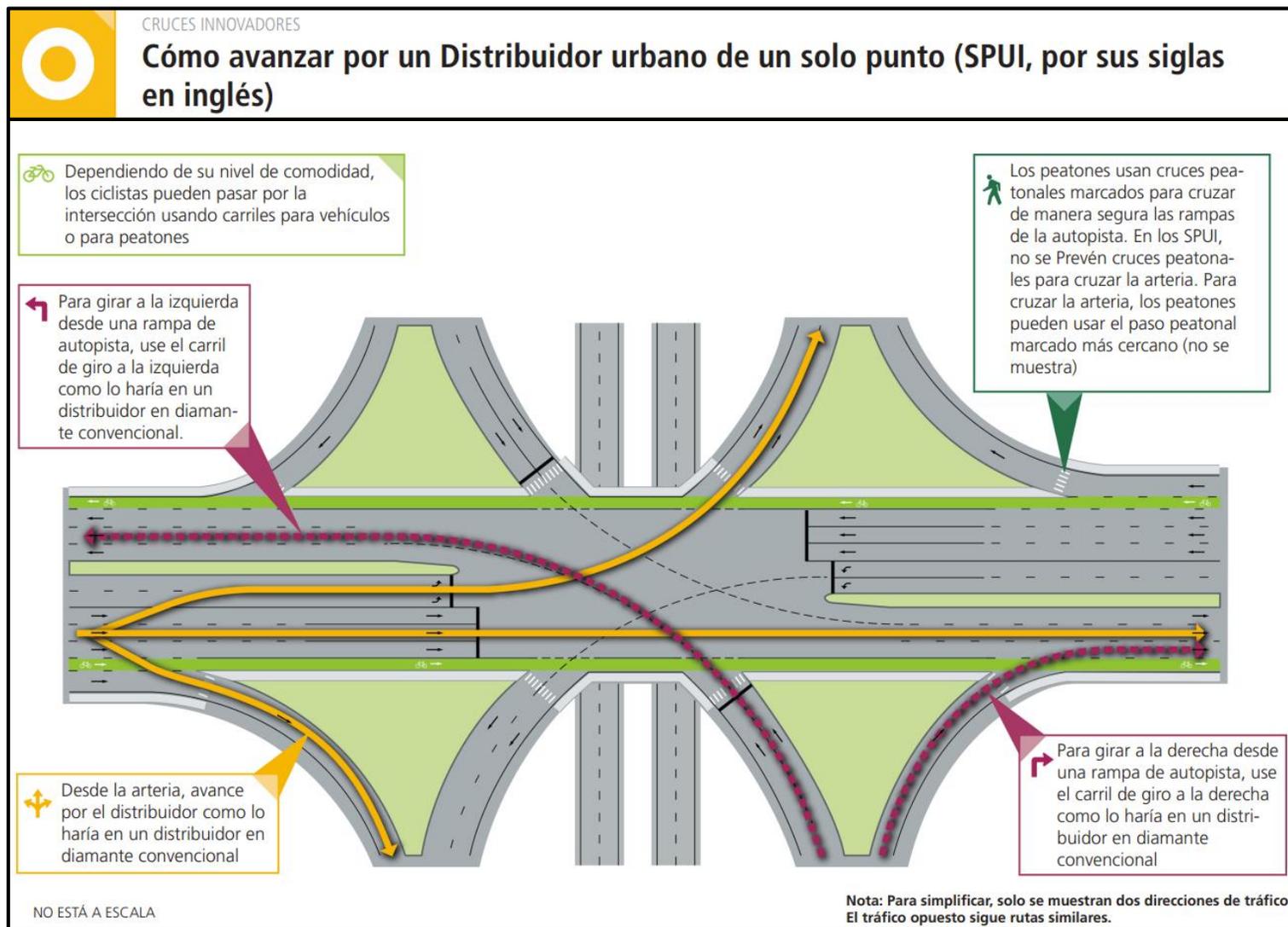
Ventajas y desventajas de un Intercambio Urbano de Punto Único

Ventajas	Desventajas
Debido a que esta propuesta cuenta con un único semáforo con tres fases que controla toda la intersección, se tienen menos puntos de conflicto y en consecuencia mayor seguridad durante la circulación. Asimismo, el SPUI brinda un alto valor estético a una ciudad.	En cuanto a las desventajas tenemos el alto costo y las grandes dimensiones de áreas que se requiere para su construcción. Asimismo, necesita obligatoriamente una inversión adicional para señalización de tránsito y resulta complejo acomodar los pasos para peatones y ciclistas.

Notas. Elaborado por los autores (2022).

Figura 49

Operación de un innovador Intercambio Urbano de Punto Único



Nota. Tomado de Departamento de Transporte de Virginia (2022).

2.2.5.2.3. Intercambio de Paso Elevado de giro central (CTO)

Este tipo de intercambio consiste en aislar la circulación de vehículos que realizan giro exclusivo a la izquierda, mediante la construcción de rampas elevadas, que se ubican al interior de la mediana (FHWA, 2009).

Al salir de la estructura elevada, los vehículos se unen mediante carriles de desaceleración al flujo normal de la avenida receptora.

Con respecto a los movimientos directos y giros a la derecha, estos desplazamientos se mantienen a nivel como en un cruce tradicional, tal como se observa en la Figura N°50:

Figura 50

Configuración del Paso elevado de giro central



Nota. Tomado de ATTAP (2021).

Cabe recalcar que el paso a desnivel de giro central a la izquierda es una estructura que se construye bajo soporte de pilares al centro y muros de contención en los extremos.

a. Precedentes

Cabe mencionar que el paso a desnivel de giro central a la izquierda es una estructura que se construye bajo soporte de pilares al centro y muros de contención en los extremos.

Al ser una propuesta innovadora, este tipo de proyectos se encuentran en planificación, tal es el caso de un paso a elevado en la intersección de Pines Boulevard y Flamingo Road, en la ciudad de Pembroke Pines; cabe resaltar que esta obra sería la primera en construirse a nivel mundial, en la Figura N°52, se observa la estructura de un CTO:

Figura 51

Ejemplo de paso elevado con giro central (CTO)



Nota. Tomado de ATTAP (2021) & FHWA (2009).

b. Ubicación de las señales

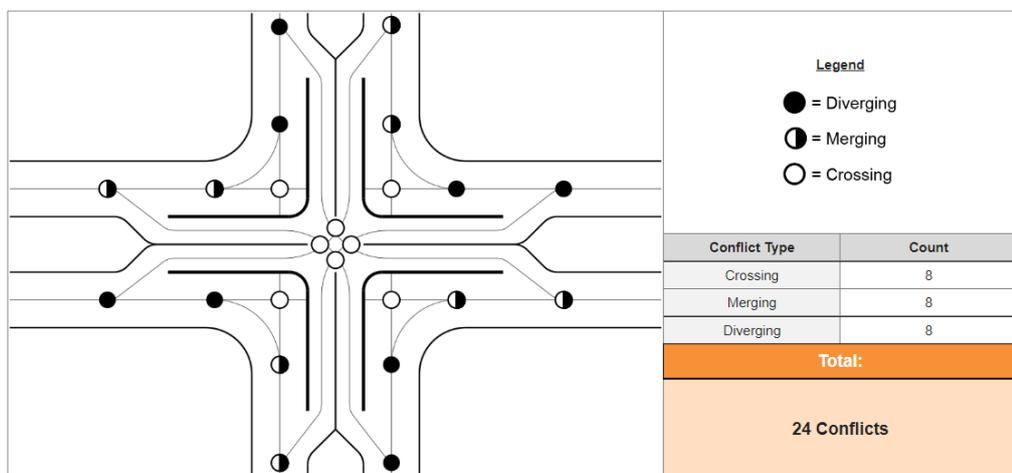
Tanto las intersecciones elevadas como las intersecciones a nivel están controladas por una simple señal de dos fases.

c. Puntos de conflicto

Analizar los puntos de conflicto en intersecciones es muy relevante ya que es un factor que indica que tan segura es una intersección, en ese sentido el paso elevado de giro central posee en total 24 puntos de conflicto, 8 de ellos son de cruce dos trayectorias, 8 de trayectoria convergente y 8 de trayectoria divergente. (Virginia Department of Transportation, 2022).

Figura 52

Puntos de conflicto en el paso elevado con giro central



Nota. Tomado de ATTAP (2021).

d. Aplicabilidad

Es idóneo cuando se tienen un alto volumen de giros a la izquierda, cuando la avenida cuenta con 6 carriles o más y en caso el derecho de vía sea muy limitado.

e. Ventajas y desventajas

En la Tabla N°10 se presentan algunos puntos a favor y en contra de la construcción del diseño en mención.

Tabla 10

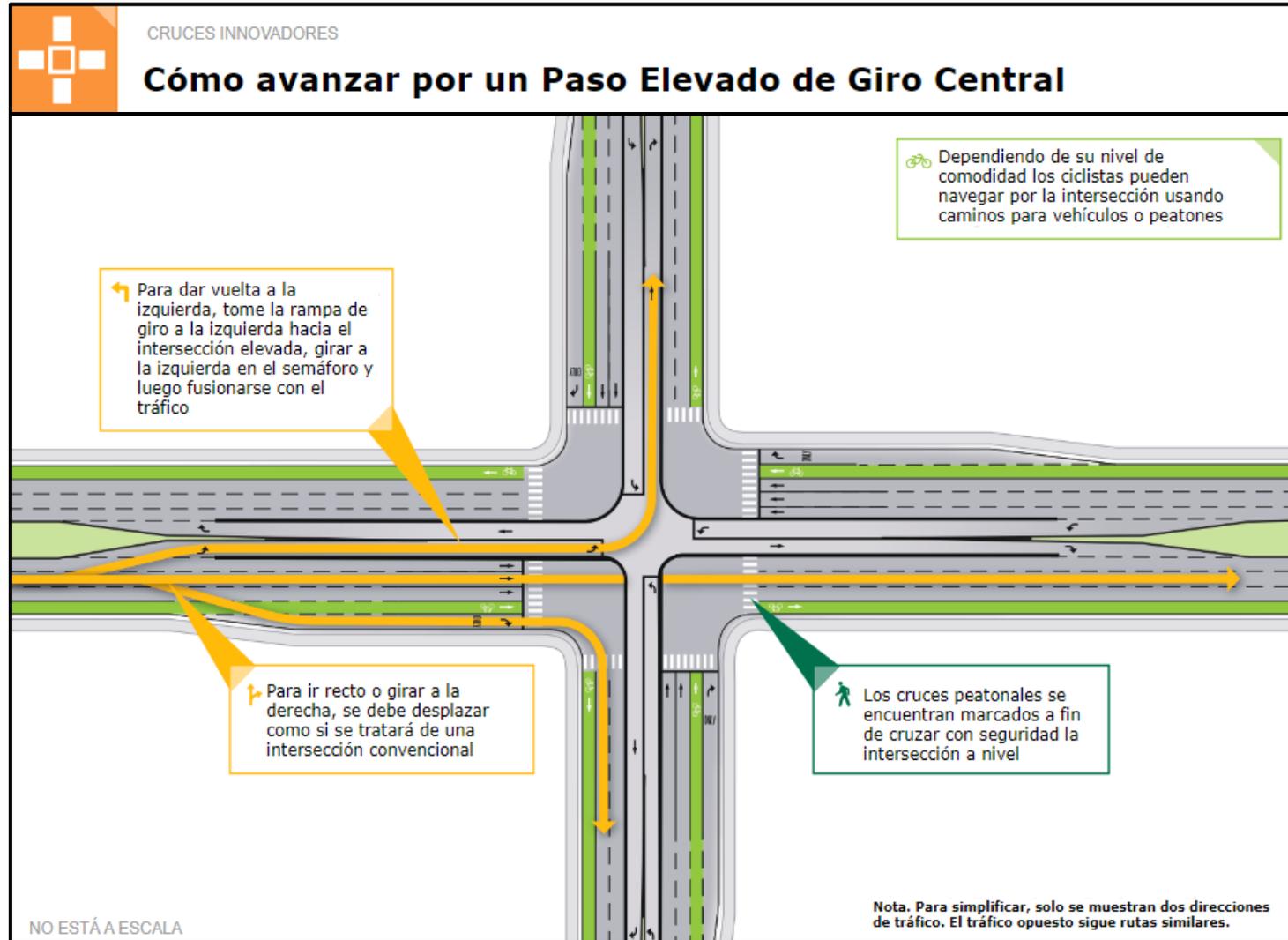
Ventajas y desventajas del Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda

Ventajas	Desventajas
Brinda mayor capacidad vial, disminución de los tiempos de recorrido, paso peatonal sin interrupciones, mejora de desplazamiento y sincronización de las avenidas que se intersecan, permite el ingreso a los negocios de los vecinos, aumenta de la seguridad.	Elevado costo de construcción, dificultad en el diseño si no se cuenta con calles perpendiculares, costo por derecho de diseño.

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 53

Operación del paso elevado con giro central (CTO)

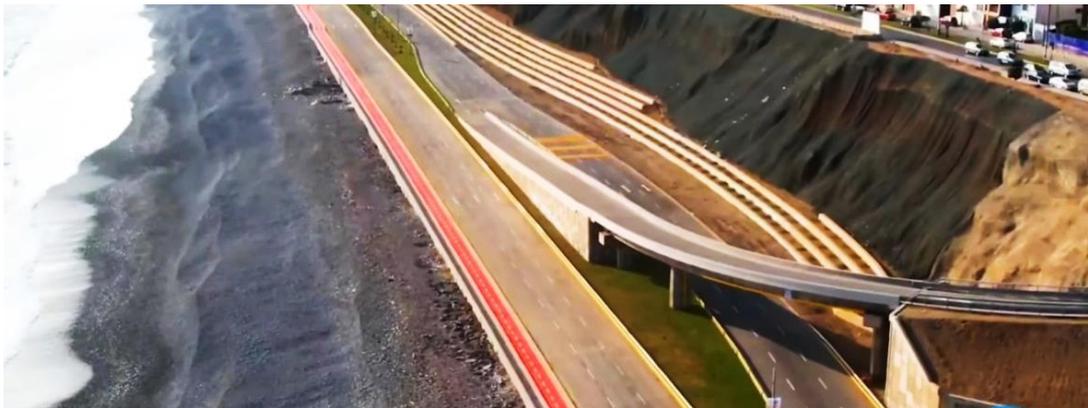


Nota. Tomado de Virginia Department of Transportation (2022).

Ahora bien, una de las variaciones de este tipo de diseño son los Pasos Elevados de Giro Central a la Izquierda; donde también se usa la mediana de la vía principal y secundaria como soporte principal de la estructura, la diferencia radica en que únicamente se construye un paso elevado para movilizar el giro a la izquierda más crítico de la intersección, como se observa en la Figura N°54 y 55.

Figura 54

Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en la Costa Verde



Nota. Obra ejecutada en la Costa Verde Tramo Callao. Adaptado de RPP (2020).

Figura 55

Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en Guayaquil



Nota. Proyecto vial ubicado en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Adaptado de Universo (2019).

2.2.6. Simulación de tránsito

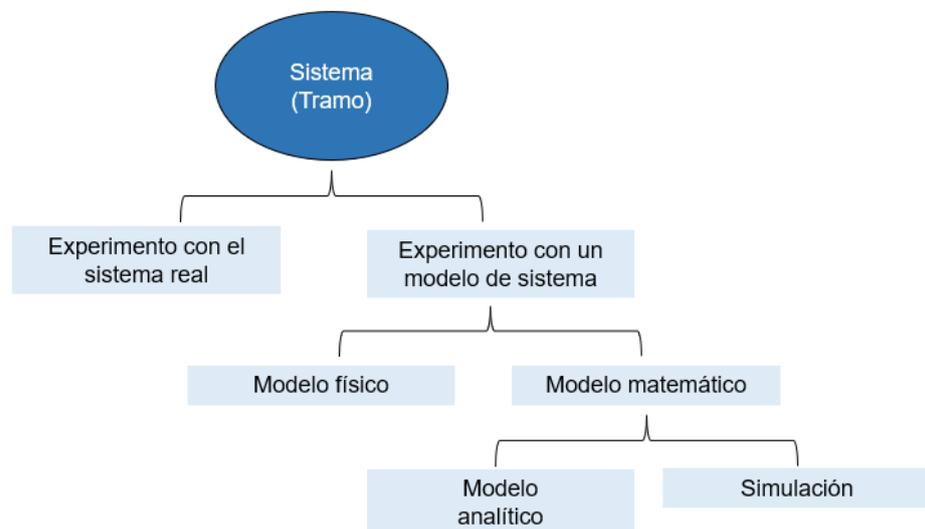
2.2.6.1. Métodos de análisis de transitabilidad

Con el propósito de optimizar el nivel de servicio de un sistema (intersección, tramo, porción de ciudad, ciudad), a lo largo de los años se han propuesto diferentes alternativas de solución vial como la calibración de semáforos, la implementación de transporte público masivo, los rediseños geométricos, entre otros.

De acuerdo con (Ingeniería Tv, 2021) (min10:36) existen diferentes formas de analizar un sistema, como se detalla en la Figura N°56:

Figura 56

Modelos de análisis de un sistema



Nota. Adaptado de Cabrerías (2021).

A continuación, se detallarán las formas que existen para analizar un sistema:

Experimento real, primero implicaría la construcción de la infraestructura propuesta, en segundo lugar, se analizaría si dicha alternativa resulta eficiente o no; en caso resulte deficiente se tendría que destruir y dar pie a una nueva construcción. Como se puede evidenciar ello resultaría inviable económicamente.

Experimento con un modelo de sistema, se puede dar de dos maneras:

Modelos físicos, referido básicamente a la representación a escala del modelo existe y propuesto, por medio del modelo se debería representar el comportamiento e interacción de los vehículos y persona. La construcción de modelos físicos es costosa.

Los modelos matemáticos, pueden ser:

Modelos analíticos, se realizan cálculos haciendo uso de las ecuaciones presentadas en el Manual de Capacidad de Carreteras HCM.

Simulaciones, permiten evaluar y representar de sistemas y propuestas a través del uso de la computadora, su nivel de análisis es más elevado a comparación de los métodos anteriormente mencionados.

2.2.6.2. Generalidades de la simulación

La simulación no es más que experimentar con un sistema (intersección, tramo, ciudad) a través de una computadora. Nos permite representar el sistema con un mayor nivel de detalle. Asimismo, en la charla del Colegio de Ingenieros transmitido por (Ingeniería Tv, 2021) (min 11:39) se destaca la precisión realizada por May (1990) acerca de la simulación, donde menciona que es “Una técnica numérica usada para realizar experimentos en computadora, la cual puede incluir características e involucra modelos matemáticos que describan el comportamiento de los sistemas de transporte”. Con la simulación se puede analizar la situación real de un sistema como también las propuestas que podrían mejorar dicha situación, es así como la simulación permite predecir el impacto de las propuestas en la condición actual del sistema.

Tabla 11

Ventajas y desventajas de la simulación

Ventajas	Desventajas
Costo mínimo por realizar la simulación	No utilizar si se puede resolver analíticamente
Determinar los cuellos de botella	La validación del modelo no es 100% seguro
Estudio ordenado de propuestas	La elección de propuestas no cuenta con respaldo científico
Experimentar los movimientos de vehículos	Exceder su funcionalidad en un modelo contempla un riesgo
Resolver sistemas complejos sin límite	-
Adaptable a nuevas mejoras	-

Nota. Adaptado de Ayala (2012).

2.2.6.3. Niveles de simulación de tránsito

De acuerdo con (Ingeniería Tv, 2021) (min 12:19) los niveles empleados durante la simulación son los siguientes:

- Nivel Macro

El análisis efectuado presenta un bajo nivel de detalle, debido a que se evalúan diversas vías pertenecientes a una ciudad. Se emplean softwares como TransCad y Aimsun.

- Nivel Mesoscópico

Se analiza una determinada porción de la ciudad con un nivel de detalle que permita evaluar los sistemas de gestión de tránsito.

- Nivel Microscópico

Permite analizar hasta 3 intersecciones en un espacio reducido, presenta un alto nivel de detalle.

2.2.6.4. Software de simulación de tránsito

Como complemento a modelos analíticos los cuales utilizaban ecuaciones para hallar el valor de muchos parámetros para un buen diseño de una propuesta, surgieron nuevas tecnologías en este ámbito como son los programas para el modelamiento de tráfico, uno de ellos es el conjunto de software desarrollado por Trafficware que trae un conjunto de 3 programas; "Synchro, Sim Traffic y 3D Viewer" los cuales aportan en el modelamiento, simulación, gestión y perfeccionamiento de la congestión vehicular.

Hace uso de la metodología HCM 2010 como base teórica para realizar diferentes cálculos relacionados al volumen vehicular, capacidad y niveles de servicio de la vía o intersección.

Con respecto al primer software Synchro, posee herramientas que permite insertar datos obtenidos del estudio de campo como pueden ser el ancho y número de carriles, el volumen vehicular, geometría de la estructura vehicular y el control de tiempos de semaforización.

Los modelos complementarios como 3D Viewer y SimTraffic, son modelos de simulación microscópica, que simulan los movimientos de vehículos individuales.

Figura 57

Paquete de software de simulación de la empresa Trafficware



Nota. La figura muestra los tres tipos de Software incluidos en el Paquete de Synchro Studio 11.0. Adaptado de Synchro 11.0 (2022).

2.3. Diseño geométrico

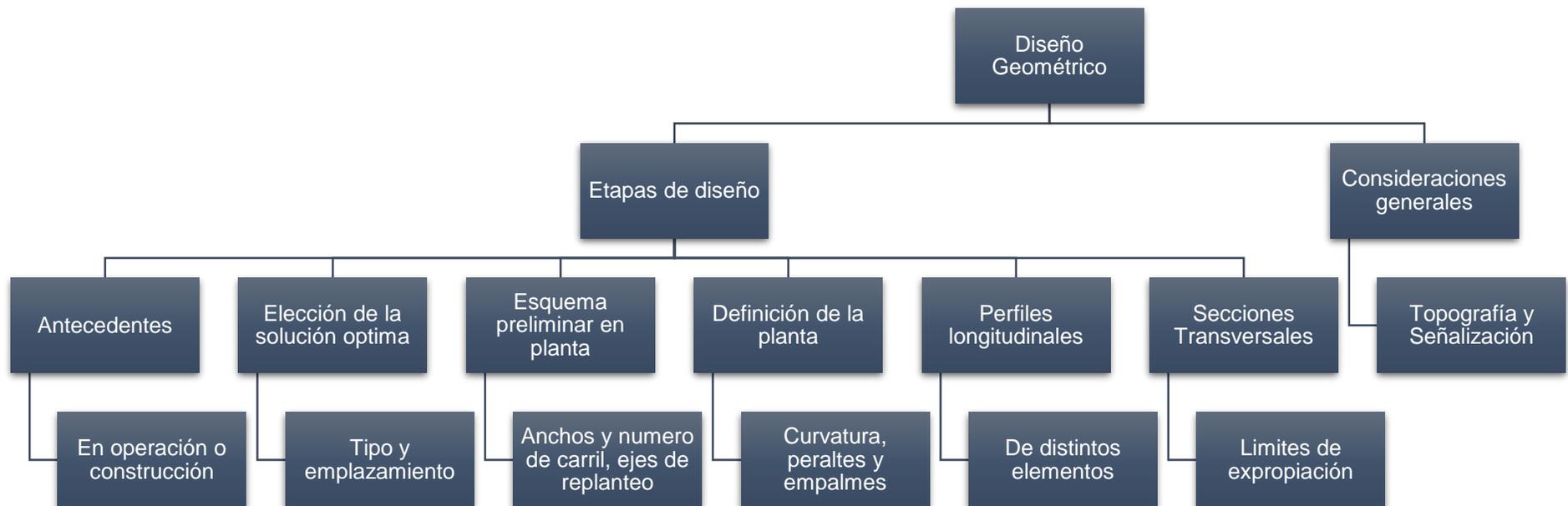
Según el manual DG-2018 es importante llevar a cabo un “análisis con un modelo de simulación de tránsito, que permita examinar el funcionamiento de la intersección en conjunto con la malla vial aledaña” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Por otra parte, para realizar un diseño geométrico es primordial comenzar con los resultados de conteo y clasificación vehicular obtenidos del estudio de tráfico (DG-2018).

Asimismo, tener en cuenta una serie de actividades directas e indirectas que afectan durante el proceso de diseño de una infraestructura vial, que se detalla a continuación en un mapa conceptual:

Figura 58

Etapas de diseño geométrico



Nota. Adaptado del manual DG-2018

2.3.1. Características del tránsito

La característica más importante a tener en cuenta es el volumen de tránsito, el cual es un indicador, para saber si una vía necesita mejora parcial o realizar modificación de diseño geométrico por completo. Asimismo, afecta en las consideraciones paramétricas de diseño geométrico para una vía. Una forma de hallar el volumen vehicular es el IMDA.

2.3.1.1. Índice medio diario anual (IMDA)

Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018) es el “promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía”.

$$IMDA = IMDS \times FC$$

$$DS = \sum Vi / 7$$

Donde:

IMDA: índice medio diario anual / IMDS: Índice medio diario semanal

Vi: Volumen vehicular diario (7 días) / Fc: Factor Corrección estacional

2.3.1.2. Vehículos de diseño

Para efectuar el diseño geométrico de la propuesta vial es importante tener en consideración las dimensiones y características de los vehículos que circulan por el tramo de estudio. Usualmente son los vehículos pesados son los que determinan la geometría de una vía, “el vehículo de diseño normal será el vehículo comercial rígido (camiones y/o buses)” (MTC, 2018).

Tabla 12

Vehículos de diseño establecidos por el DG – 2018

Tipos de Vehículos	Largo (m)
Vehículo ligero (VL)	5.80
Ómnibus de 2 ejes (B2)	13.20
Ómnibus de 3 ejes (B3-1)	14.00
Ómnibus de 4 ejes (B4-1)	15.00
Ómnibus articulado (B4-1)	18.30
Semirremolque simple (T2S1)	20.50
Remolque simple (C2R1)	23.00
Semirremolque doble (T3S2S2)	23.00
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	23.00
Semirremolque simple (T3S3)	20.50

Nota. Adaptado del manual DG-2018

2.3.1.3. Tránsito Futuro

En el diseño de un proyecto vial es importante considerar el volumen vehicular futuro de acuerdo con ello se realiza la proyección hacia futuro, que generalmente se considera para los años de vida útil (50 años) de la infraestructura o un periodo de diseño base de 20 años. La fórmula para hallar el volumen futuro es el siguiente:

$$Pf = Po * (1 + Tc)^n$$

Donde:

Pf: Tránsito final

Po: Tránsito inicial

Tc: tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo

n: año a estimarse

2.3.2. Parámetros de Diseño Geométrico

Para el diseño geométrico de intercambios viales, se tendrá en cuenta algunos parámetros básicos de diseño que están estipulados dentro del manual de carreteras DG-2018 que se detallan a continuación:

Tabla 13

Velocidad de diseño, Radio de giro mínimo y peraltes máximos

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P. máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área Urbana	30	4.00	0.17	33.70	35
	40	4.00	0.17	60.00	60
	50	4.00	0.16	98.40	100
	60	4.00	0.15	149.20	150
	70	4.00	0.14	214.30	215
	80	4.00	0.14	280.00	280
	90	4.00	0.13	375.20	375
	100	4.00	0.12	492.10	495
	110	4.00	0.11	635.20	635
	120	4.00	0.09	872.20	875
130	4.00	0.08	1108.90	1110	

Nota. Adaptado del manual DG-2018

Cabe precisar que a través del Decreto Supremo 025-2021-MTC en julio del 2021 se modificó el Reglamento Nacional de Tránsito, donde se precisa que la velocidad “en calles y jirones de las zonas urbanas no debe exceder los **30km/h** (antes era 40km/h). Igualmente, en las avenidas no deben superar los **50 km/h** (antes eran 60km/h)” (Diario El Peruano, 2022).

Tabla 14*Capacidad de las vías en intersecciones a desnivel*

Capacidad de las vías en intersecciones a desnivel		
Tipo de vía	Ancho de carril (m)	Capacidad por carril (Veh/Hr)
Principal	3.6	1.5
Secundaria	3.3	1.35
De enlace	-	1.2
Carril de desaceleración		1.2

Nota. Adaptado del manual DG-2018**Tabla 15***Valores del peralte máximo*

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (P)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6%	4%
Zona rural (plano/ondulado/accidentado)	8%	6%
Zona rural (accidentado/ escarpado)	12%	8%
Zona rural con peligro de deshielo	8%	6%

Nota. Adaptado del manual DG-2018**Tabla 16***Bombeo para la calzada*

Tipo de Superficie	Peralte Máximo (P)	
	Precipitación < 500 mm/año	Precipitación > 500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2	2.5
Tratamiento Superficial	2.5	2.5 - 3.0
Afirmado	3.0 - 3.5	3.0 - 4.0

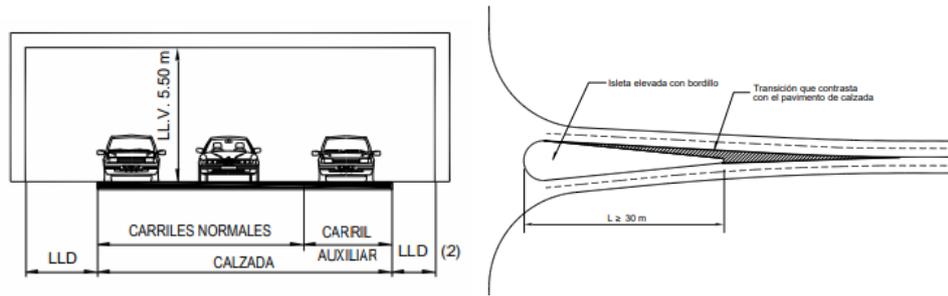
Nota. Adaptado del manual DG-2018**Tabla 17***Cuadro de consideraciones geométricas*

Sección transversal	
Elementos	Parámetros
Ancho de carril	3.30 m - 3.60 m
Bermas	2.60 m
Separador central	1.00 m - 6.00 m
Vereda para zonas comerciales	min 1.50 m
Pendiente	0.5% - 6.0%
Gálibo	5.50 m
Islas divisorias	30 m – 100 m

Nota. Adaptado del manual DG-2018

Figura 59

Gálibo e islas divisorias



Nota. Tomado del Manual DG-2018

Calidad de flujo según el volumen vehicular

Para analizar la calidad de flujo es importante saber el volumen vehicular que pasa por una hora, tal como se muestra a continuación:

Tabla 18

Calidad de flujo según volumen por carril

Calidad de flujo	Volumen por carril
I	2000
II	1900
III	1800
IV	1700
V	1600

Nota. Adaptado del manual DG-2018

2.3.3. Software de diseño geométrico

Para el diseño geométrico de obras viales se tiene diversos programas que permiten optimizar los tiempos de la fase de diseño, dentro de las más recientes se tiene el software Istram Ispol, programa español donde una de las características diferenciadoras con respecto a otros, es que este software utiliza como fuente teórica el manual de diseño geométrico del país donde se está utilizando.

Su interfaz permite adaptar información geométrica de diferentes componentes de una obra vial, tiene la capacidad de cálculo de grandes datas, lo que aumenta la productividad obteniendo resultados inmediatos en cada fase del proyecto vial.

Para el renderizado en 3 dimensiones también existen diversos programas, dentro estos se destaca el programa Lumion, dado que renderiza un proyecto conceptual añadiendo texturas más realistas.

2.4. Definición de términos básicos

Avenidas: Conjunto de vías importantes de conexión de una ciudad que soportan la mayor circulación de vehículos, tienen 2 sentidos de circulación, en las cuales convergen las vías secundarias.

Berma central: Es uno de los elementos de la estructura vial en la cual no hay circulación de vehículos y solos sirve como separación de vías.

Berma lateral: es un espacio que se encuentra al margen de una carretera, dicho lugar es destinado para la detención momentánea de vehículos en emergencia.

Calle: Lugar público que permite la transitabilidad de personas y vehículos y a la vez brinda acceso a las viviendas que se ubican a cada lado.

Carril: Es una vía en la cual circula una sola fila de vehículos, cuenta con un ancho habitual de 3.60 m.

Carril auxiliar: Carril adicional que abastece al flujo vehicular proveniente de giros a la izquierda procedente de la vía principal en volúmenes importantes. Algunas veces sirven para el desplazamiento de vehículos de emergencia.

Carril de desaceleración: Carril que sirve salir de una vía rápida sin tener que reducir la velocidad, el cual a la vez previene accidentes por alcance.

Carril de aceleración: Ayuda a que un vehículo que transita se incorpore a la circulación principal, adaptando la velocidad del vehículo a la de la nueva vía al que se desea integrar.

Congestión vehicular: En términos generales es el estancamiento de vehículos, producido por el aumento de demanda en las vías; como resultado se tiene la disminución de la velocidad de recorrido, así como pérdidas económicas.

Cruce a desnivel: Es la separación de flujos mediante vías que van a diferentes niveles en una determinada intersección, puede ser en 2 o más niveles.

Desvío: Vía de circulación que se aparta de otra vía principal, generalmente es de carácter temporal que se da a consecuencia de obras de construcción, accidentes u otras causas.

Elementos viales: Conformado por carril, separador central, bermas, cuneta, entre otros.

Entrecruzamiento: Unión de 2 vías paralelas que intersecan en un punto y vuelven a su estado inicial.

Estudio de campo: Comprende toda actividad con fines de análisis e identificación de la zona a estudiar.

FHWA: Agencia estatal encargado de administrar la construcción, mantenimiento e investigación, de la red vial de los EEUU.

Geometría vial: Forma geométrica de una determinada vía, intersección u otra infraestructura vial.

Imagen satelital: Conjunto de imágenes de la superficie terrestre recolectada de los servicios en línea como Google Earth.

Intersecciones semaforizadas: Ayuda a mitigar y solucionar los diferentes problemas y controversias que se pueden presentar en un cruce.

Modelamiento: Referido al trazado y diseño geométrico de obras viales, carreteras, intercambios, intersecciones, etc.

Obras de arte: Conjunto de estructuras complementarias que integran la infraestructura vial, se clasifican en obras de drenaje, estructuras de protección y obras de seguridad vial.

Operación: Nivel de funcionalidad de una propuesta vial en diferentes condiciones de circulación

Paradero: Es un componente urbano de uso público donde los pasajeros esperan el transporte público para llegar a su destino.

Parque automotor: Referido a la total de vehículos que transitan dentro del territorio de un país.

Propuestas Innovadoras: Referido a soluciones viales más eficientes en la solución de problemas de congestión vehicular.

Propuesta vial: Referido a un grupo de alternativas ya sea de gestión de tránsito o una modificación radical en una intersección vial

Puntos críticos: Referido a partes específicas de una vía donde el flujo vehicular sufre retrasos y desplazamiento lento.

Sección transversal: Es un corte transversal en el cual se puede observar las medidas de los elementos que conforman la carretera y su adaptación a la superficie del terreno.

Semáforo: Es un instrumento de control de tráfico que se ubica en los cruces de las calles, son usados para regular el tránsito vehicular y peatonal.

Simulación: Referido al estudio y evaluación del comportamiento del flujo vehicular mediante la utilización de programas computarizados.

Soluciones Integrales: Referido a la ejecución de un conjunto de obras viales que tiene por finalidad dar solución a la congestión de un tramo vial, mas no puntual.

Tráfico: se define como “el desplazamiento de bienes y/o personas en los medios de transporte” (Provias Descentralizado, 2009).

Tramo: Porción de una determinada vía usualmente con características similares.

Tránsito: viene a ser “el flujo de vehículos que circulan por la carretera, pero que usualmente se denomina tráfico vehicular” (Provias Descentralizado, 2009).

Tratamiento vial: Conjunto de acciones que tienen la finalidad de mejorar las condiciones geométricas y operativas de una determinada vía, que en consecuencia mejorar la capacidad y nivel de servicio.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis General

La propuesta vial optimiza en más del 40% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina ubicada en Lima Metropolitana.

2.5.2. Hipótesis Específicas

H1: La identificación de puntos críticos contribuye con la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

H2: La Propuesta Vial de Intersección de Flujo Continuo en los cruces de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la Av. La Molina optimiza en más del 30% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

H3: La Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina optimiza en más del 40% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

H4: La Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina optimiza en más del 35% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

H5: La elaboración del diseño geométrico conceptual de la propuesta vial ganadora contribuye con la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Enfoque de la investigación

Según Hernández (2014), una investigación puede tener un enfoque cuantitativo (deductivo), cualitativo (inductivo) o mixto.

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, debido a que se estimará en qué medida las propuestas viales optimizan la transitabilidad del tramo en estudio en término de tiempo, velocidad, longitud de cola y nivel de servicio. Además, durante su desarrollo se seguirá un proceso secuencial que iniciará con la determinación de intersecciones altamente congestionadas en la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina y culminará con la elección de la propuesta vial más adecuada que logre optimizar la transitabilidad del tramo en estudio.

3.1.2. Tipo de investigación

De acuerdo con Hernández (2014) las investigaciones tienen dos finalidades principales “a) producir conocimiento y teorías (investigación básica) y b) resolver problemas (investigación aplicada)”.

La presente investigación es aplicada debido a que busca optimizar la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina, por medio de propuestas ingenieriles integrales tales como el tratamiento en conjunto de 03 intersecciones y la adaptación de diseños innovadores a éstas mismas. Para ello se emplearán conocimientos y/o experiencias previas plasmadas en los diferentes manuales del MTC, así como también en el Libro Verde “Políticas de Diseño Geométrico para Calles y Carreteras de la AASHTO, los informes emitidos por la Administración Federal de Carreteras y los Departamentos de Transporte de los Estados Unidos.

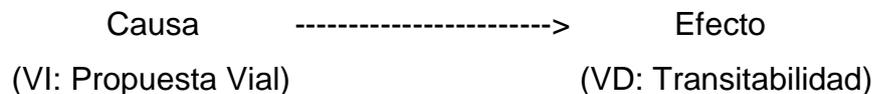
3.1.3. Nivel de la investigación

Según el nivel de desarrollo una investigación generalmente puede ser exploratoria, descriptiva o explicativa. Arístides (2018)

Ahora bien, la investigación presenta un nivel de desarrollo explicativo en vista de que analiza y mide los efectos de las propuestas viales no tradicionales en el comportamiento de la transitabilidad vehicular del tramo en estudio, para ello se harán simulaciones de tránsito vehicular. Cabe precisar que para realizar investigaciones de este tipo se tiene una gran variedad de información previa.

3.1.4. Diseño de la investigación

Según Hernández (2014) las investigaciones cuantitativas pueden ser experimentales o no experimentales, esta investigación empleará el diseño experimental debido a que se analizará la influencia de diferentes diseños viales innovadores en la mejora de los niveles de servicio del tramo en estudio, es decir, se establecerá una relación de causa- efecto entre las variables independiente y dependiente, tal como se observa a continuación:



Se manipularán y analizarán las propuestas viales a través de la simulación vehicular en el Paquete de Softwares Synchro 11.0, a fin de determinar su repercusión en la optimización de la transitabilidad del tramo en estudio.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La investigación tiene como población a la Avenida Javier Prado, vía expresa que cuenta con una extensión de 19.8km aproximadamente, está situado en la Provincia y Departamento de Lima. Cabe precisar que recorre los Distritos de Ate, La Molina, Surco, San Borja, San Isidro y Magdalena del Mar.

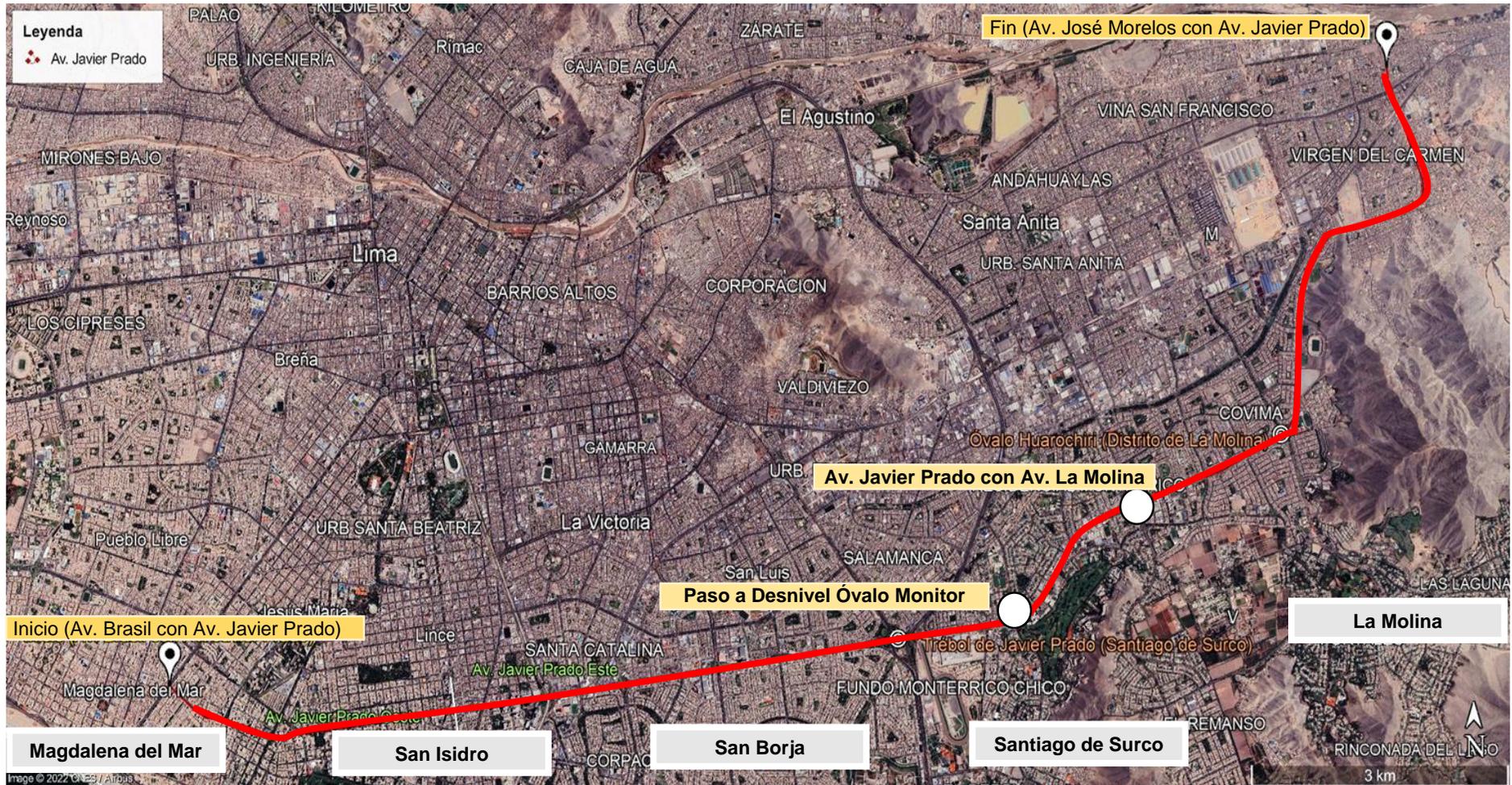
En vista de que la Avenida recorre gran parte de la ciudad de Lima, se delimitará población de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión:

- Que cuente con la presencia de Universidades, Centros Comerciales y en general espacios donde se movilizan un gran número de personas.
- Que no presenten tratamiento vial
- Alto volumen vehicular
- Que permita la conexión del Distrito de La Molina con el centro financiero de Lima.

En base a estos criterios, la población finalmente fue delimitada al Tramo de la Av. Javier Prado situado entre los Distritos de La Molina y Santiago de Surco, tal como se puede apreciar en la siguiente imagen satelital:

Figura 60

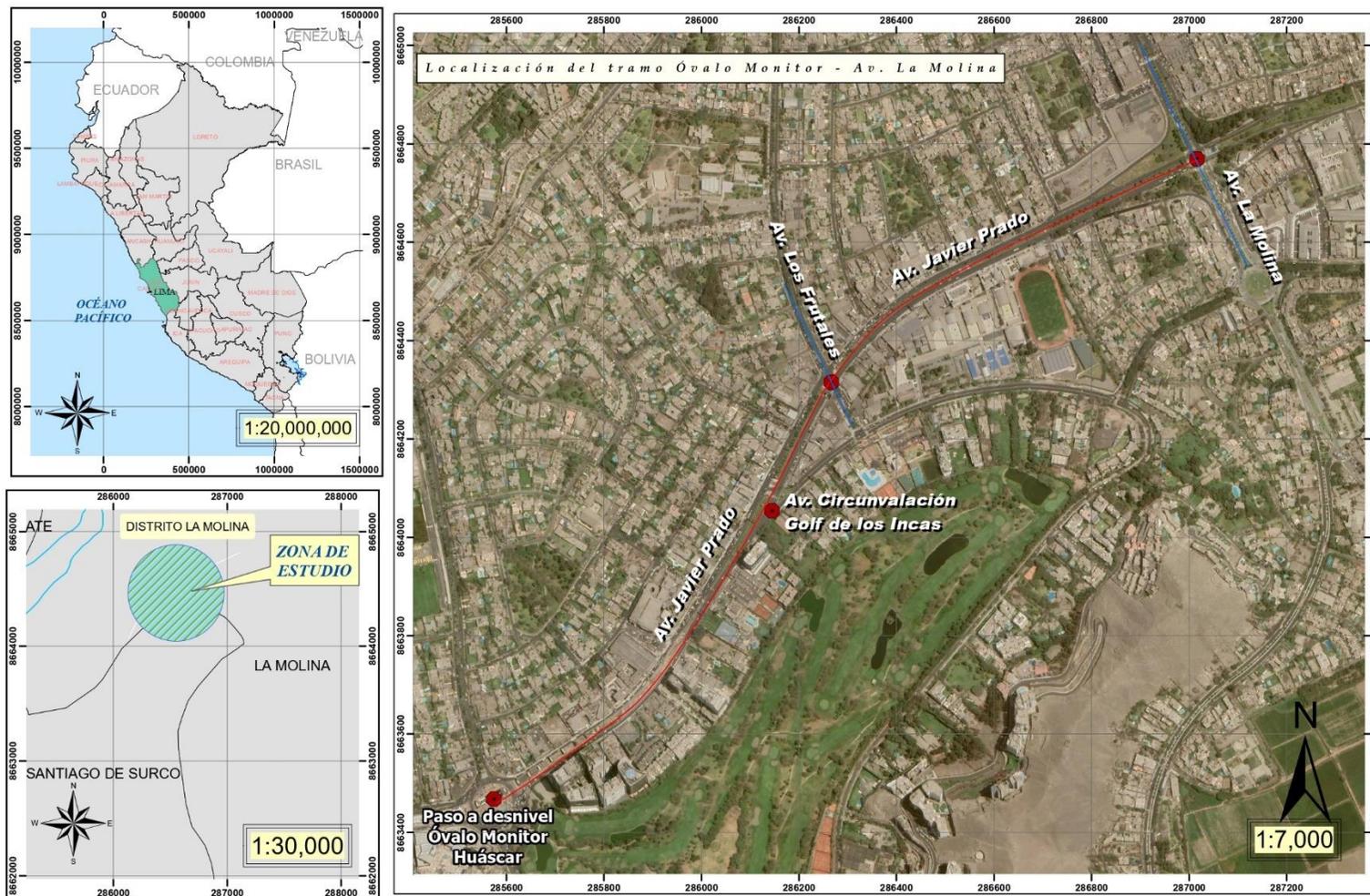
Se muestra la población conformada por la Av. Javier Prado



Nota. Adaptado de Google Earth (2022)

Figura 61

Muestra representativa conformado por el tramo Óvalo Monitor – Av. La Molina



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN : TRAMO ÓVALO MONITOR
 - AV. LA MOLINA
 DISTRITO : LA MOLINA
 PROVINCIA : LIMA
 DEPARTAMENTO : LIMA

Nota. Adaptado ArcGis (2022).

3.2.2. Muestra

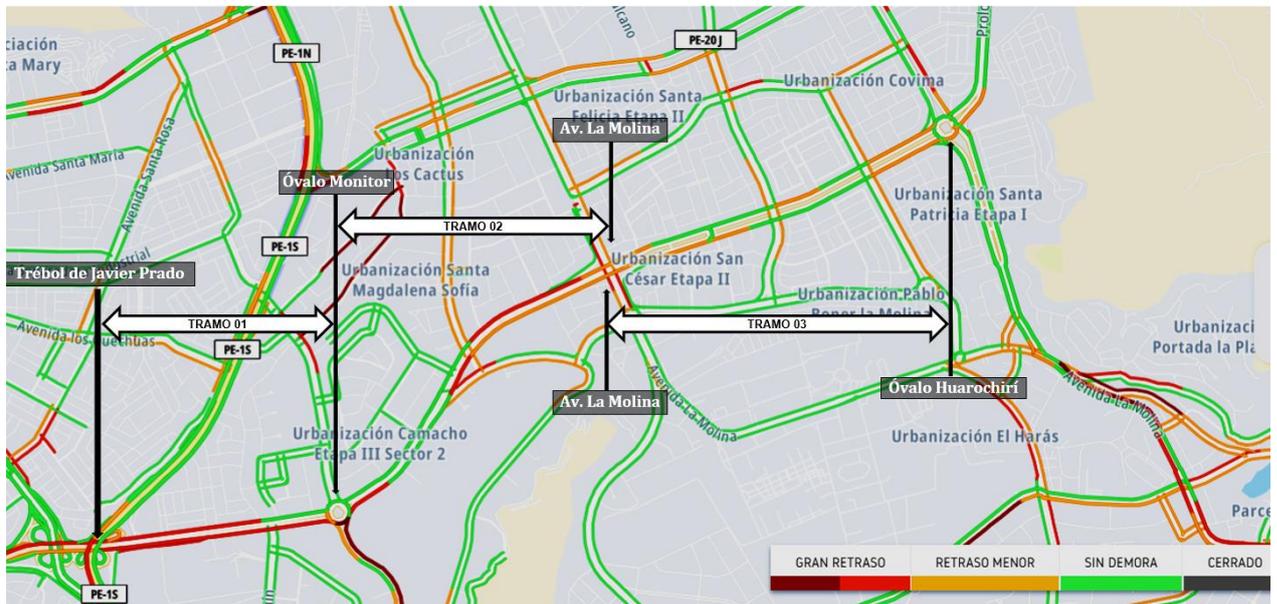
Se desarrolló un muestreo no probabilístico de tipo intencional o por criterio alineado a los objetivos de la investigación. La muestra fue escogida en base a los objetivos de la presente investigación, el cual está orientado a determinar en qué medida una propuesta vial optimiza la transitabilidad. Los criterios tomados en cuenta son:

3.2.2.1. Congestión Vehicular

Para realizar esta evaluación se recurrió a los Reportes de tráfico en tiempo real de la Empresa TomTom que categoriza el flujo de tráfico de la siguiente manera: Gran retraso, representado con el color rojo; retraso, con el color amarillo y sin demora, con el color verde. En la figura N°63 se observa el flujo vehicular en la avenida Javier Prado:

Figura 62

Reporte TomTom del flujo vehicular de la Av. Javier Prado Este



Nota. Obtenido de TomTom (2022).

Tramo Trébol de Javier Prado- Óvalo Monitor, tiene un flujo vehicular con gran retraso

Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina, tiene un flujo vehicular con gran retraso y retraso moderado.

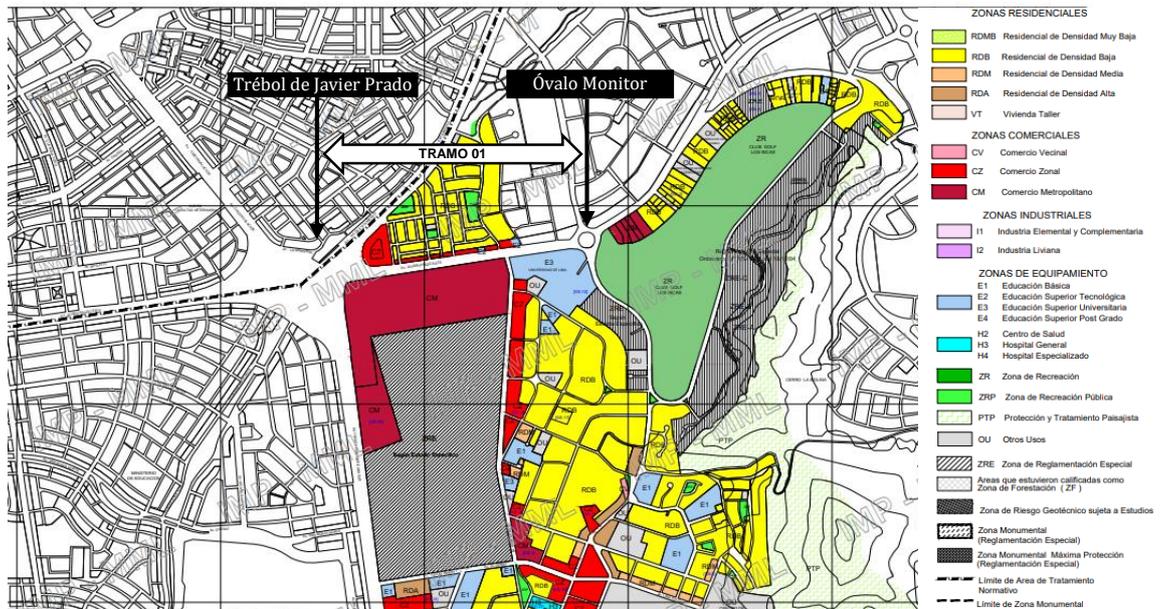
Tramo Av. La Molina- Óvalo Huarochirí, tiene un flujo vehicular con retraso moderado y sin demora.

3.2.2.2. Zonificación por tramo

Para evaluar el beneficio social que traerían las propuestas viales, se recurrirá al Plano de Zonificación proporcionado por el Instituto Metropolitano de Planificación, como se evidencia en la Figura N°64 y 65.

Figura 63

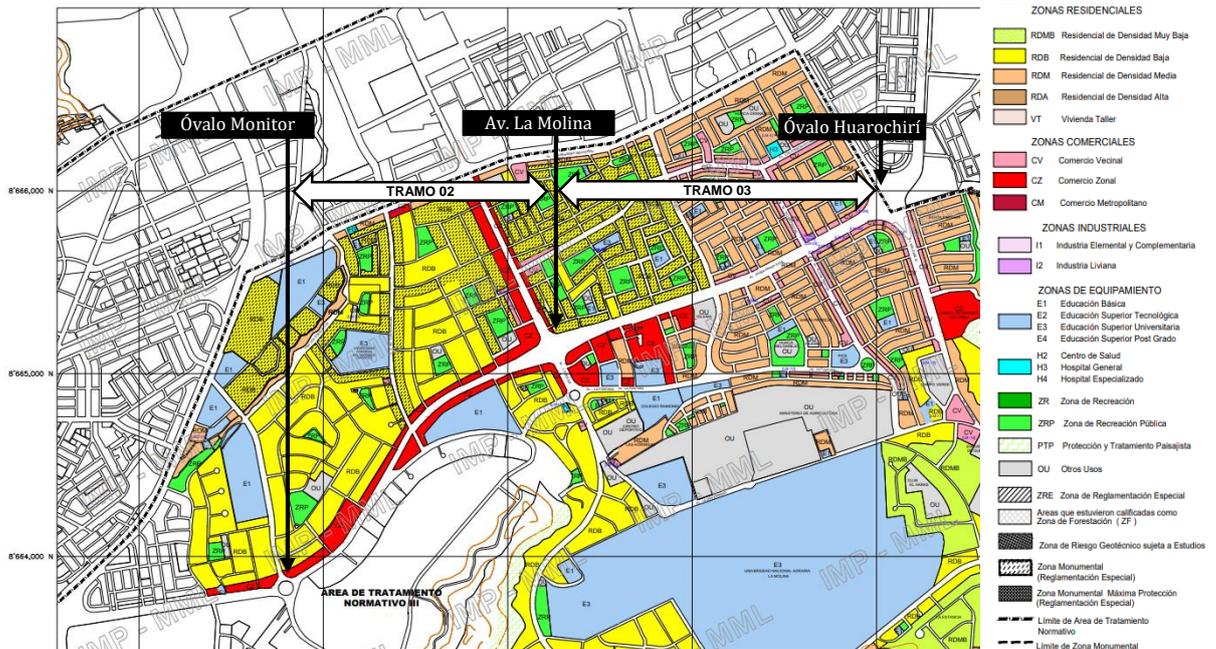
Zonificación de la Av. Javier Prado situado en el Distrito de Surco



Nota. Adaptado del Sistema de Información Geográfica- IMP (2022).

Figura 64

Zonificación de la Av. Javier Prado situado en el Distrito de la Molina



Nota. Adaptado del Sistema de Información Geográfica- IMP (2022).

Trébol de Javier Prado- Óvalo Monitor, compuesto por zonas de comercio metropolitano, zonas de educación y zonas residenciales de densidad baja.

Óvalo Monitor- Av. La Molina, compuesto en su mayoría por comercio zonal, es decir por el tramo se desplazan un gran número de usuarios de vía.

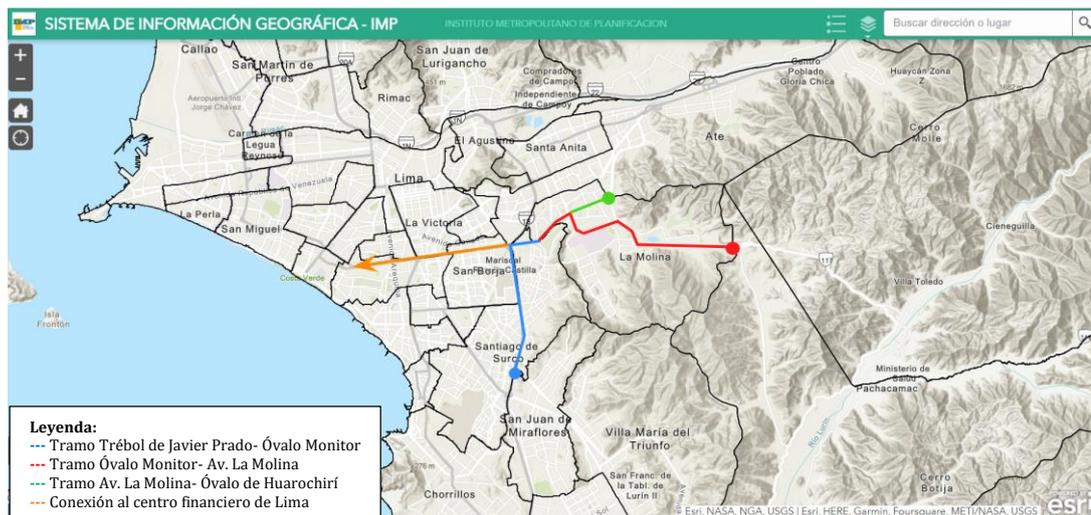
Av. La Molina- Óvalo Huarochirí, compuesto por la zona residencial de densidad media y comercio vecinal, es decir no es concurrido.

3.2.2.3. Conexión Interdistrital

Para evaluar si el tramo permite la conexión de los distritos con el centro financiero de la ciudad, se usará el Mapa Distrital de Lima, obtenido del Instituto Metropolitano de Planificación, mismo que se muestra a continuación:

Figura 65

Conexión interdistrital a través de la Av. Javier Prado Este



Nota. Adaptado del Sistema de Información Geográfica- IMP (2022).

Trébol de Javier Prado- Óvalo Monitor: A través del empalme entre la Av. Golf de Los Incas permite la conexión del Distrito de Santiago de Surco con el centro financiero de Lima.

Óvalo Monitor- Av. La Molina: A través del empalme entre la Av. La Molina con la Av. Javier Prado permite la conexión del Distrito de La Molina, Pachacamac y Cieneguilla con el centro de Lima. Cabe precisar que el Distrito de La Molina cuenta únicamente con dos vías principales de salida, estas son la Av. Javier Prado y la Av. Raúl Ferrero, siendo la más empleada la primera por lo que se debería priorizar su tratamiento.

Av. La Molina- Óvalo Huarochirí: A través de la Av. Prolongación de la Av. Javier Prado permite la conexión del Distrito de Ate con el centro de Lima.

3.2.2.4. Que no hayan presentado algún tratamiento vial reciente

Trébol de Javier Prado - Óvalo Monitor, se realizaron importantes obras, tal es el caso del intercambio vial trébol de Javier Prado y la reciente construcción del paso a desnivel Óvalo Monitor.

Figura 66

Trébol de Javier Prado y Paso a Desnivel Óvalo Monitor



Nota. Adaptado del Sistema de Información Geográfica- IMP (2022).

Óvalo Monitor- Av. La Molina- Óvalo Huarochirí, tramos donde aún no se realizó una obra de rediseño vial en los últimos años.

Figura 67

Trébol de Javier Prado y Paso a Desnivel Óvalo Monitor



Nota. Adaptado del Sistema de Información Geográfica- IMP (2022).

A fin de determinar la muestra cada uno de los criterios anteriormente mencionados fueron calificados de 0 – 3 de acuerdo con los objetivos de la investigación, en base a ello se elaboró la Tabla N°18 que fue representada a través de la Figura N°69.

Tabla 19

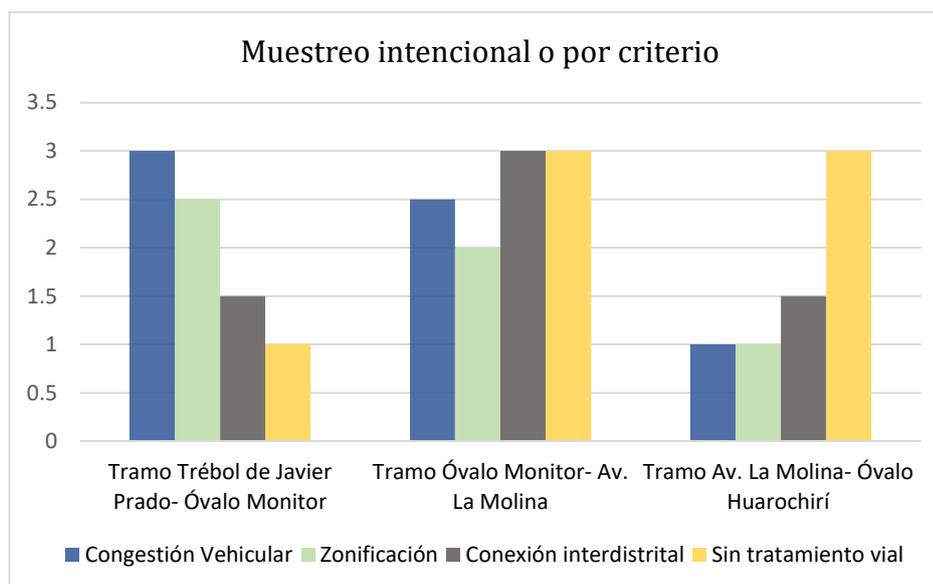
Determinación de la muestra representativa

Determinación de la Muestra Representativa	Congestión Vehicular	Zonificación	Conexión Interdistrital	Sin Tratamiento Vial
	(0-3)	(0-3)	(0-3)	(0-3)
Tramo Trébol de Javier Prado - Óvalo Monitor	3	2.5	1.5	1
Tramo Óvalo Monitor - Av. La Molina	2.5	2	3	3
Tramo Av. La Molina - Óvalo Monitor	1	1	1.5	3

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 68

Diagrama de la determinación de la muestra representativa

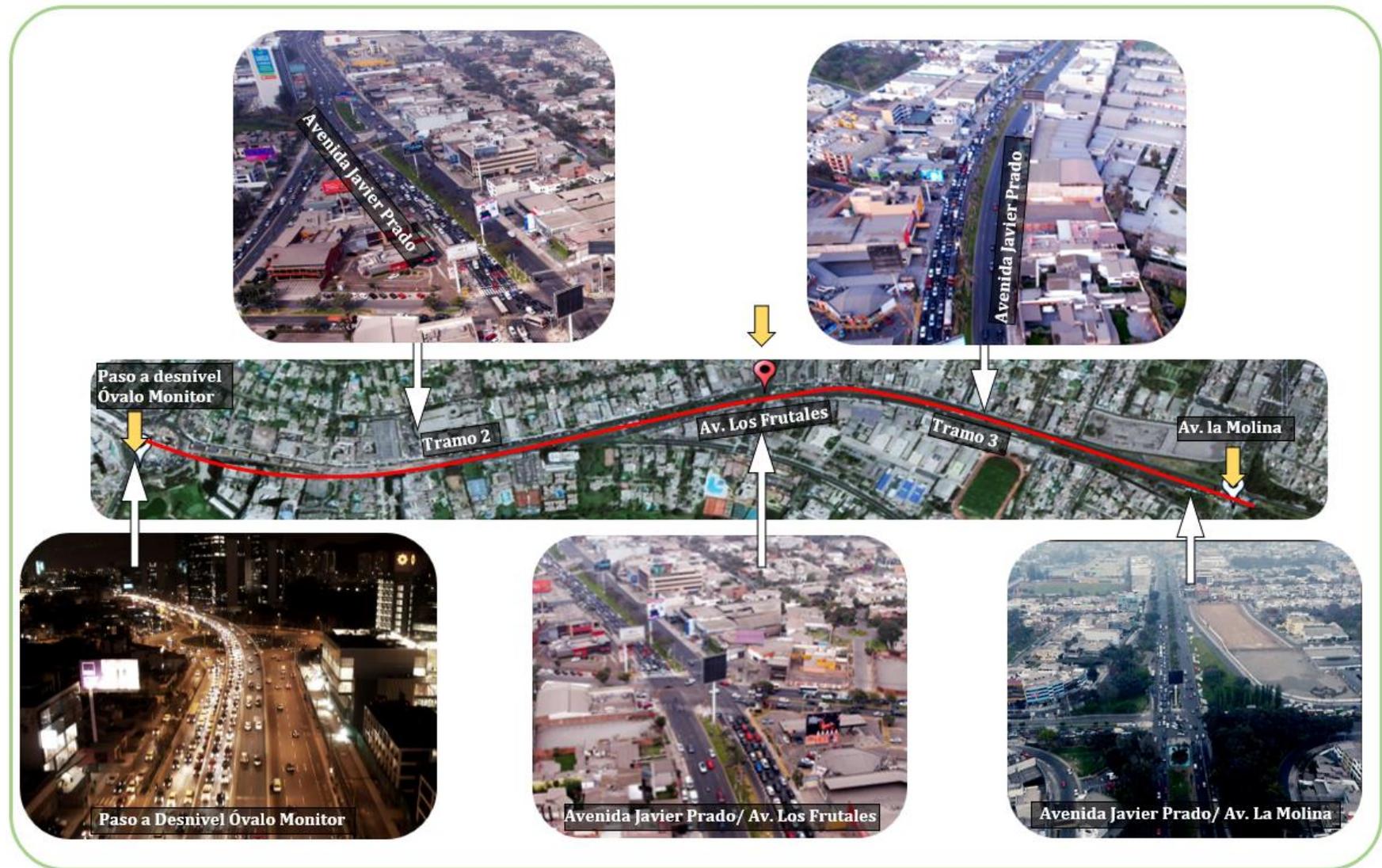


Nota. Elaborado por los autores (2022).

Es así que en la presente investigación se determina como muestra representativa, al Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina situado en la Av. Javier Prado, Distrito de La Molina, Provincia y Departamento de Lima. A continuación, se mostrarán mayores detalles de la muestra.

Figura 69

Intersecciones y avenidas que conforman la muestra representativa



Nota. Elaborado por los Autores (2022).

3.3. Definición de Variables

3.3.1. Definición Conceptual

La presente investigación tiene como variable independiente a la propuesta vial y como variable dependiente a la transitabilidad, estas se definen conceptualmente de la siguiente manera:

Tabla 20

Definición Conceptual de las variables

Variables	Definición Operacional
VI: Propuesta Vial	Posible alternativa de solución y/o mejora del diseño vial existente y las condiciones de operación de una vía.
VD: Transitabilidad	Operación de una vía en condiciones óptimas que permite el desplazamiento fluido de los vehículos

Nota. Elaborado por los autores (2022).

3.3.2. Definición Operacional

La presente investigación tiene como variable independiente a la propuesta vial y como variable dependiente a la transitabilidad, estas se definen operacionalmente de la siguiente manera:

Tabla 21

Definición Operacional de las variables

Variables	Definición Operacional
VI: Propuesta Vial	Resultados del Modelamiento, simulación y diseño geométrico.
VD: Transitabilidad	Resultados de los niveles de servicio y parámetros de eficiencia como la velocidad, tiempo y longitud de cola.

Nota. Elaborado por los autores (2022).

3.4. Operacionalización de las Variables

En la Tabla N°22 se muestra la operacionalización de las variables:

Tabla 22

Operacionalización de las variables.

Variables	Dimensiones	Indicador
VI: Propuesta Vial	Intersecciones Críticas del Tramo en estudio	Categorización de vías
		Configuración geométrica
		Volumen vehicular
	Propuesta vial 01: Intersección de Flujo Continuo en Av. Los Frutales y Av. La Molina	Estudio de campo
		Representación en planta
		Estudio de tráfico
		Modelamiento y simulación
	Propuesta vial 02: Paso Elevado de giro central a la Izquierda en Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en Av. La Molina.	Estudio de campo
		Representación en planta
		Estudio de tráfico
		Modelamiento y simulación
	Propuesta vial 03: Paso Elevado de giro central a la Izquierda en Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de un Solo Punto en Av. La Molina.	Estudio de campo
		Representación en planta
		Estudio de tráfico
		Modelamiento y simulación
Diseño Geométrico de la Propuesta vial Óptima con Istram Ispol	Plano en planta	
	Sección transversal	
	Modelamiento en 3D	
VD: Transitabilidad	Parámetros de Eficiencia	Tiempo (seg)
		Velocidad (m/s)
	Nivel de Servicio	Densidad (Veh/Km)

Nota. Elaborado por los autores (2022).

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En este apartado se detallarán los procedimientos a seguir para el recojo de la información primaria, asimismo se precisarán los principales equipos y herramientas que permitirán acopiar y consolidar la información recolectada.

3.5.1. Estudios Preliminares del Tramo en Estudio

Se empleará la técnica de Revisión de Imágenes Satelitales, para ello se hará uso de diferentes plataformas digitales como Geo Perú para localizar y ubicar distritalmente al Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina; Reportes de flujo vehicular para conocer el tráfico típico (gran retraso, retraso menor, sin demora) de la zona en estudio y aproximar la hora punta; Google Earth para estimar las dimensiones preliminares de las calzadas, separadores centrales, bermas y demás elementos de vía.

Cabe precisar que los instrumentos digitales mencionados están administrados por organismos y empresas de gran prestigio del sector público y privado como la Secretaría de Gobierno y Transformación Digital del Perú, la Empresa Tom Tom y Alphabet, por lo que la información proporcionada es fiable, asimismo el contenido brindado es único, claro y fácil de interpretar por ende también son válidos.

Figura 70

Plataformas Digitales



Nota. Adaptado de Geo Perú, Google Maps, Google Earth (2022).

3.5.2. Determinación de Puntos Críticos

En este punto se hará uso de la técnica de revisión de documentación como el Plano del Sistema Vial Metropolitano de Lima aprobado por Ordenanza N°341 de donde se obtendrá la categoría de las vías

y el Manual de Carreteras DG-2018 de donde se obtendrá la configuración geométrica de las intersecciones viales pertenecientes al tramo en estudio.

Tanto el plano como la documentación mencionada cuentan con el respaldo de la Secretaría de Gobierno de Transformación Digital del Perú y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por lo que también son instrumentos válidos y fiables.

Figura 71

Documentación digital

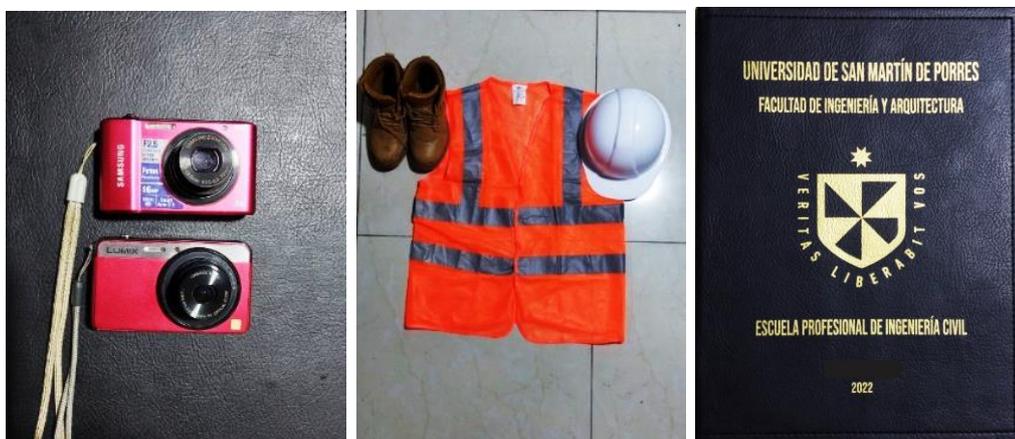


Nota. Obtenido de Municipalidad Metropolitana de Lima- MTC.

Asimismo, se empleará la técnica de la observación estructurada, a fin de evaluar los flujos vehiculares de cada una de las intersecciones presentes en el tramo en estudio, para ello se hará un recorrido por todo el tramo en estudio donde se hará uso de cámaras fotográficas, equipos de protección personal y una tabla para registrar la información. Las fotografías serán registradas con ubicación y fecha a fin de validar la información.

Figura 72

Instrumentos para realizar la observación estructurada



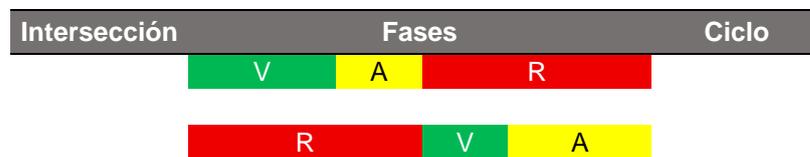
Nota. Elaborado por Los Autores (2022).

3.5.3. Estudio de Campo

Se empleará la técnica de la observación estructurada, de manera que contribuya con la evaluación de los ciclos semafóricos de las principales intersecciones del tramo en estudio, asimismo se hará el reconocimiento de las señales de tránsito verticales y horizontales a fin de realizar la simulación vehicular de la situación actual de manera adecuada, en este caso además de las cámaras fotográficas se hará uso de las siguientes tablas para registrar los datos en campo.

Tabla 23

Formato para recolección de datos del Ciclo Semafórico



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Asimismo, a través de la observación estructurada se podrá determinar el estado de la señalización horizontal como también el tipo de señalización vertical que se presenta en las intersecciones críticas del tramo en estudio, en la recolección de información se hará uso de las siguientes tablas:

Tabla 24

Formato para determinación del estado de señalización horizontal

Estado de la Señalización Horizontal	Intersección 01	Intersección 02	Intersección 03
Intersección 1			
Intersección 2			

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 25

Formato para determinación del tipo de señalización vertical

Señalización Vertical	Intersección 01	Intersección 02	Intersección 03
Reguladoras			
Preventivas			
Informativas			

Nota. Elaborado por los autores (2022).

3.5.4. Estudio de Tráfico

En este punto se analizará el comportamiento del flujo vehicular del tramo en estudio en las estaciones de conteo y clasificación determinadas previamente, éstas se situarán especialmente en las intersecciones críticas. Cabe precisar que el conteo y clasificación vehicular usualmente se realiza con contadores manuales, sin embargo, en la presente investigación se hará uso de vuelos dron para registrar los movimientos vehiculares a través de grabaciones de 7:00 - 9:00 am y 18:00 - 20:00pm. Las grabaciones del vuelo dron proporcionaran la siguiente información:

- El número de movimientos vehiculares en la intersección
- La clasificación vehicular
- El porcentaje de vehículos pesados
- El vehículo de diseño
- Tiempo de recorrido comprendido desde la salida del Paso a Desevel óvalo Monitor (Plaza Camacho) hasta después de cruzar la intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina.

Se solicitará permiso para realizar el vuelo dron a la Gerencia de Movilidad Sostenible de la Municipalidad Distrital de La Molina, cabe precisar en las grabaciones figuran la fecha y hora en que se efectuó el vuelo dron, ello con la finalidad de validar el instrumento.

Figura 73

Dron para el registro de los movimientos vehiculares



Nota. Elaborado por Los Autores (2022).

3.6. Técnicas e Instrumentos de Procesamiento de Datos

Una vez finalizada la recolección de datos por medio del estudio de campo y tráfico, se iniciará con el procesamiento de estos mismos, para ello se hará uso de distintas técnicas e instrumentos que se describirán en los siguientes párrafos:

3.6.1. Conteo y Clasificación vehicular

Para iniciar con el procesamiento de las grabaciones obtenidas durante el estudio de tráfico, se hará uso de distintos formatos o tablas basados en los Formatos de Conteo y Clasificación Vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Las grabaciones de los drones serán revisadas por los dos autores de modo que exista fiabilidad por concordancia de Inter observadores.

El conteo y clasificación vehicular será realizado cada 15 min. desde las 7:00 am hasta las 9:00 am en la mañana y desde las 6:00pm hasta las 8:00pm en la noche. En la tabla, se detallará información acerca de la vía, los movimientos y el sentido al que se dirigen, como se observa en la Tabla 26:

Tabla 26

Formato de conteo y clasificación vehicular de 15 minutos

Hora	Punto de Control													
	↑ Movimiento 01							→ Movimiento 02						
	Vía- dirección							Vía- dirección						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 07:15														
07:15 - 07:30														
07:30 - 07:45														
07:45 - 08:00														
08:00 - 08:15														
08:15 - 08:30														
08:30 - 08:45														
08:45 - 09:00														
18:00 - 18:15														
18:15 - 18:30														
18:30 - 18:45														
18:45 - 19:00														
19:00 -19:15														
19:15 - 19:30														
19:30 - 19:45														
19:45 -20:00														

Nota. Elaborado por Los Autores (2022).

Básicamente corresponde a una sumatoria de 4 intervalos de 15 minutos tanto para la mañana como para la noche. A través de este formato se podrá determinar la hora punta en cada una de las intersecciones críticas y se podrá elaborar el flujograma vehicular, tal como se detalla a continuación:

Tabla 27

Formato de conteo y clasificación vehicular de 60min

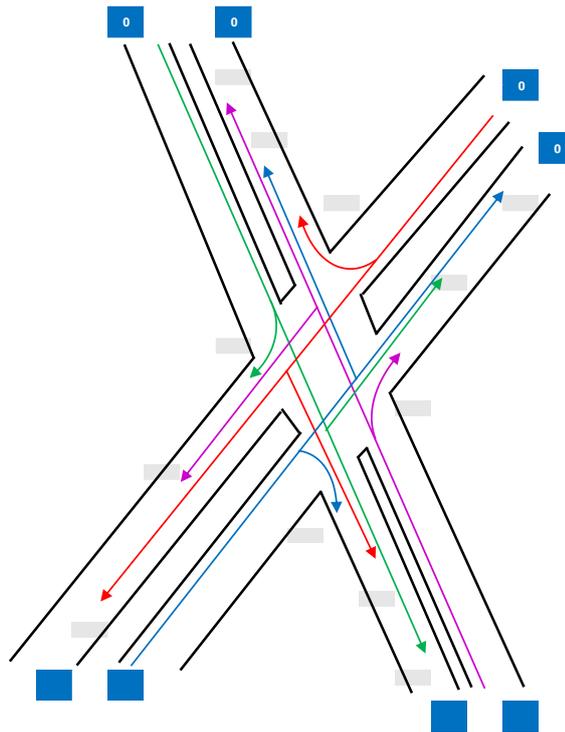
Hora	Punto de Control													
	↑ Movimiento 01							→ Movimiento 02						
	Vía- dirección							Vía- dirección						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 08:00							0							0
07:15 - 08:15							0							0
07:30 - 08:30							0							0
07:45 - 08:45							0							0
08:00 - 09:00							0							0
18:00 - 19:00							0							0
18:15 - 19:15							0							0
18:30 - 19:30							0							0
18:45 - 19:45							0							0
19:00 - 20:00							0							0

Nota. Elaborado por Los Autores (2022).

Asimismo, a través de este formato se podrá elaborar el flujograma de volumen vehicular de cada una de las intersecciones críticas, como se observa en la Figura N°74:

Figura 74

Flujograma de volumen vehicular



Nota. Elaborado por Los Autores (2022).

3.6.1. Modelamiento y simulación en Synchro Studio

Una vez obtenidos los datos del estudio de campo y de tráfico, se procederá a modelar y simular el tramo en estudio en condiciones existentes y con las 3 propuestas viales planteadas en la presente investigación, para ello se hará uso del paquete de programas de Synchro Studio 11.

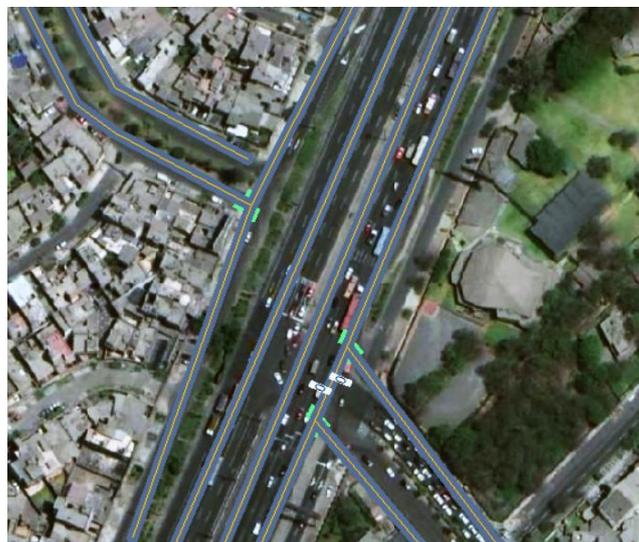
Cabe reiterar que producto del estudio de campo, se obtendrán datos relacionados con los tiempos de los ciclos semafóricos, la señalización y la geometría vial del tramo en estudio (número y ancho de carril). Ahora bien, producto del estudio de tráfico se obtendrá el volumen máximo horario, el porcentaje de vehículos pesados y el factor de hora pico, datos importantes para el correcto modelamiento y simulación vehicular.

Synchro Studio está compuesto por 3 programas: Synchro, Simtraffic y 3D Viewer, sus funciones serán detalladas en los siguientes párrafos:

En primer lugar, se utilizará Synchro 11 para el trazado de las vías de acuerdo a la geometría existente, se ingresarán los datos recogidos del estudio de campo y de tráfico. Ahora bien, en cuanto al modelamiento de las propuestas o escenarios viales se tomarán en cuenta las condiciones de diseño preliminares de la condición existente y en base a los resultados se realizarán modificaciones a los datos antes introducidos, por ejemplo, se hará un balance de los volúmenes vehiculares, se evaluará el ancho y número de carriles, asimismo se evaluará si la solución queda a nivel o desnivel.

Figura 75

Trazado de vías en Synchro 11.



Synchro 11

Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

Seguidamente se hará uso del programa SimTraffic 11; que se encarga de la simulación del tramo en estudio, donde se podrá visualizar en 2D la red vial (avenidas e intersecciones), la circulación y movimientos que realizan los vehículos, el funcionamiento de los ciclos semafóricos, entre otros. Asimismo, una vez finalizada la simulación del tránsito en el tramo en estudio, creará un

reporte donde adjunta los resultados referentes al nivel y capacidad de servicio de la vía o intersección, los tiempos de viaje, la velocidad de recorrido, los retrasos, el tiempo de los ciclos semafóricos, entre otros datos que se tendrán en cuenta de acuerdo con lo que el investigador necesita.

Figura 76

Vista 2D del modelado y simulación del Óvalo Monitor en SimTraffic

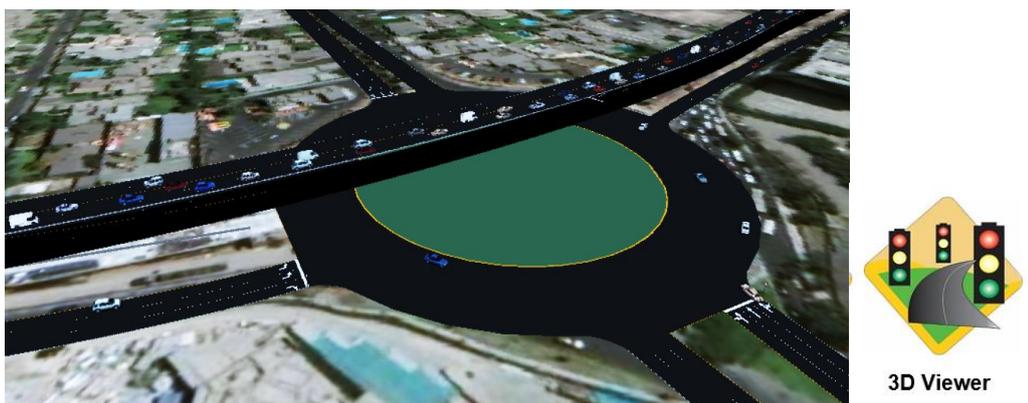


Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

Finalmente se hará uso del programa 3D Viewer, donde se podrá visualizar mediante una representación 3D, los trazos viales y el funcionamiento del tránsito vehicular configurados en los 2 programas anteriormente mencionados.

Figura 77

Vista 3D del modelado y simulación del Óvalo Monitor en 3D Viewer.



Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

3.6.1. Diseño geométrico en Istram Ispol

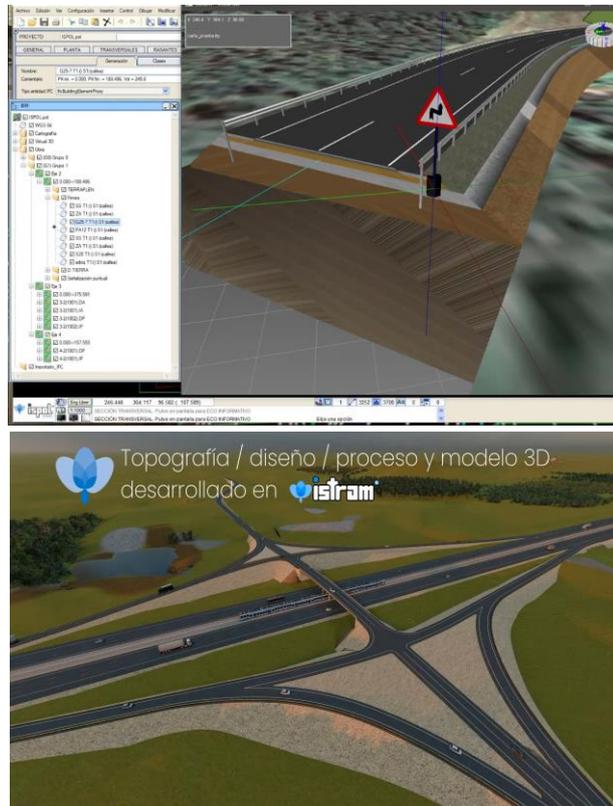
Después de realizada la simulación y habiéndose establecido la propuesta óptima, se procederá con la evaluación geométrica, es decir se realizará un diseño geométrico a detalle para evaluar su viabilidad en cuanto a radios de giro, número de carriles, ancho de berma, entre otros.

Para considerar los parámetros básicos de diseño geométrico, se hará uso del manual DG-2018, el cual ya viene integrado en el programa Istram Ispol, ello facilitará el diseño geométrico de la propuesta vial ganadora.

Asimismo, se podrá visualizar el diseño en planta y una vista 3D de la propuesta vial óptima.

Figura 78

Ventana de trabajo y vista 3d de un Intercambio vial en Istram

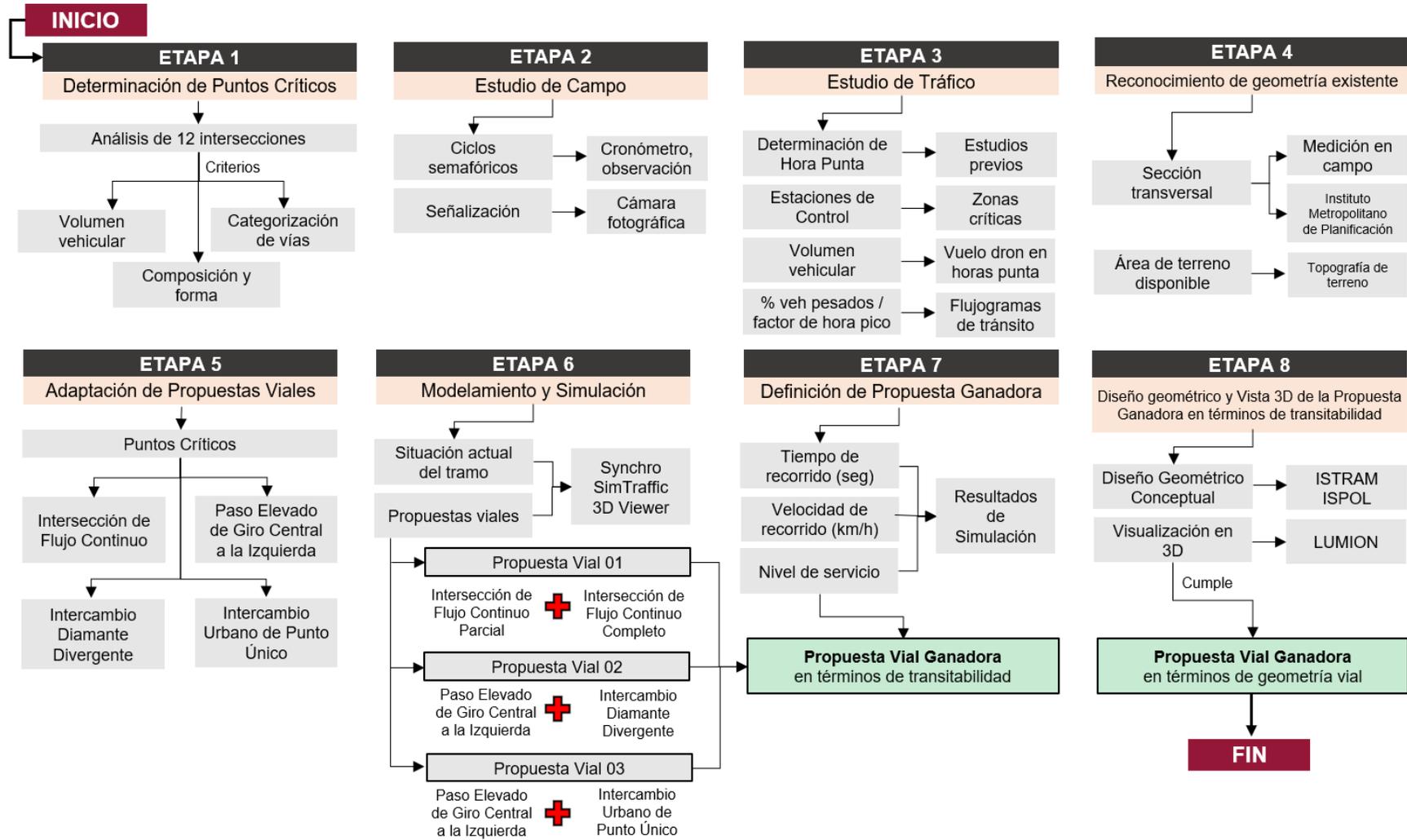


Nota. Adaptado de Istram Bim (2022).

A fin de esquematizar el procedimiento a realizarse en la presente investigación, los autores elaboraron un mapa de procesos donde se puede visualizar cada uno de los pasos seguidos para alcanzar el objetivo de optimizar la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina por medio de una propuesta vial óptima en términos de transitabilidad y diseño geométrico.

Figura 79

Diagrama de Flujo



Nota. Elaborado por Los Autores (2022).

CAPÍTULO IV DESARROLLO

4.1. Descripción de la Zona de Estudio

El Distrito de La Molina está ubicado al Este de Lima Metropolitana a 241 m.s.n.m. tiene una superficie de 67.75 km² se encuentra compuesto principalmente por zonas residenciales, áreas de recreación pública, zonas comerciales y de educación. De acuerdo con el último Censo del año 2017 cuenta con 140,679 habitantes (INEI, 2017).

Colinda con los siguientes distritos: Por el Norte con Ate- Vitarte, por el Sur con Villa María del Triunfo y San Juan de Miraflores, por el Este limita con Pachacámac y por el Oeste con Santiago de Surco, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 80

Límites del Distrito de La Molina



Nota. Tomada de Geo Perú (2022).

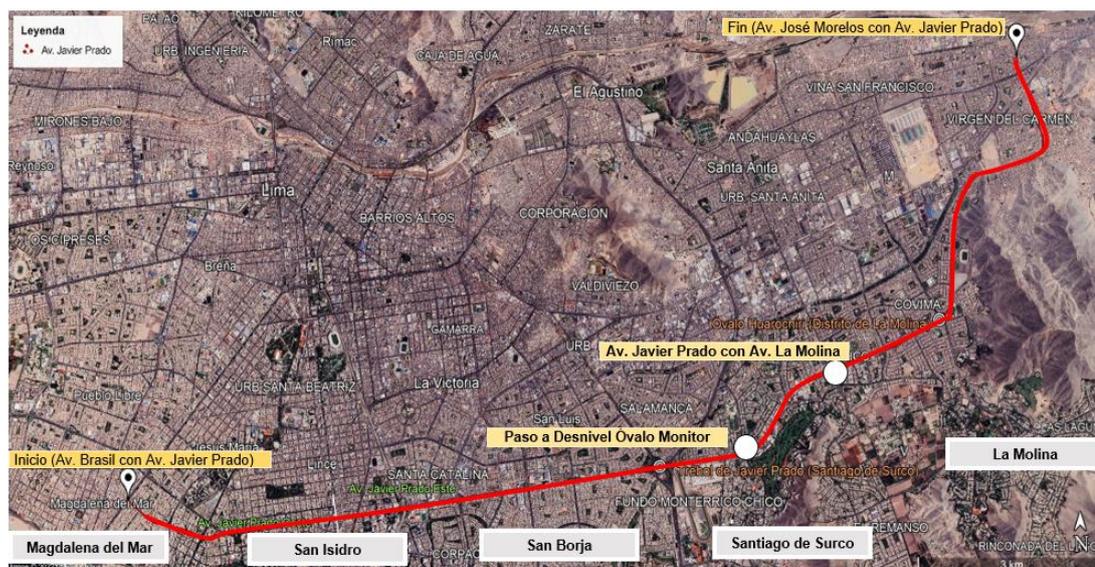
Cabe precisar que el Distrito de La Molina, cuenta únicamente con dos vías principales de ingreso y salida, estas son la Av. Javier Prado y la Av. Raúl Ferrero, siendo la más importante la primera en mención debido a que a través de sus vías arteriales y colectoras permite la conexión de los Distritos La Molina, Pachacamac y Ate Vitarte con el centro financiero de Lima.

4.2. Descripción de la Avenida en Estudio

La Avenida Javier Prado es considerada una vía expresa metropolitana, debido a que permite la circulación de grandes volúmenes de vehículos tanto livianos como pesados, y las velocidades de circulación fluctúan entre 80km/h y 100km/h. Tiene una longitud de 26.07km y recorre los Distritos de Ate Vitarte, La Molina, Surco, San Borja, San Isidro y Magdalena del Mar.

Figura 81

Recorrido de la Avenida Javier Prado y Tramo en estudio



Nota. Adaptada de Google Earth (2022).

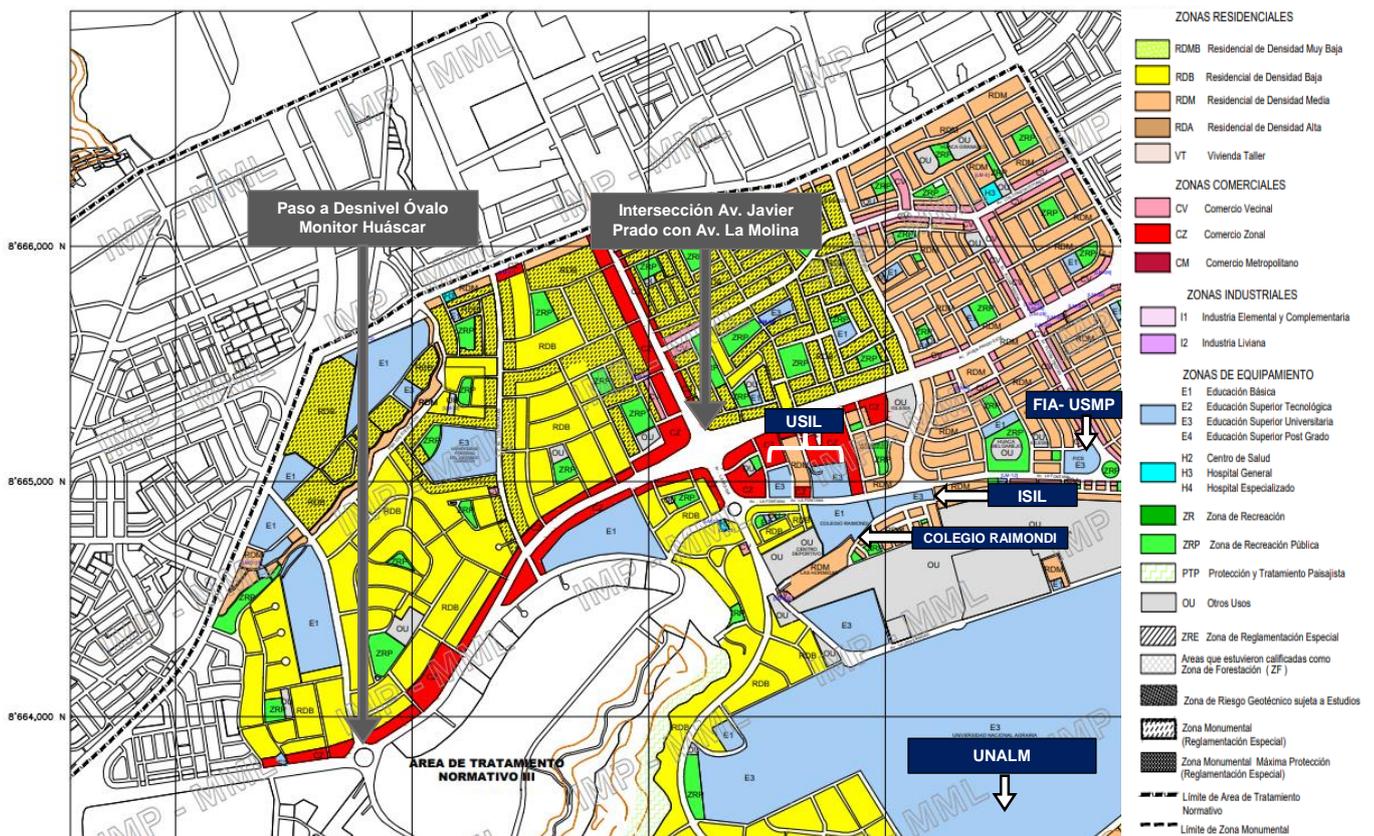
Ahora bien, en la presente investigación se estudiará el tramo que inicia en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar (a la altura de la Plaza Camacho) y culmina en el cruce de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina, cuenta con una longitud de 2.2km aproximadamente, permitiendo durante su recorrido la conexión de los Distritos de la Distrito de La Molina, Pachacamac y Cieneguilla con el centro financiero de Lima.

Cabe señalar que la reciente inauguración del Paso a Desnivel del Óvalo Monitor Huáscar trajo consigo un incremento de los volúmenes vehiculares, precisamente porque la oferta de un menor tiempo de recorrido genera mayor demanda de usuarios, es por ello que tiene un flujo vehicular con retraso alto y moderado.

La zonificación de los alrededores del tramo en estudio está compuesta principalmente por zonas comerciales. Asimismo, permite el ingreso a zonas de educación básica, superior tecnológica y universitaria. La optimización de la transitabilidad del tramo en estudio beneficiaría a estudiantes, docentes, personal en general de la Universidad de Agraria La Molina, Universidad San Ignacio de Loyola y la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres, entre otros.

Figura 82

Zonificación de los alrededores del tramo en estudio.



Nota. Adaptada de “Instituto Metropolitano de Planificación” (2020).

4.3. Determinación de Intersecciones Críticas

Como se precisó anteriormente la investigación tiene por objeto de estudio al Tramo de la Av. Javier Prado que inicia en el Paso a Desnivel del Óvalo Monitor (Ingreso Plaza Camacho) y culmina en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina.

Cabe precisar que el tramo en estudio es intersecado por calles, jirones y avenidas, formándose diferentes intersecciones a lo largo de toda su extensión. Sin embargo, no todas estas intersecciones cuentan con el volumen vehicular, importancia, composición y forma necesarios para ser consideradas como puntos críticos. A continuación, se elegirán a las intersecciones críticas del tramo en estudio tomando en cuenta los siguientes criterios:

4.3.1. Flujo vehicular del tramo en estudio.

Como primera actividad se realizó un vuelo dron con la finalidad de caracterizar todas las intersecciones del tramo en estudio según el volumen vehicular, en la Figura N°80 se puede observar que las calles y jirones presentan volúmenes vehiculares mínimos a comparación de las avenidas.

Figura 83

Inspección visual del Tramo en estudio.



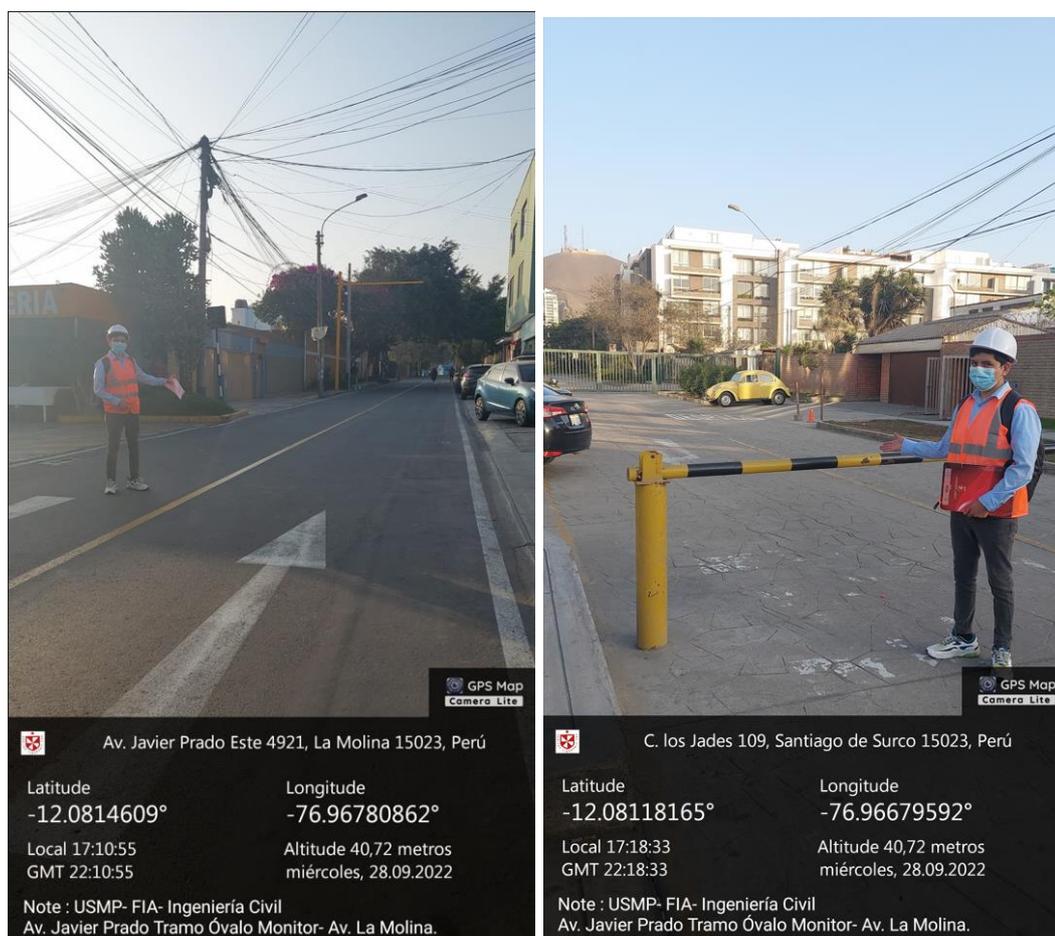
Nota. Elaborado por los Autores (2022).

Asimismo, los autores personalmente recorrieron el tramo en estudio a fin de analizar con mayor precisión los flujos vehiculares de las calles y avenidas que intersecan a la Av. Javier Prado, para ello se realizó una inspección visual in situ y se registraron fotografías durante el recorrido.

1. La Calles Los Tiamos y Los Jades presentan bajos volúmenes vehiculares debido a que conectan a la Av. Javier Prado con calles situadas en una zona residencial de densidad baja donde el flujo vehicular es mínimo.

Figura 84

Calle Los Tiamos y Los Jades

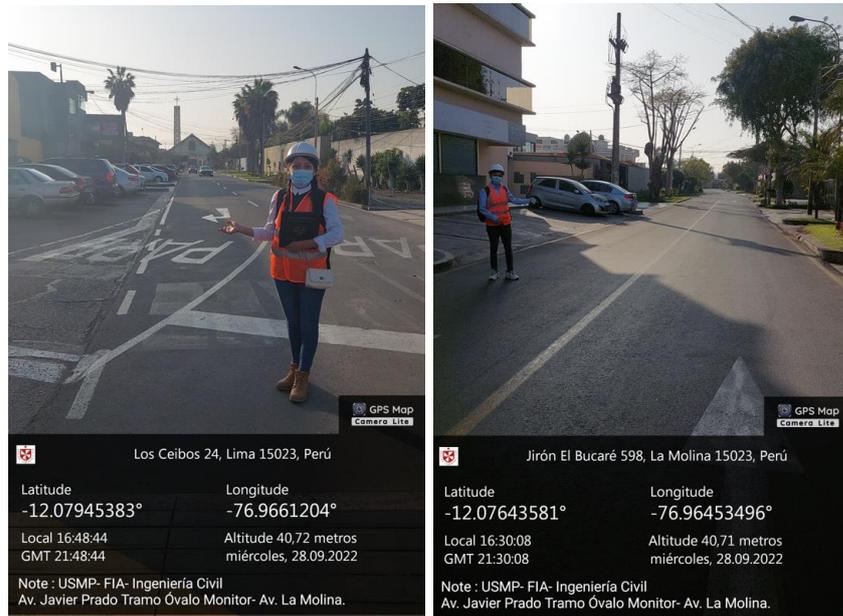


Nota. Elaborado por los autores (2022).

2. De igual manera La Calle Los Ceibos y El Jirón El Bucaré presentan bajos volúmenes vehiculares dado que conectan a la Av. Javier Prado con calles situadas en una zona residencial de densidad baja donde el flujo vehicular es mínimo.

Figura 85

Calle Los Ceibos y Jr. El Bucaré

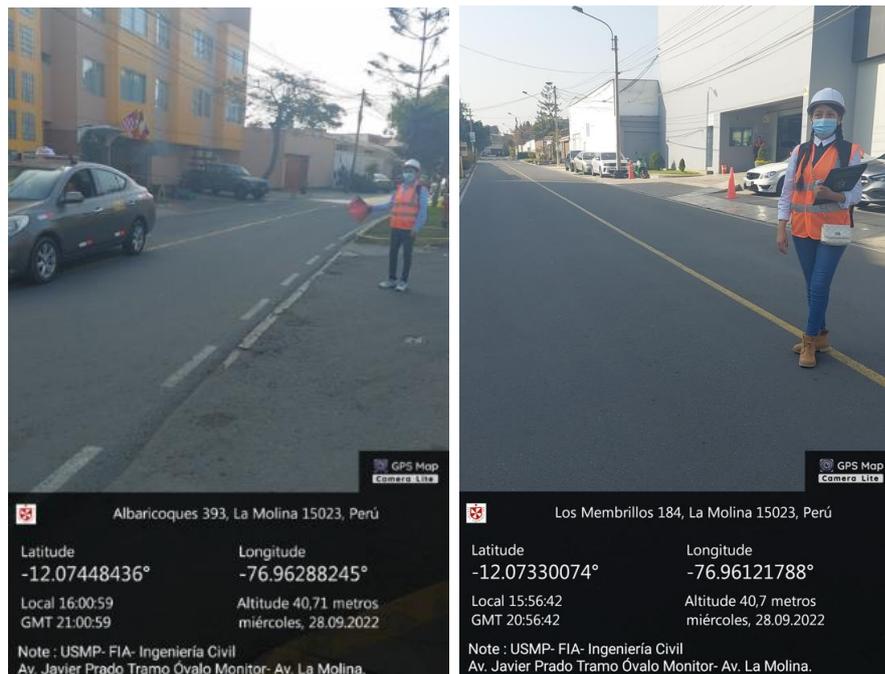


Nota. Elaborado por los autores (2022).

3. De igual manera la Calles Albaricoques y Los Membrillos presentan bajos volúmenes vehiculares dado que conectan a la Av. Javier Prado con calles situadas en una zona residencial de densidad baja donde el flujo vehicular es mínimo.

Figura 86

Calle Los Albaricoques y Calle Los Membrillos

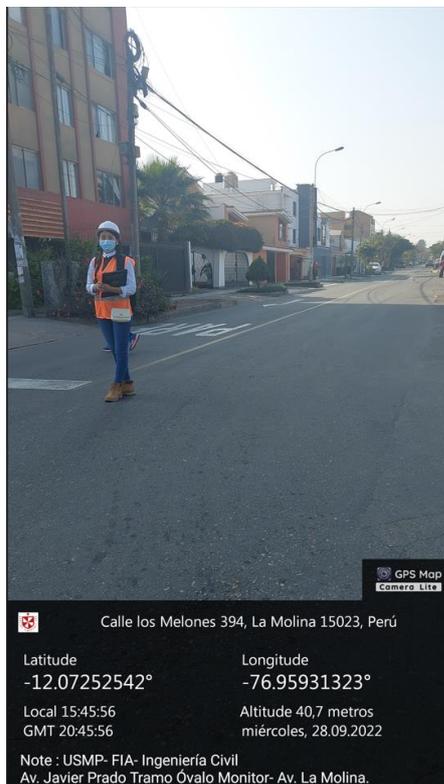
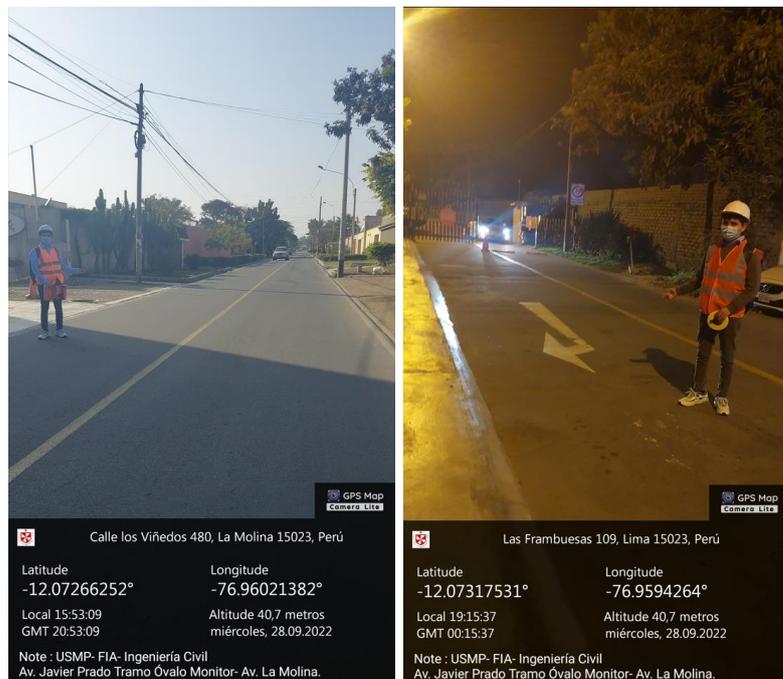


Nota. Elaborado por los autores (2022).

4. Lo mismo sucede con las Callos Viñedos, Las Frambuesas y Calle Los Melones que presentan bajos volúmenes vehiculares debido a que conectan a la Av. Javier Prado con calles situadas en una zona residencial de densidad baja donde el flujo vehicular es mínimo.

Figura 87

Calle Los Viñedos, Las Frambuesas y Los Melones

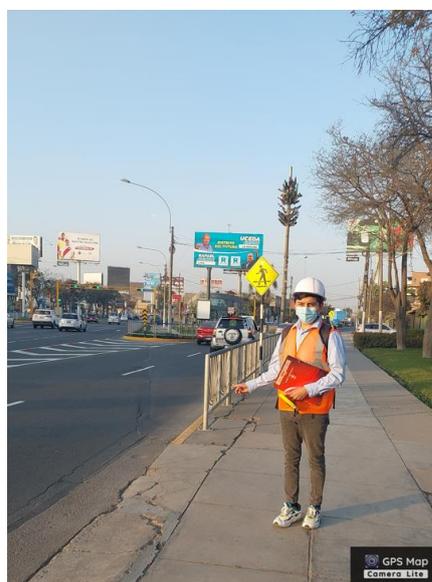


Nota. Elaborado por los autores (2022).

5. Ahora bien, la Av. Circunvalación Golf de Los Incas presenta un volumen regular debido a que conecta a la Av. Javier Prado con la Av. La Encalada y Raúl Ferrero, permitiendo la conexión de la zona comercial con una gran cantidad de viviendas y condominios.

Figura 88

Avenida Circunvalación el Golf de Los Incas

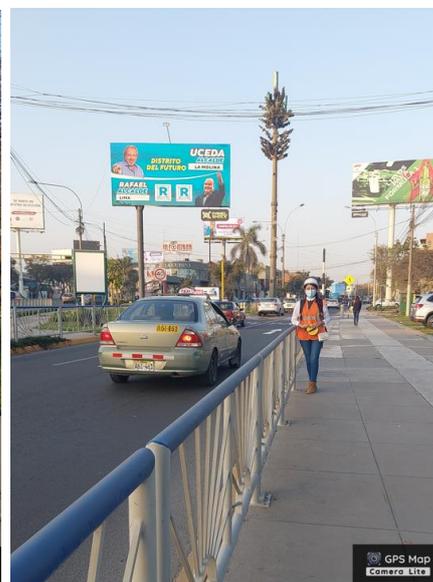


El Golf de Los Incas 296, Santiago de Surco 15023, Perú

Latitude -12.0782288° Longitude -76.96484826°

Local 17:31:07 Altitude 40,71 metros
GMT 22:31:07 miércoles, 28.09.2022

Note : USMP- FIA- Ingeniería Civil
Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.



El Golf de Los Incas 250, Santiago de Surco 15023, Perú

Latitude -12.07803376° Longitude -76.96468447°

Local 17:32:02 Altitude 40,71 metros
GMT 22:32:02 miércoles, 28.09.2022

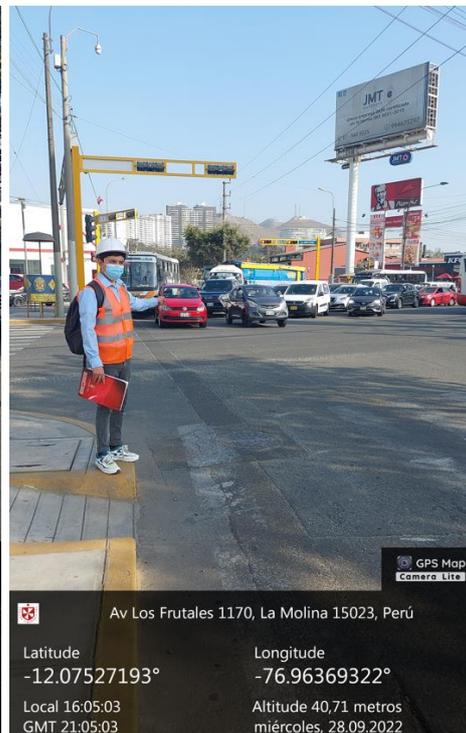
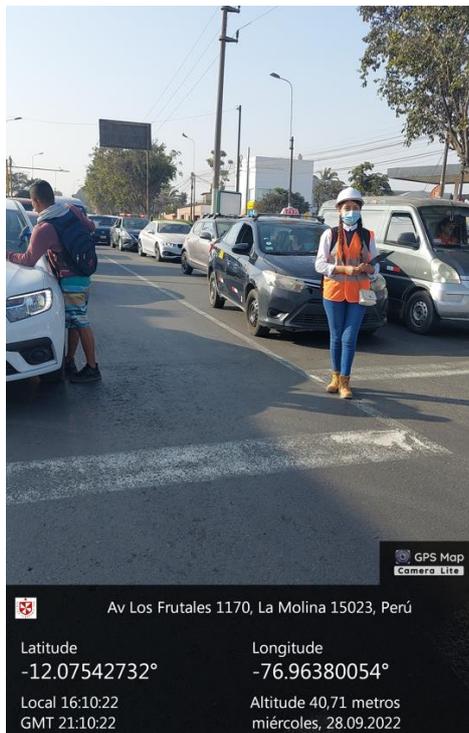
Note : USMP- FIA- Ingeniería Civil
Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

Nota. Elaborado por los autores (2022).

6. La Avenida Los Frutales presenta un alto volumen vehicular debido a que esta vía conecta la Av. C. Golf de los Incas con la Av. Separador Industrial y Av. Nicolás Ayllón, permitiendo la conexión de los Distritos de La Molina y Surco con Santa Anita. Alrededor de esta Avenida la zonificación es de comercio zonal.

Figura 89

Avenida Los Frutales

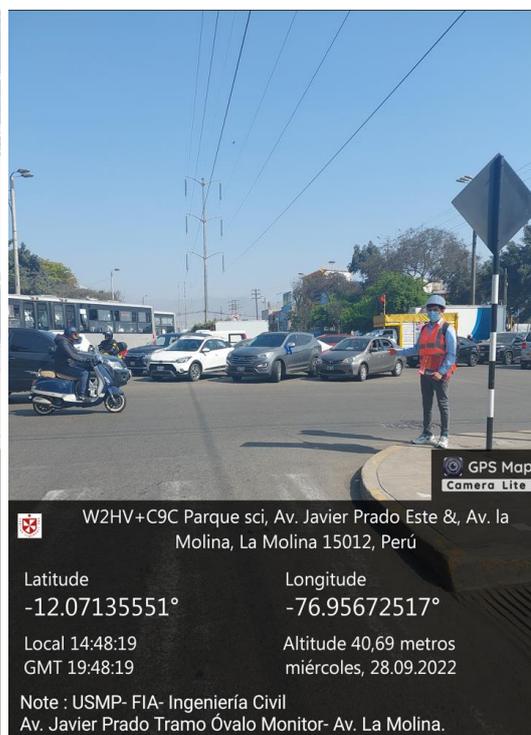


Nota. Elaborado por los autores (2022).

7. La Avenida La Molina presenta un alto volumen vehicular debido a que esta vía conecta los Distritos de Santa Anita y La Molina a través de los Óvalos Santa Anita y La Fontana que distribuyen los flujos vehiculares. Alrededor de esta Avenida la zonificación es de comercio zonal y vecinal.

Figura 90

Avenida La Molina



Nota. Elaborado por los autores (2022).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, las Intersecciones que presentan un mayor volumen vehicular y en consecuencia son determinadas como intersecciones críticas según inspección visual son las siguientes:

Tabla 28

Intersecciones Críticas según su flujo vehicular

Punto crítico	Volumen Vehicular
Av. Javier Prado con Av. La Molina	Elevado
Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	Elevado

Nota. Elaborado por los Autores (2022).

4.3.2. Categorización de vía

De acuerdo con el Plano del Sistema Vial metropolitano de Lima aprobado por Ordenanza N°341, las vías que intersecan a la Av. Javier Prado en el tramo que inicia en el Óvalo Monitor y finaliza en la Av. La Molina, se categorizan de la siguiente manera:

Tabla 29

Categorización de vías, sentido Oeste- Este.

Sentido O-E	Categorización
Calle Los Jades	Vía Local
Av. C. del Golf los Incas	Vía Colectora
Av. Frutales	Vía Colectora
Calle Las Frambuesas	Vía Local
Av. La Molina	Vía Arterial

Nota. Se muestra la categorización de las vías que intersecan al tramo en estudio en el sentido Oeste- Este. Adaptado del Plano del Sistema Vial de Lima (2001).

Tabla 30

Categorización de las vías, sentido Este- Oeste

Sentido E- O	Categorización
Calle Los Tiamos	Vía Local
Calle Los Ceibos	Vía Local
Jr. El Bucaré	Vía Local
Av. Los Frutales	Vía Colectora
Calle Albaricoques	Vía Local
Calle Los Membrillos	Vía Local
Calle Los Viñedos	Vía Local
Jr. Los Melones	Vía Local
Av. La Molina	Vía Arterial

Nota. Se muestra la categorización de las vías que intersecan al tramo en estudio en el sentido Este- Oeste. Adaptado del Plano del Sistema Vial de Lima (2001)

Es importante mencionar que las Vías Arteriales y Colectoras desplazan mayores volúmenes vehiculares, precisamente porque se conectan directamente a las vías expresas, de acuerdo con ello en la siguiente Tabla N°31 se seleccionan únicamente a aquellas que cumplen con esa condición:

Tabla 31

Intersecciones Críticas según Categorización de vía.

Punto crítico	Categorización
Av. Javier Prado con Av. C. Golf Los Incas	Vía Colectora
Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	Vía Colectora
Av. Javier Prado con Av. La Molina	Vía Arterial

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.3.3. Composición y forma de intersecciones

De acuerdo con el apartado de intersecciones viales del Manual Carreteras DG-2018, las intersecciones presentes en el tramo en estudio con dirección Oeste- Este y viceversa presentan las siguientes características geométricas:

Tabla 32

Composición y forma de intersecciones en el sentido Oeste- Este

Intersecciones Sentido O-E	N° de Ramales	Empalme	Forma
Calle Los Jades con Av. Javier Prado	3	T	Simple
Av. Golf los Incas con Av. Javier Prado	3	Y	Canalizada
Av. Los Frutales con Av. Javier Prado	3	X	Simple
Calle Frambuesas con Av. Javier Prado	3	T	Simple
Av. La Molina con Av. Javier Prado	4	+	Canalizada

Nota. Adaptado del Manual de Carreteras DG (2018).

Tabla 33

Composición y forma de intersecciones en el sentido Oeste- Este

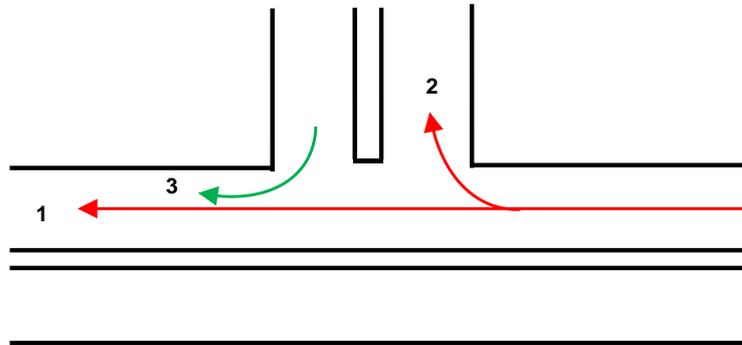
Intersecciones Sentido E-O	N° de Ramales	Empalme	Forma
Calle Los Tiamos con Av. Javier Prado	3	T	Simple
Calle Los Ceibos con Av. Javier Prado	3	T	Simple
Jr. El Bucaré con Av. Javier Prado	3	T	Simple
Av. Los Frutales con Av. Javier Prado	4	X	Simple
Calle Albaricoques con Av. Javier Prado	3	T	Simple
Calle Membrillos con Av. Javier Prado	3	T	Simple
Calle Los Viñedos con Av. Javier Prado	3	T	Simple
Jr. Los Melones con Av. Javier Prado	3	T	Simple
Av. La Molina con Av. Javier Prado	4	+	Canalizada

Nota. Adaptado del Manual de Carreteras DG (2018).

Las intersecciones tipo T pertenecientes al tramo en estudio, permiten hasta 3 movimientos, tal como se muestra a continuación:

Figura 91

Intersección de 3 ramales tipo "T" simple.

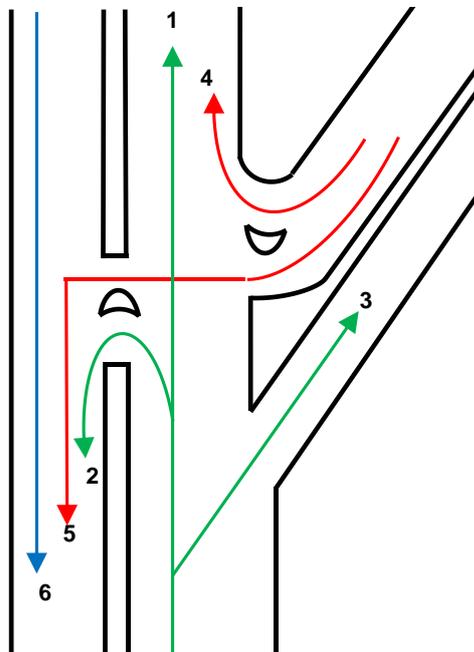


Nota. Elaborado por los autores (2022)

La intersección tipo Y, donde intersecan la Av. Javier Prado con Av. Circunvalación Golf de los Incas, permite hasta 6 movimientos, como se puede observar a continuación:

Figura 92

Intersección de 3 ramales tipo "Y" canalizada.

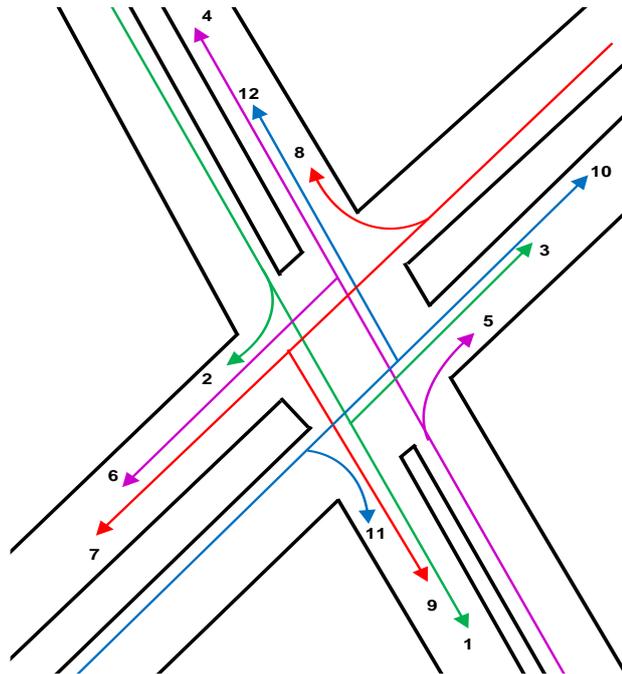


Nota. Elaborado por los autores (2022)

La intersección tipo X, donde intersecan la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales, permite 12 movimientos como se observa en la Figura N° 93:

Figura 93

Intersección de 4 ramales tipo "X" simple.

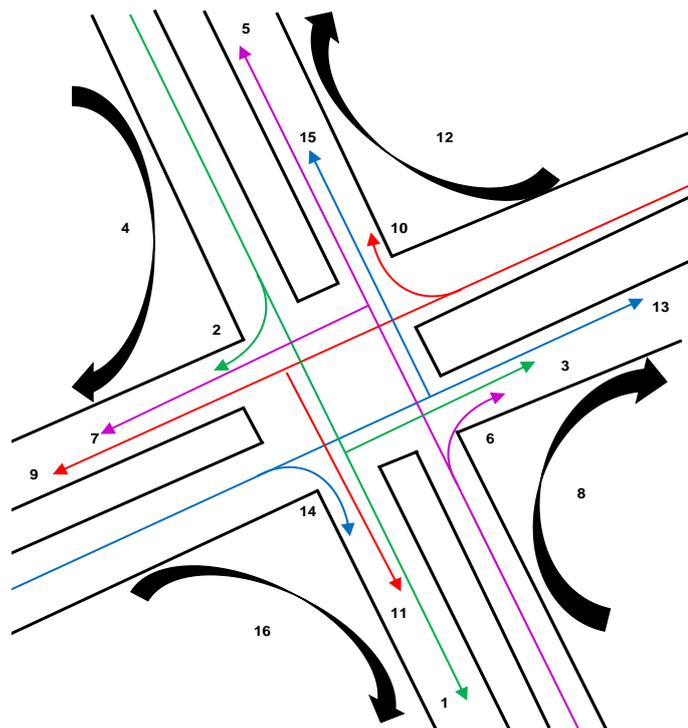


Nota. Elaborado por los autores (2022).

La intersección tipo +, donde intersecan la Av. Javier Prado con Av. La Molina, permite 16 movimientos como se observa en la Figura N° 94:

Figura 94

Intersección de 4 ramales tipo "+" canalizada.



Nota. Elaborado por los autores (2022)

Usualmente si las intersecciones presentan más movimientos vehiculares trasladan un mayor volumen vehicular y se generan mayores puntos de conflicto tomando en cuenta esas consideraciones se destacan las siguientes intersecciones críticas.

Tabla 34

Intersecciones críticas según su composición y forma.

Punto crítico según su composición y forma	Ramales	Empalme	Forma	N° Mov.
Av. Javier Prado con Av. La Molina	4	+	Canalizada	16
Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	4	X	Simple	12

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tomando en consideración los flujos vehiculares, la categorización de las vías, la composición y forma de las intersecciones, se elaboró la siguiente tabla:

Tabla 35

Determinación de Intersecciones Críticas

Calle, Jr. Av.	Clasificación			Volumen Vehicular Alto (0-3)	Ramales				Total
	(3) Vía Arterial	(2) Vía Colectora	(1) Vía Local		(1) Tres Simple	(2) Tres Canalizada	(1) Cuatro Simple	(3) Cuatro Canalizada	
Los Tiamos	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Los Ceibos	0	0	1	0	1	0	0	0	2
El Bucaré	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Los Frutales	0	2	0	3	0	0	2	0	7
Albaricoques	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Los Membrillos	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Los Viñedos	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Los Melones	0	0	1	0	1	0	0	0	2
La Molina	3	0	0	3	0	0	0	3	9
Golf de Los Incas	0	2	0	2	0	1.5	0	0	5.5
Los Jades	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Las Frambuesas	0	0	1	0	1	0	0	0	2

Nota. Elaborado por los autores (2022).

De acuerdo con la Tabla N°35, las intersecciones que obtuvieron un mayor puntaje y por ello son consideradas como críticas son las siguientes:

- Intersección Crítica 01: Av. Javier Prado con Av. Los Frutales
- Intersección Crítica 02: Av. Javier Prado con Av. La Molina

Cabe señalar que la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Circunvalación Golf de Los Incas también obtuvo un puntaje significativo a comparación de las demás intersecciones, es por ello que será tomada en cuenta durante el estudio de campo, sin embargo, no será considerada como una intersección crítica.

4.4. Estudio de Campo

En este punto se empleó la técnica de observación estructurada y se hizo uso de tablas para el recojo de información.

Básicamente se realizaron dos actividades, en la primera se recopiló información de los ciclos semafóricos de las intersecciones críticas y una no crítica, en la segunda actividad se evaluó el estado de la señalización horizontal y el tipo de señalización vertical situados en las intersecciones críticas, finalmente en la tercera actividad se realizó el levantamiento topográfico de una intersección crítica.

4.4.1. Ciclos Semafóricos

Para el recojo de información, se hizo uso de un cronómetro y un cuaderno de apuntes con la finalidad de determinar las fases del semáforo en las intersecciones críticas y el cruce de la Av. Javier Prado con Av. C. Golf de Los Incas, es decir se determinó cuantos segundos toma la fase de verde (desplazamiento permitido), amarillo (precaución) y rojo (desplazamiento no permitido). En las siguientes Tablas se detallan las fases y los ciclos semafóricos obtenidos en dichas intersecciones.

Tabla 36

Ciclo Semafórico de Av. La Molina con Av. Javier Prado

Ubicación	Fases			Ciclo
Av. Javier Prado (O-E)	V 100	A 3	R 90	193
Av. Javier Prado (E-O)	V 100	A 3	R 90	
Av. Javier Prado (O-E) / Av. La Molina (N)	V 17	A 3	R 70	
Av. La Molina (S-N)	R 123	V 67	A 3	
Av. La Molina (N-S)	R 123	V 40	A 3	
Av. La Molina (S-N) / Av. Javier Prado (E-O)		V 24	A 3	

Nota. La intersección en mención cuenta con 5 fases y un ciclo de 193 segundos.

Tabla 37*Ciclo Semafórico de la Av. Los Frutales con Av. Javier Prado*

Ubicación	Fases			Ciclo
Av. Javier Prado (O-E)	 V 137	 A 3	 R 60	200
Av. Javier Prado (E-O)	 V 107	 A 3	 R 90	
Av. Javier Prado (O-E) / Av. Los Frutales (N)	 V 27	 A 3	 R 60	
Av. Los Frutales (N-S)	 R 140	 V 57	 A 3	
Av. Los Frutales (S-N)	 R 140	 V 57	 A 3	

Nota. La intersección en mención cuenta con 4 fases y un ciclo de 200 segundos.

Tabla 38

Ciclo Semafórico de la Intersección Av. Golf de los Incas con Av. Javier Prado.

Ubicación	Fases			Ciclo
Av. Javier Prado (O-E)	 V 137	 A 3	 R 60	200
Av. Javier Prado (E-O)	 V 137	 A 3	 R 60	
Av. C. Golf de los Incas	 R 140	 V 57	 A 3	

Nota. La intersección en mención cuenta con 2 fases y un ciclo de 200 segundos.

4.4.2. Señalización horizontal y vertical

Para determinar el estado de la señalización horizontal y los tipos de señalización vertical se inspeccionaron las intersecciones críticas del tramo en estudio mediante la inspección visual y la toma de fotografías.

Con respecto a la intersección de la Av. Javier con la Av. Golf de los incas, cuenta con una señalización en buen estado, esto debido al mantenimiento reciente que se le hizo, mantenimiento que formó parte del presupuesto de la construcción del paso a desnivel Óvalo Monitor Huáscar.

Asimismo, la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina cuenta con una señalización en un estado regular, teniendo algunas dificultades de visibilidad del marcado de pasos peatonales, líneas de carril, entre otros.

En las siguientes imágenes se puede evidenciar el estado actual de la señalización horizontal (demarcación sobre el pavimento):

Figura 95

Señalización horizontal en Av. Golf de Los Incas, Los Frutales y La Molina.



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Para un registro detallado del estado de la señalización en las intersecciones antes mencionadas se elaboró la siguiente Tabla N° 39:

Tabla 39

Estado de conservación de la Señalización Horizontal

Demarcación sobre el Pavimento	Visibilidad		
	Av. C. Golf de Los Incas	Av. Los Frutales	Av. La Molina
Línea de Carril	Notoria	Borrosa	Imperceptible
Línea de Pare y Cruce Peatonal	Notoria	Borrosa	Borrosa
Flecha recta y de giro	Notoria	Borrosa	Imperceptible

Nota. La información recolectada no será utilizada durante el procesamiento de datos, es decir servirá únicamente para conocimiento del lector. Elaborado por los autores (2022).

Por otro lado, durante la inspección visual también se recolectó información acerca de los tipos de señalización vertical situados en las intersecciones críticas. A continuación, se observan las más destacadas:

Figura 96

Señalización vertical- Tipo Reguladoras



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 97

Señalización vertical- Tipo Preventivas



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 98

Señalización vertical- Tipo Informativas



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tomando en consideración las imágenes presentadas, se procedió con el registro de la información recolectada a través de la siguiente tabla:

Tabla 40

Tipo de señalización vertical

Ubicación	Reguladoras	Preventivas	Informativas
Av. La Molina	Prohibido los giros a la Izquierda	Paso de Ciclistas	Paradero
	Prohibido los vehículos Pesados	Paso Peatonal	
Av. Los Frutales	Prohibido los vehículos Pesados	Paso Peatonal	Paradero
Av. C. Golf de Los Incas	Ninguna	Iniciación de separador	Paradero

Nota. La señal de tránsito que indica "Prohibido los Giros a la Izquierda" en la Av. La Molina es la más importante, debido a que será útil para la simulación vehicular del tramo en estudio en condiciones existentes. Elaborado por los autores (2022).

4.5. Estudio de Tráfico

Sera útil para determinar el número y tipo de vehículos que circulan por el tramo en estudio, para procesar los datos se adaptó el Formato de Conteo y Clasificación Vehicular del MTC. Dicha información es usada para modelar y simular el tráfico vehicular en el paquete de Synchro 11.0 a fin de plantear soluciones viales que optimicen la transitabilidad del tramo en estudio.

En primer lugar, se analizaron los reportes del tráfico típico de Google Maps, de lunes a domingo. Tomando en consideración los reportes de tráfico de Google Maps y el conteo preliminar realizado en el mes de mayo, se realizó el conteo y clasificación vehicular el jueves 29/09/2022.

4.5.1. Determinación de las horas punta

Para ello se tomó en consideración el Estudio de Tráfico del Óvalo Monitor realizado por la Positiva Vida Seguros y Reaseguros S.A. en el año 2019, donde se determinó como hora punta en la mañana de 8:00-9:00am y en la tarde de 6:15- 7:15pm, como se observa a continuación:

Tabla 41

Hora Punta del Óvalo Monitor Huáscar

HORA	Σ 15 MIN.	Σ 60 MIN.
06:30 - 06:45	1110	5242
06:45 - 07:00	1193	5733
07:00 - 07:15	1406	6049
07:15 - 07:30	1533	6411
07:30 - 07:45	1601	6600
07:45 - 08:00	1509	6669
08:00 - 08:15	1768	6872
08:15 - 08:30	1722	6580
08:30 - 08:45	1670	6380
08:45 - 09:00	1712	
09:00 - 09:15	1476	
09:15 - 09:30	1522	
12:00 - 12:15	1456	5648
12:15 - 12:30	1424	5586
12:30 - 12:45	1371	5478
12:45 - 13:00	1397	5579
13:00 - 13:15	1394	5774
13:15 - 13:30	1316	5776
13:30 - 13:45	1472	5871
13:45 - 14:00	1592	5787
14:00 - 14:15	1396	5598
14:15 - 14:30	1411	
14:30 - 14:45	1388	
14:45 - 15:00	1403	
17:00 - 17:15	1454	6081
17:15 - 17:30	1514	6417
17:30 - 17:45	1419	6758
17:45 - 18:00	1694	7253
18:00 - 18:15	1790	7490
18:15 - 18:30	1855	7607
18:30 - 18:45	1914	7528
18:45 - 19:00	1931	7287
19:00 - 19:15	1907	6972
19:15 - 19:30	1776	
19:30 - 19:45	1673	
19:45 - 20:00	1616	

Nota. Tomando de Positiva Vida Seguros y Reaseguros S.A. (2019).

Por otra parte, Según Iván Strebel CEO de la Aplicación Voz Veloz, la Av. Javier Prado que “Muestra una sobrecarga de vehículos que generan retrasos de hasta 45 minutos en su trayecto [...] El horario de mayor tráfico vehicular comprende entre las 7:00 y 8:30 am y, por las tardes entre 6:30 a 8:00 pm. (Strebel, 2018)

Tomando en consideración ambos reportes, se determinó que el estudio de tráfico para la presente investigación será realizado:

- En la mañana de 7:00- 9:00 am
- En la tarde de 18:00- 20:00pm.

Una vez identificado las horas punta se inicia con el estudio de conteo vehicular:

4.5.2. Estaciones de conteo vehicular

Para llevar a cabo el estudio de tráfico, se identificaron las estaciones de control que se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

1. Estación de aforo P: Paso a desnivel (A la altura de la Plaza Camacho)
2. Estación de aforo F: Cruce de las Avenidas Javier Prado y Los Frutales.
3. Estación de aforo M: Cruce de las Avenidas Javier Prado y La Molina
4. Estación de aforo I: Cruce de las Avenidas Javier Prado y Los Ingenieros

Para un mejor entendimiento se muestra la siguiente Figura N° 99:

Figura 99

Estaciones de conteo vehicular ubicados en el tramo en estudio.



Nota. Adaptado de Google Earth (2022).

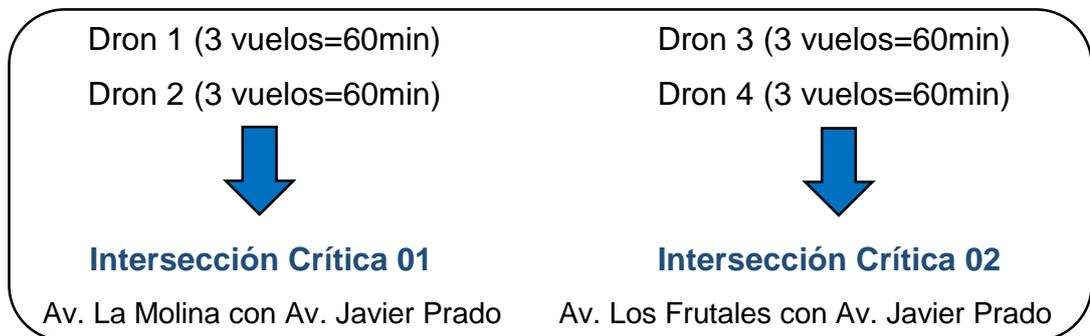
4.5.3. Utilización de Instrumentos

Usualmente el estudio de tráfico se realiza a través de contadores manuales in situ, sin embargo, en esta investigación se hizo uso de drones para tener una visualización aérea que permita realizar un adecuado conteo y clasificación vehicular.

Como se precisó el tramo en estudio cuenta con dos intersecciones críticas, por ello para realizar el vuelo dron se siguió el siguiente procedimiento:

Figura 100

Drones utilizados en el estudio de tráfico.

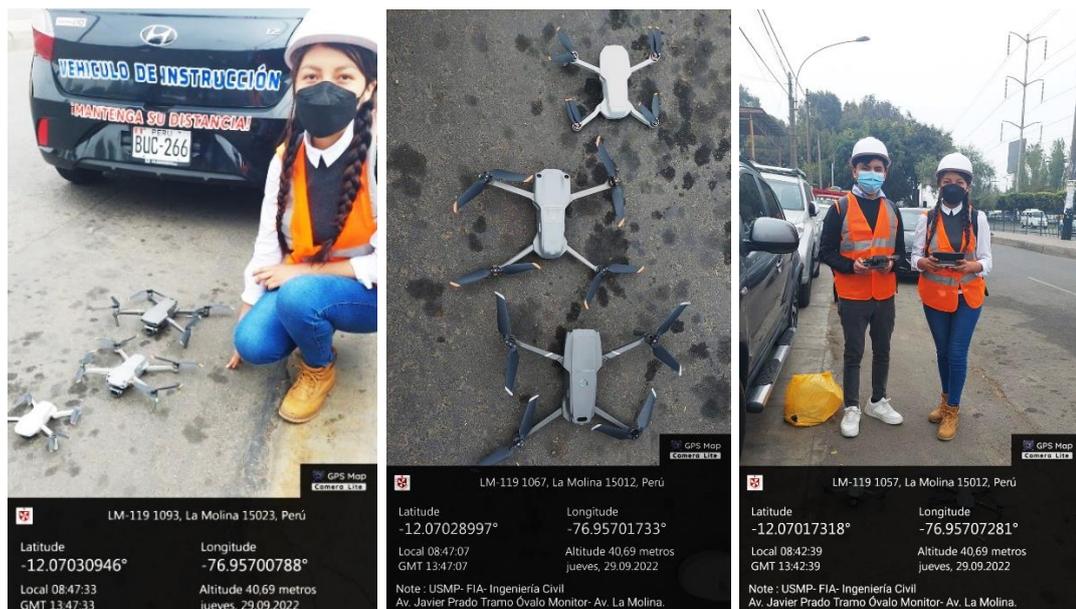


Nota. Elaborado por los autores (2022).

A continuación, se muestra el conjunto de Drones utilizados para el conteo y clasificación vehicular.

Figura 101

Drones utilizados en el estudio de tráfico



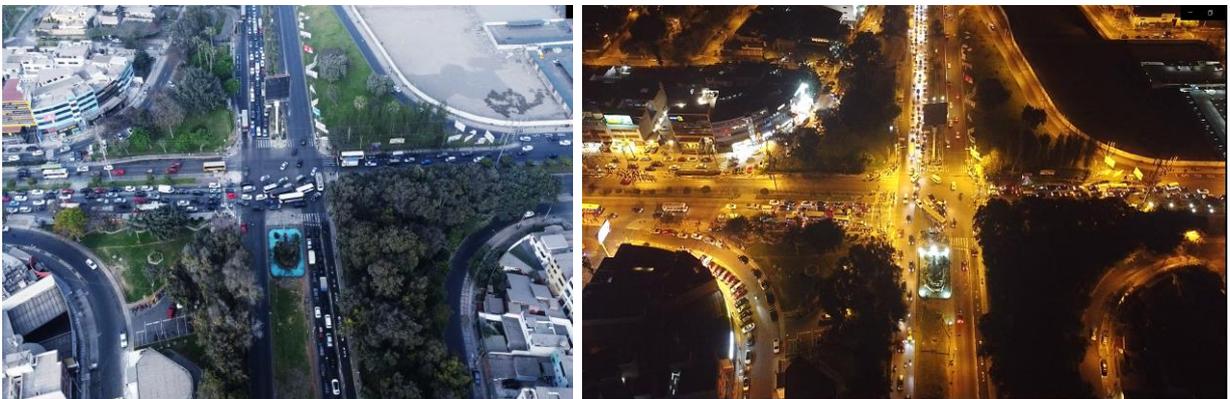
Nota. Se muestra al personal y equipo de Dron utilizado.

Producto del vuelo dron, se obtuvieron imágenes aéreas de las intersecciones críticas, donde se puede observar altos volúmenes vehiculares tanto en la mañana como en la noche, tal como se parecían en las siguientes figuras:

donde se puede observar en las fotografías aéreas de las intersecciones críticas tanto en la mañana como en la noche donde se muestran los altos volúmenes vehiculares de dichas intersecciones, como se puede observar a continuación:

Figura 102

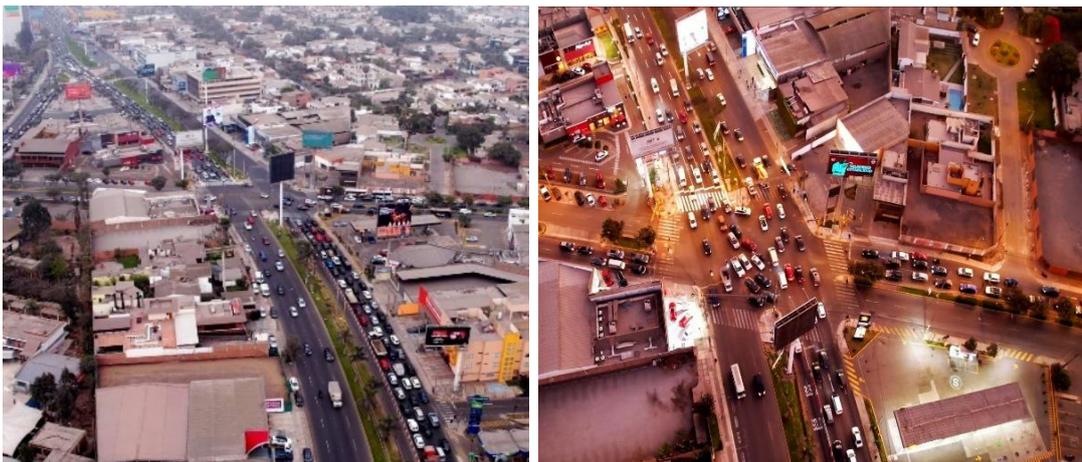
Vuelo dron en la Intersección Av. Javier Prado con Av. La Molina



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 103

Vuelo dron en la Intersección Av. Javier Prado con Av. Los Frutales



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Ahora bien, para el estudio de tráfico del Paso a Desnivel del Óvalo Monitor Huáscar (ingreso Camacho) y la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Ingenieros se utilizaron cámaras de vídeo.

4.5.4. Cuento y Clasificación Vehicular

Una vez obtenidas las grabaciones de los drones, así como de las cámaras de vídeo, se realizó el conteo y clasificación vehicular en cada estación de control.

4.5.4.1. Estación de aforo 01: Paso a Desnivel Óvalo Monitor

Exactamente está ubicado a la altura de la plaza Camacho, donde se realizó el conteo de los vehículos que ingresan y salen del Óvalo Monitor Huáscar tanto a nivel como a desnivel, y se compone de la siguiente manera:

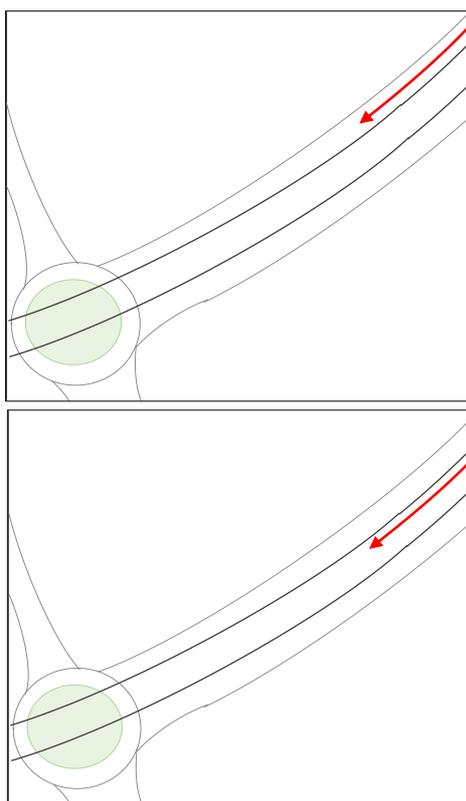
4.5.4.1.1. Punto de control P-1

Se registran los vehículos que circulan por la Avenida Javier Prado sentido (Este- Oeste) tanto a nivel como a desnivel.

La ubicación de los puntos de control se observa a continuación:

Figura 104

Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor, Punto de Control P-1



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Para el procesamiento de información se adaptó el formato de conteo y clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dando como resultado los formatos comprendidos por intervalos de 15 y 60min, que se muestran en la Tabla N°42 y N°43 respectivamente:

Tabla 42

Aforo vehicular cada 15min en la Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor, Punto de Control P-1 (Este)

Hora	Punto de Control P-1: Av. Javier Prado (Este)													
	↑ Movimiento 01							↑ Movimiento 02						
	Desnivel- Av. Javier Prado (Oeste)							Nivel- Av. Javier Prado (Oeste)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 07:15	613	5	2	0	0	0	620	305	25	5	9	42	49	435
07:15 - 07:30	367	4	1	0	0	0	372	395	29	8	5	32	23	492
07:30 - 07:45	272	4	5	0	0	0	281	429	61	4	5	29	30	558
07:45 - 08:00	283	2	2	0	0	0	287	420	43	7	2	27	34	533
08:00 - 08:15	263	3	0	0	0	0	266	390	26	6	4	10	15	451
08:15 - 08:30	249	2	0	0	0	0	251	345	31	5	4	15	24	424
08:30 - 08:45	241	4	0	0	0	0	245	273	27	6	3	12	11	332
08:45 - 09:00	237	3	0	0	0	0	240	264	25	7	3	5	15	319
18:00 - 18:15	321	4	0	0	0	0	325	235	26	8	4	15	15	303
18:15 - 18:30	362	2	0	0	0	0	364	245	24	6	2	25	22	324
18:30 - 18:45	331	5	0	0	0	0	248	237	25	5	1	21	14	303
18:45 - 19:00	328	2	0	0	0	0	330	233	23	3	1	19	15	294
19:00 - 19:15	381	8	5	0	0	0	394	278	37	7	2	22	10	356
19:15 - 19:30	396	5	3	0	0	0	404	207	49	4	1	16	11	288
19:30 - 19:45	318	6	0	0	0	0	314	198	22	5	1	14	16	256
19:45 - 20:00	302	5	0	0	0	0	301	189	25	4	1	12	18	249

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 43

Aforo vehicular cada 60min en la Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor, Punto de Control P-1 (Este)

Hora	Punto de Control P-1: Av. Javier Prado (Este)													
	↑ Movimiento 01							↑ Movimiento 02						
	Desnivel- Av. Javier Prado (Oeste)							Nivel- Av. Javier Prado (Oeste)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 08:00	1535	15	10	0	0	0	1560	1549	158	24	21	130	136	2018
07:15 - 08:15	1185	13	8	0	0	0	1206	1634	159	25	16	98	102	2034
07:30 - 08:30	1067	11	7	0	0	0	1085	1584	161	22	15	81	103	1966
07:45 - 08:45	1036	11	2	0	0	0	1049	1428	127	24	13	64	84	1740
08:00 - 09:00	990	12	0	0	0	0	1002	1272	109	24	14	42	65	1526
18:00 - 19:00	1342	13	0	0	0	0	1355	950	98	22	8	80	66	1224
18:15 - 19:15	1402	17	5	0	0	0	1424	993	109	21	6	87	61	1277
18:30 - 19:30	1436	20	8	0	0	0	1464	955	134	19	5	78	50	1241
18:45 - 19:45	1423	21	8	0	0	0	1452	916	131	19	5	71	52	1194
19:00 - 20:00	1397	24	8	0	0	0	1429	872	133	20	5	64	55	1149

Nota. Elaborado por los autores (2022).

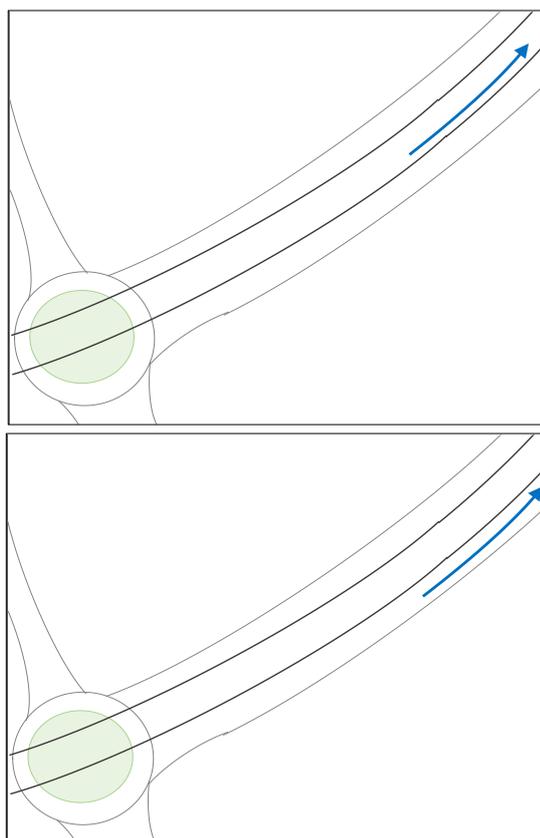
4.5.4.1.2. Punto de control P-2

Se registran los vehículos que circulan por la Avenida Javier Prado (Sentido Oeste - Este) tanto a nivel como a desnivel.

La ubicación de los puntos de control se observa a continuación:

Figura 105

Estación Paso a Desnivel, Punto de Control P-2



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Para el procesamiento de información se adaptó el formato de conteo y clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dando como resultado los formatos comprendidos por intervalos de 15 y 60min, que se muestran en la Tabla N°44 y N°45 respectivamente:

Tabla 44

Aforo vehicular cada 15min en la Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor, Punto de Control P-2 (Oeste)

Hora	Punto de Control 02: Av. Javier Prado (Oeste)													
	↑ Movimiento 03							↑ Movimiento 04						
	Desnivel- Av. Javier Prado (Este)							Nivel- Av. Javier Prado (Este)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 07:15	792	6	3	0	0	0	801	287	34	39	8	26	15	409
07:15 - 07:30	798	5	2	0	0	0	805	210	18	30	7	34	15	314
07:30 - 07:45	693	6	2	7	0	0	708	243	28	22	7	17	13	330
07:45 - 08:00	570	5	3	3	0	0	581	222	25	25	2	24	9	307
08:00 - 08:15	553	4	2	6	0	0	565	207	24	23	2	12	10	278
08:15 - 08:30	515	5	2	5	0	0	527	213	22	21	1	5	8	270
08:30 - 08:45	507	3	1	5	0	0	516	201	21	21	1	9	9	262
08:45 - 09:00	495	4	0	3	0	0	502	195	18	18	5	8	15	259
18:00 - 18:15	678	6	4	7	0	0	695	227	29	24	6	28	14	328
18:15 - 18:30	732	6	2	5	0	0	745	245	27	20	5	24	10	331
18:30 - 18:45	658	5	1	4	0	0	668	216	26	21	4	27	12	306
18:45 - 19:00	649	4	3	3	0	0	659	201	24	22	1	22	12	282
19:00 - 19:15	732	6	5	5	0	0	748	220	32	28	9	32	14	335
19:15 - 19:30	667	5	4	5	0	0	681	228	26	20	14	35	10	333
19:30 - 19:45	459	4	2	2	0	0	467	202	22	21	4	25	11	285
19:45 - 20:00	363	3	1	4	0	0	371	181	22	18	2	22	9	254

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 45

Aforo vehicular cada 60min en la Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor, Punto de Control P-2 (Oeste)

Hora	Punto de Control 02: Av. Javier Prado (Oeste)													
	↑ Movimiento 03							↑ Movimiento 04						
	Desnivel- Av. Javier Prado (Este)							Nivel- Av. Javier Prado (Este)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 08:00	2853	22	10	10	0	0	2895	962	105	116	24	101	52	1360
07:15 - 08:15	2614	20	9	16	0	0	2659	882	95	100	18	87	47	1229
07:30 - 08:30	2331	20	9	21	0	0	2381	885	99	91	12	58	40	1185
07:45 - 08:45	2145	17	8	19	0	0	2189	843	92	90	6	50	36	1117
08:00 - 09:00	2070	16	5	19	0	0	2110	816	85	83	9	34	42	1069
18:00 - 19:00	2717	21	10	19	0	0	2767	889	106	87	16	101	48	1247
18:15 - 19:15	2771	21	11	17	0	0	2820	882	109	91	19	105	48	1254
18:30 - 19:30	2706	20	13	17	0	0	2756	865	108	91	28	116	48	1256
18:45 - 19:45	2507	19	14	15	0	0	2555	851	104	91	28	114	47	1235
19:00 - 20:00	2221	18	12	16	0	0	2267	831	102	87	29	114	44	1207

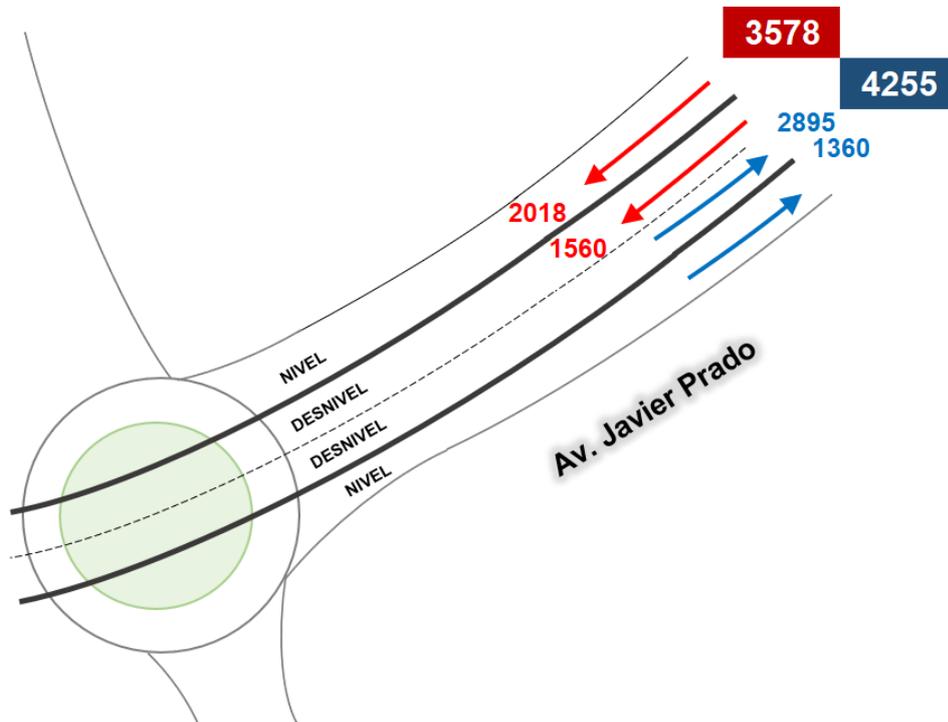
Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.1.3. Flujograma Vehicular

Para tener un mejor entendimiento se representaron los movimientos con sus respectivos volúmenes vehiculares mediante un Flujograma, tal como se muestra en la Figura N°106:

Figura 106

Flujograma Vehicular Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor



Nota. Elaborado por los autores (2022)

4.5.4.1.4. Hora punta y Factor de Hora Pico (FHP)

Del conteo realizado también se obtuvo el factor de hora pico, el cual indica en cuanto varía la circulación de vehículos en 1 hora, este dato será ingresado al software Synchro 11 como un valor de factor hora pico.

Tabla 46

Factor hora pico (FHP) Estación Paso a Desnivel Óvalo Monitor

Hora Punta	Σ Movimientos	Factor de Hora Pico
07:00 - 08:00	7833	0.8646
07:15 - 08:15	7128	
07:30 - 08:30	6617	
07:45 - 08:45	6095	
08:00 - 09:00	5707	
18:00 - 19:00	6593	
18:15 - 19:15	6775	
18:30 - 19:30	6717	
18:45 - 19:45	6436	
19:00 - 20:00	6052	
Total	65953	

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.1.5. Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo

También se identificó el tipo de vehículos, donde destacan los autos con mayor % de circulación en el tramo de estudio.

Tabla 47

Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor

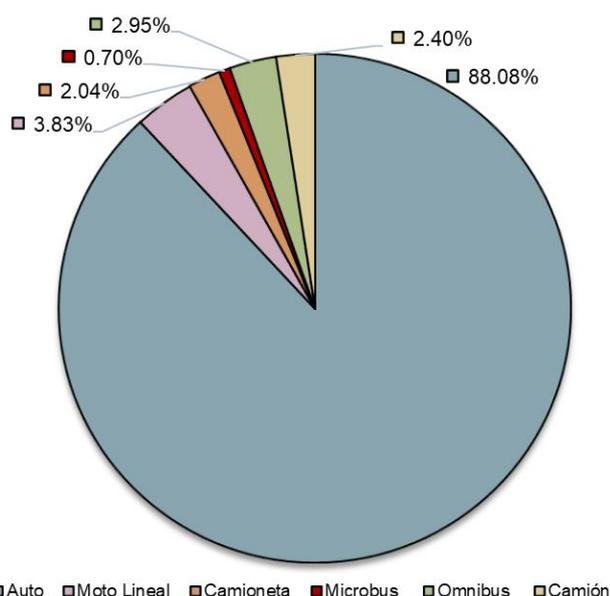
Tipo de Vehículo	Movimiento				Σ	%
	1	2	3	4		
Auto	1535	1549	2853	962	6899	88.08%
Moto Lineal	15	158	22	105	300	3.83%
Camioneta	10	24	10	116	160	2.04%
Microbus	0	21	10	24	55	0.70%
Omnibus	0	130	0	101	231	2.95%
Camión	0	136	0	52	188	2.40%
Total	1560	2018	2895	1360	7833	100.00%

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Asimismo, para un mejor entendimiento, se realizó un diagrama pastel: que se observa a continuación:

Figura 107

Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor



Nota. Elaborado por los autores (2022)

4.5.4.1.6. Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P.

Se homogenizó la tipología de los distintos vehículos mediante los factores UCP (unidad de equivalencia de autos), tal como se muestra en la tabla N° 48:

Tabla 48

Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P. en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor

Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P. en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor						
Movimiento	1	2	3	4	Σ	%
Factor U.C.P.	1558	2677	2907	1800	8942	100%

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.1.7. Volumen Vehicular por Modo de Transporte

El tipo de transporte más utilizado es el *privado* representando un 91.91% del total, como se detalla a continuación en la tabla N° 49:

Tabla 49

Volumen Vehicular por Modo de Transporte en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor

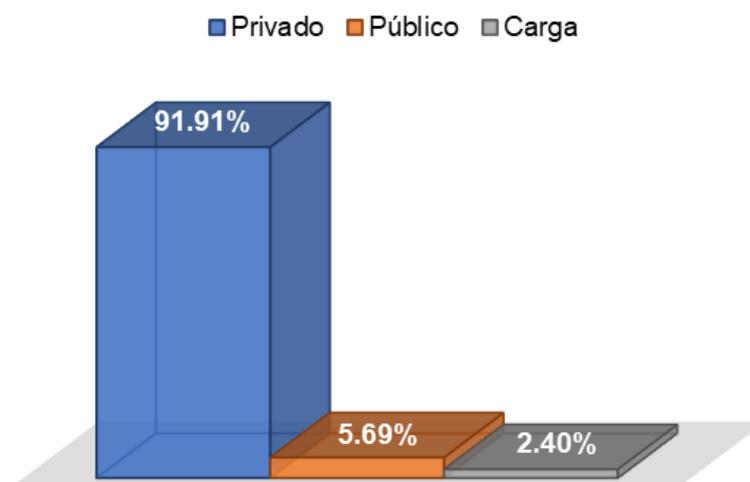
Volumen Vehicular por Modo de Transporte en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor						
Modo de Transporte	Movimiento				Σ	%
	1	2	3	4		
Privado	1550	1707	2875	1067	7199	91.91%
Público	10	175	20	241	446	5.69%
Carga	0	136	0	52	188	2.40%
Total	1560	2018	2895	1360	7833	100.00%

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Asimismo, para un mejor entendimiento, se realizó un diagrama de barras:

Figura 108

Volumen Vehicular por Modo de Transporte en el Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar



Nota. Elaborado por los autores (2022)

4.5.4.2. Estación de aforo 02: Frutales

Se encuentra ubicado en la intersección Av. Javier Prado con Av. Los Frutales, cuenta con cuatro puntos de control mismos que se detallan a continuación:

4.5.4.2.1. Punto de control F-1

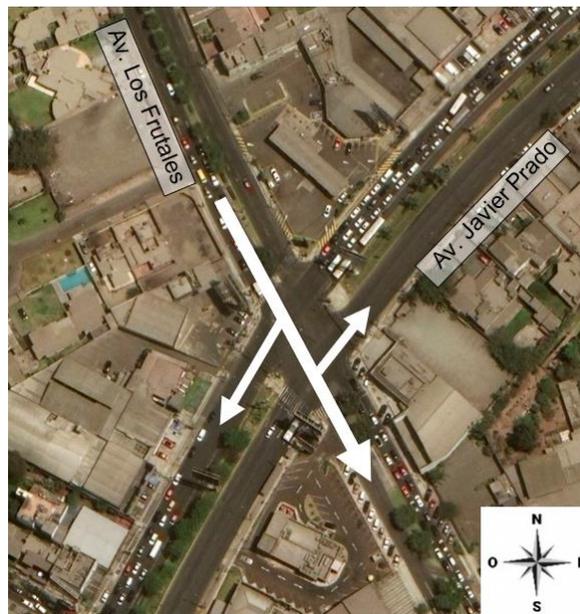
En este punto se contabilizan los vehículos que circulan por la Avenida Los Frutales y se dirigen a:

- Avenida Los Frutales Sur a través de movimiento directo.
- Avenida Javier Prado Oeste a través de un giro a la derecha.
- Avenida Javier Prado Este a través de un giro a la izquierda.

La ubicación de los puntos de control se observa a continuación:

Figura 109

Estación Los Frutales, Punto de Control F-1



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Para el procesamiento de información se adaptó el formato de conteo y clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dando como resultado los formatos comprendidos por intervalos de 15 y 60min, que se detallan en la Tabla N°50 y N°51 respectivamente.

Tabla 50

Aforo vehicular cada 15min en la Estación Frutales, Punto de Control F-1 (Norte)

Hora	Punto de Control F1: Av. Los Frutales (Norte)																				
	↑ Movimiento 01							→ Movimiento 02							← Movimiento 03						
	Av. Los Frutales (Sur)							Av. Javier Prado (Oeste)							Av. Javier Prado (Este)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 07:15	28	2	0	0	1	1	32	96	1	4	3	4	5	113	85	2	2	0	0	0	89
07:15 - 07:30	25	1	0	0	2	1	29	94	0	3	2	3	4	106	83	2	1	0	0	0	86
07:30 - 07:45	24	3	0	0	1	0	28	89	0	4	1	2	6	102	77	1	2	0	0	0	80
07:45 - 08:00	26	0	0	0	1	0	27	85	1	3	2	3	3	97	69	2	2	0	0	0	73
08:00 - 08:15	23	0	0	1	0	0	24	82	0	2	1	1	2	88	67	2	1	0	0	0	70
08:15 - 08:30	23	1	0	0	1	0	25	77	0	2	0	2	3	84	59	1	1	0	0	0	61
08:30 - 08:45	21	0	0	0	0	1	22	78	1	1	0	1	4	85	61	1	2	0	0	0	64
08:45 - 09:00	18	2	0	0	1	0	21	68	1	2	1	1	3	76	57	2	1	0	0	0	60
18:00 - 18:15	19	1	0	0	1	0	21	63	0	3	3	2	3	74	58	1	1	0	0	0	60
18:15 - 18:30	27	2	0	0	0	1	30	85	0	4	1	4	2	96	77	2	2	0	0	0	81
18:30 - 18:45	20	2	0	0	1	0	23	71	1	3	2	1	2	80	73	2	2	0	0	0	77
18:45 - 19:00	21	1	0	0	0	0	22	67	1	2	2	3	3	78	68	2	1	0	0	0	71
19:00 - 19:15	28	2	0	0	0	1	31	71	2	4	1	2	4	84	73	1	1	0	0	0	75
19:15 - 19:30	15	1	0	0	1	1	18	50	1	0	1	0	4	56	52	1	1	0	0	0	54
19:30 - 19:45	10	3	0	0	0	0	13	58	1	2	2	4	2	69	51	1	0	0	0	0	52
19:45 - 20:00	9	2	0	0	0	1	12	55	0	1	1	2	2	61	49	1	1	0	0	0	51

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 51

Aforo vehicular cada 60min en la Estación Frutales, Punto de Control F-1 (Norte)

Hora	Punto de Control F1: Av. Los Frutales (Norte)																				
	↑ Movimiento 01							→ Movimiento 02							← Movimiento 03						
	Av. Los Frutales (Sur)							Av. Javier Prado (Oeste)							Av. Javier Prado (Este)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 08:00	103	6	0	0	5	2	116	364	2	14	8	12	18	418	314	7	7	0	0	0	328
07:15 - 08:15	98	4	0	1	4	1	108	350	1	12	6	9	15	393	296	7	6	0	0	0	309
07:30 - 08:30	96	4	0	1	3	0	104	333	1	11	4	8	14	371	272	6	6	0	0	0	284
07:45 - 08:45	93	1	0	1	2	1	98	322	2	8	3	7	12	354	256	6	6	0	0	0	268
08:00 - 09:00	85	3	0	1	2	1	92	305	2	7	2	5	12	333	244	6	5	0	0	0	255
18:00 - 19:00	87	6	0	0	2	1	96	286	2	12	8	10	10	328	276	7	6	0	0	0	289
18:15 - 19:15	96	7	0	0	1	2	106	294	4	13	6	10	11	338	291	7	6	0	0	0	304
18:30 - 19:30	84	6	0	0	2	2	94	259	5	9	6	6	13	298	266	6	5	0	0	0	277
18:45 - 19:45	74	7	0	0	1	2	84	246	5	8	6	9	13	287	244	5	3	0	0	0	252
19:00 - 20:00	62	8	0	0	1	3	74	234	4	7	5	8	12	270	225	4	3	0	0	0	232

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.2.2. Punto de control F-2

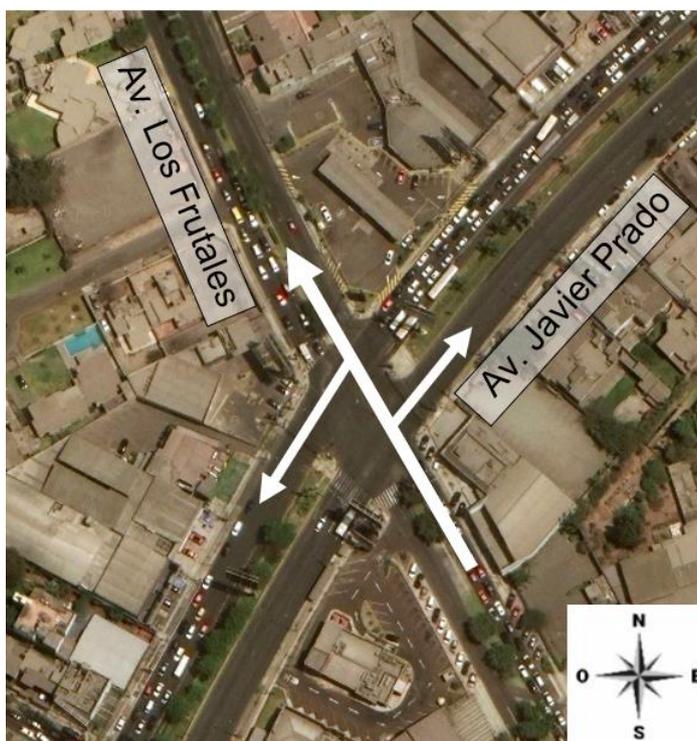
En este punto se contabilizan los vehículos que circulan por la Avenida Los Frutales Sur y se dirigen a:

- Avenida Los Frutales Norte a través de movimiento directo.
- Avenida Javier Prado Este a través de un giro a la derecha.
- Avenida Javier Prado Oeste a través de un giro a la izquierda.

La ubicación de los puntos de control se observa a continuación:

Figura 110

Estación Los Frutales, Punto de Control F- 2



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Para el procesamiento de información se adaptó el formato de conteo y clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dando como resultado los formatos comprendidos por intervalos de 15 y 60min, que se detallan en la Tabla N°52 y N°53 respectivamente.

Tabla 52

Aforo vehicular cada 15min en la Estación Frutales, Punto de Control F-2 (Sur)

Hora	Punto de Control F2: Av. Los Frutales (Sur)																				
	↑ Movimiento 05							→ Movimiento 06							← Movimiento 07						
	Av. Los Frutales (Norte)							Av. Javier Prado (Este)							Av. Javier Prado (Oeste)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 07:15	44	0	0	0	0	0	44	61	1	5	0	0	1	68	27	0	0	0	0	0	27
07:15 - 07:30	41	1	0	0	0	0	42	59	0	6	0	0	0	65	25	0	0	0	0	0	25
07:30 - 07:45	39	0	0	0	0	0	39	48	0	4	0	0	0	52	23	1	0	0	0	0	24
07:45 - 08:00	40	1	0	0	0	0	41	47	1	3	0	0	1	52	21	0	0	0	0	0	21
08:00 - 08:15	35	0	0	0	0	0	35	45	1	5	1	0	0	52	19	0	1	1	0	0	21
08:15 - 08:30	36	1	0	0	0	0	37	43	0	2	0	0	0	45	20	0	0	0	0	0	20
08:30 - 08:45	37	0	0	0	0	0	37	41	0	2	0	0	0	43	17	1	0	0	0	0	18
08:45 - 09:00	35	0	0	0	0	0	35	37	1	3	0	0	0	41	16	1	0	0	0	0	17
18:00 - 18:15	39	2	0	0	0	0	41	34	2	3	0	0	0	39	17	1	0	0	0	0	18
18:15 - 18:30	51	2	0	0	0	0	53	52	3	4	0	0	0	59	23	1	0	0	0	0	24
18:30 - 18:45	41	0	0	0	0	0	41	45	0	4	0	0	0	49	20	1	0	0	0	0	21
18:45 - 19:00	35	2	0	0	0	0	37	43	1	3	0	0	0	47	17	0	0	0	0	0	17
19:00 - 19:15	42	0	0	0	0	0	42	45	2	3	0	0	0	50	23	2	0	0	0	0	25
19:15 - 19:30	25	1	0	0	0	0	26	29	1	4	0	0	0	34	16	0	0	0	0	0	16
19:30 - 19:45	23	0	0	0	0	0	23	33	0	2	0	0	0	35	14	2	1	0	0	0	17
19:45 - 20:00	21	0	0	0	0	0	21	24	0	2	0	0	0	26	14	1	0	0	0	0	15

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 53

Aforo vehicular cada 60min en la Estación Frutales, Punto de Control F-2 (Sur)

Hora	Punto de Control F2: Av. Los Frutales (Sur)																				
	↑ Movimiento 04							→ Movimiento 05							← Movimiento 06						
	Av. Los Frutales (Norte)							Av. Javier Prado (Este)							Av. Javier Prado (Oeste)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 08:00	164	2	0	0	0	0	166	215	2	18	0	0	2	237	96	1	0	0	0	0	97
07:15 - 08:15	155	2	0	0	0	0	157	199	2	18	1	0	1	221	88	1	1	1	0	0	91
07:30 - 08:30	150	2	0	0	0	0	152	183	2	14	1	0	1	201	83	1	1	1	0	0	86
07:45 - 08:45	148	2	0	0	0	0	150	176	2	12	1	0	1	192	77	1	1	1	0	0	80
08:00 - 09:00	143	1	0	0	0	0	144	166	2	12	1	0	0	181	72	2	1	1	0	0	76
18:00 - 19:00	166	6	0	0	0	0	172	174	6	14	0	0	0	194	77	3	0	0	0	0	80
18:15 - 19:15	169	4	0	0	0	0	173	185	6	14	0	0	0	205	83	4	0	0	0	0	87
18:30 - 19:30	143	3	0	0	0	0	146	162	4	14	0	0	0	180	76	3	0	0	0	0	79
18:45 - 19:45	125	3	0	0	0	0	128	150	4	12	0	0	0	166	70	4	1	0	0	0	75
19:00 - 20:00	111	1	0	0	0	0	112	131	3	11	0	0	0	145	67	5	1	0	0	0	73

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.2.3. Punto de control F-3

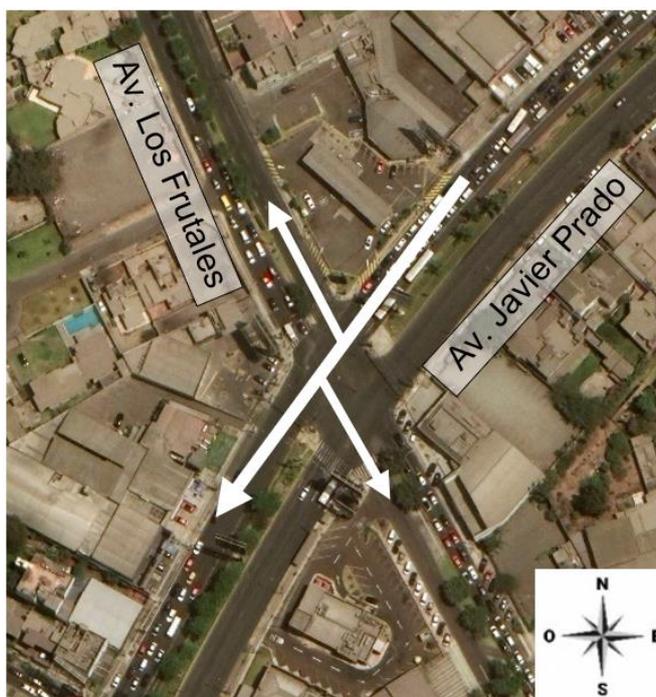
En este punto se contabilizan los vehículos que circulan por la Avenida Javier Prado y se dirigen a:

- Avenida Javier Prado Oeste a través de movimiento directo.
- Avenida Los Frutales Norte a través de un giro a la derecha.
- Avenida Los Frutales Sur a través de un giro a la izquierda, cabe precisar que este movimiento se encuentra prohibido, sin embargo, algunos conductores hacen caso omiso a la señal reguladora.

La ubicación de los puntos de control se observa a continuación:

Figura 111

Estación Los Frutales, Punto de Control F - 3



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Para el procesamiento de información se adaptó el formato de conteo y clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dando como resultado los formatos comprendidos por intervalos de 15 y 60min, que se muestran en la Tabla N°54 y N°55 respectivamente.

Tabla 54

Aforo vehicular cada 15min en la Estación Frutales, Punto de Control F-3 (Este)

Hora	Punto de Control F3: Av. Javier Prado (Este)																				
	↑ Movimiento 09							→ Movimiento 10							← Movimiento 11						
	Av. Javier Prado (Oeste)							Av. Los Frutales (Norte)							Av. Los Frutales (Sur)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 07:15	408	30	24	1	16	22	501	13	0	0	0	0	0	13	2	0	0	0	0	0	2
07:15 - 07:30	390	32	22	0	17	18	479	11	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0
07:30 - 07:45	385	24	23	0	15	15	462	9	1	0	0	0	0	10	1	0	0	0	0	0	1
07:45 - 08:00	387	27	21	1	14	18	468	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
08:00 - 08:15	370	25	21	0	16	20	452	11	3	0	0	0	0	14	1	0	0	0	0	0	1
08:15 - 08:30	365	24	19	0	15	14	437	8	0	1	0	0	0	9	0	1	0	0	0	0	1
08:30 - 08:45	359	21	17	1	14	13	425	7	1	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0
08:45 - 09:00	360	29	16	0	15	18	438	8	0	1	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
18:00 - 18:15	352	27	23	1	16	15	434	9	2	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0
18:15 - 18:30	378	25	22	0	15	11	451	14	2	0	0	0	0	16	2	0	0	0	0	0	2
18:30 - 18:45	325	29	19	1	13	8	395	10	0	0	0	0	0	10	2	0	0	0	0	0	2
18:45 - 19:00	319	23	20	0	14	18	394	7	2	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 19:15	317	21	17	0	9	16	380	12	1	0	0	0	0	13	3	0	0	0	0	0	3
19:15 - 19:30	315	26	21	2	11	9	384	9	0	0	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0	1
19:30 - 19:45	309	23	19	0	13	15	379	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
19:45 - 20:00	305	25	18	0	13	15	376	7	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	1

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 55

Aforo vehicular cada 60min en la Estación Frutales, Punto de Control F-3 (Este)

Hora	Punto de Control F3: Av. Javier Prado (Este)																				
	↑ Movimiento 07							→ Movimiento 8							← Movimiento 9						
	Av. Javier Prado (Oeste)							Av. Los Frutales (Norte)							Av. Los Frutales (Sur)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 08:00	1570	113	90	2	62	73	1910	43	1	0	0	0	0	44	3	0	0	0	0	0	3
07:15 - 08:15	1532	108	87	1	62	71	1861	41	4	0	0	0	0	45	2	0	0	0	0	0	2
07:30 - 08:30	1507	100	84	1	60	67	1819	38	4	1	0	0	0	43	2	1	0	0	0	0	3
07:45 - 08:45	1481	97	78	2	59	65	1782	36	4	1	0	0	1	42	1	1	0	0	0	0	2
08:00 - 09:00	1454	99	73	1	60	65	1752	34	4	2	0	0	1	41	1	1	0	0	0	0	2
18:00 - 19:00	1374	104	84	2	58	52	1674	40	6	0	0	0	0	46	4	0	0	0	0	0	4
18:15 - 19:15	1339	98	78	1	51	53	1620	43	5	0	0	0	0	48	7	0	0	0	0	0	7
18:30 - 19:30	1276	99	77	3	47	51	1553	38	3	0	0	0	0	41	6	0	0	0	0	0	6
18:45 - 19:45	1260	93	77	2	47	58	1537	36	3	0	0	0	0	39	4	0	0	0	0	0	4
19:00 - 20:00	1246	95	75	2	46	55	1519	36	1	0	0	0	0	37	5	0	0	0	0	0	5

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.2.4. Punto de control F-4

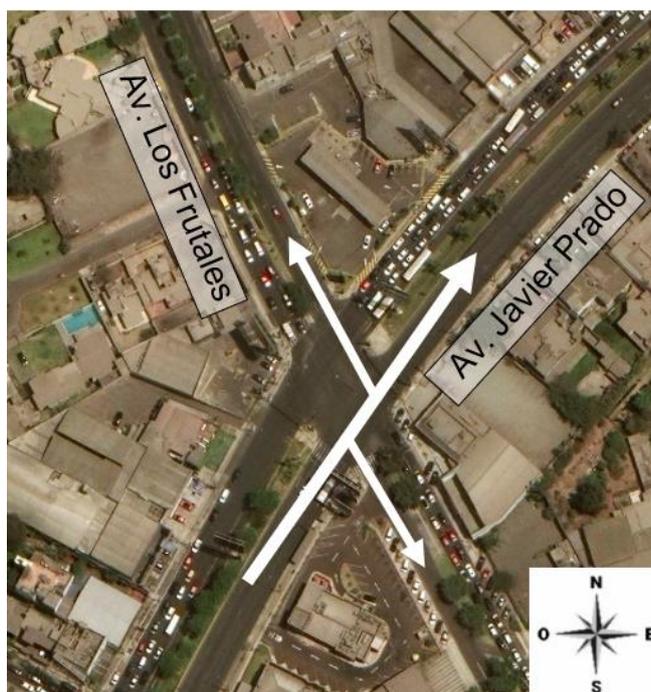
En este punto se contabilizan los vehículos que circulan por la Avenida Javier Prado y se dirigen a:

- Avenida Javier Prado Este a través de movimiento directo.
- Avenida Los Frutales Sur a través de un giro a la derecha.
- Avenida Los Frutales Norte a través de un giro a la izquierda.

La ubicación de los puntos de control se observa a continuación:

Figura 112

Estación Los Frutales, Punto de Control F- 4



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Para el procesamiento de información se adaptó el formato de conteo y clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dando como resultado los formatos comprendidos por intervalos de 15 y 60min, que se detallan en la Tabla N°56 y N°57 respectivamente.

Tabla 56

Aforo vehicular cada 15min en la Estación Frutales, Punto de Control F-4 (Oeste)

Hora	Punto de Control F4: Av. Javier Prado (Oeste)																				
	↑ Movimiento 13							→ Movimiento 14							← Movimiento 15						
	Av. Javier Prado (Este)							Av. Los Frutales (Sur)							Av. Los Frutales (Norte)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 07:15	537	18	9	5	18	9	596	2	0	0	0	0	0	2	196	4	3	1	1	4	209
07:15 - 07:30	491	19	4	2	15	7	538	1	1	0	0	0	0	2	187	3	2	1	0	3	196
07:30 - 07:45	469	14	6	3	15	6	513	2	0	0	0	0	0	2	191	2	3	0	1	0	197
07:45 - 08:00	463	16	3	4	16	8	510	1	0	0	0	0	0	1	177	4	2	0	1	2	186
08:00 - 08:15	461	15	7	3	16	8	510	2	0	0	0	0	0	2	169	3	2	0	1	1	176
08:15 - 08:30	459	14	5	4	17	5	504	2	0	1	0	0	0	3	171	3	1	1	0	0	176
08:30 - 08:45	448	16	6	2	15	2	489	3	0	0	0	0	0	3	159	2	2	0	1	0	164
08:45 - 09:00	445	12	6	3	16	7	489	2	0	0	0	0	0	2	147	3	2	1	1	0	154
18:00 - 18:15	418	15	3	3	12	4	455	1	0	2	0	0	0	3	135	2	1	0	0	0	138
18:15 - 18:30	445	13	3	2	9	6	478	3	0	1	0	0	0	4	162	3	2	0	0	2	169
18:30 - 18:45	419	14	0	2	8	2	445	2	0	0	0	0	0	2	145	3	3	0	2	0	153
18:45 - 19:00	409	14	6	3	15	2	449	3	0	0	0	0	0	3	133	3	1	1	0	0	138
19:00 -19:15	425	10	4	4	17	1	461	3	0	0	0	0	0	3	129	2	1	1	0	1	134
19:15 - 19:30	325	12	0	3	14	3	357	1	2	0	0	0	0	3	115	3	2	0	0	0	120
19:30 - 19:45	317	9	4	2	13	2	347	2	0	0	0	0	0	2	109	3	2	0	0	2	116
19:45 -20:00	324	8	5	3	13	4	357	1	1	0	0	0	0	2	101	2	1	0	0	0	104

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 57

Aforo vehicular cada 60min en la Estación Frutales, Punto de Control F-4 (Oeste)

Hora	Punto de Control F4: Av. Javier Prado (Oeste)																				
	↑ Movimiento 10							→ Movimiento 11							← Movimiento 12						
	Av. Javier Prado (Este)							Av. Los Frutales (Sur)							Av. Los Frutales (Norte)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 08:00	1960	67	22	14	64	30	2157	6	1	0	0	0	0	7	751	13	10	2	3	9	788
07:15 - 08:15	1884	64	20	12	62	29	2071	6	1	0	0	0	0	7	724	12	9	1	3	6	755
07:30 - 08:30	1852	59	21	14	64	27	2037	7	0	1	0	0	0	8	708	12	8	1	3	3	735
07:45 - 08:45	1831	61	21	13	64	23	2013	8	0	1	0	0	0	9	676	12	7	1	3	3	702
08:00 - 09:00	1813	57	24	12	64	22	1992	9	0	1	0	0	0	10	646	11	7	2	3	1	670
18:00 - 19:00	1691	56	12	10	44	14	1827	9	0	3	0	0	0	12	575	11	7	1	2	2	598
18:15 - 19:15	1698	51	13	11	49	11	1833	11	0	1	0	0	0	12	569	11	7	2	2	3	594
18:30 - 19:30	1578	50	10	12	54	8	1712	9	2	0	0	0	0	11	522	11	7	2	2	1	545
18:45 - 19:45	1476	45	14	12	59	8	1614	9	2	0	0	0	0	11	486	11	6	2	0	3	508
19:00 - 20:00	1391	39	13	12	57	10	1522	7	3	0	0	0	0	10	454	10	6	1	0	3	474

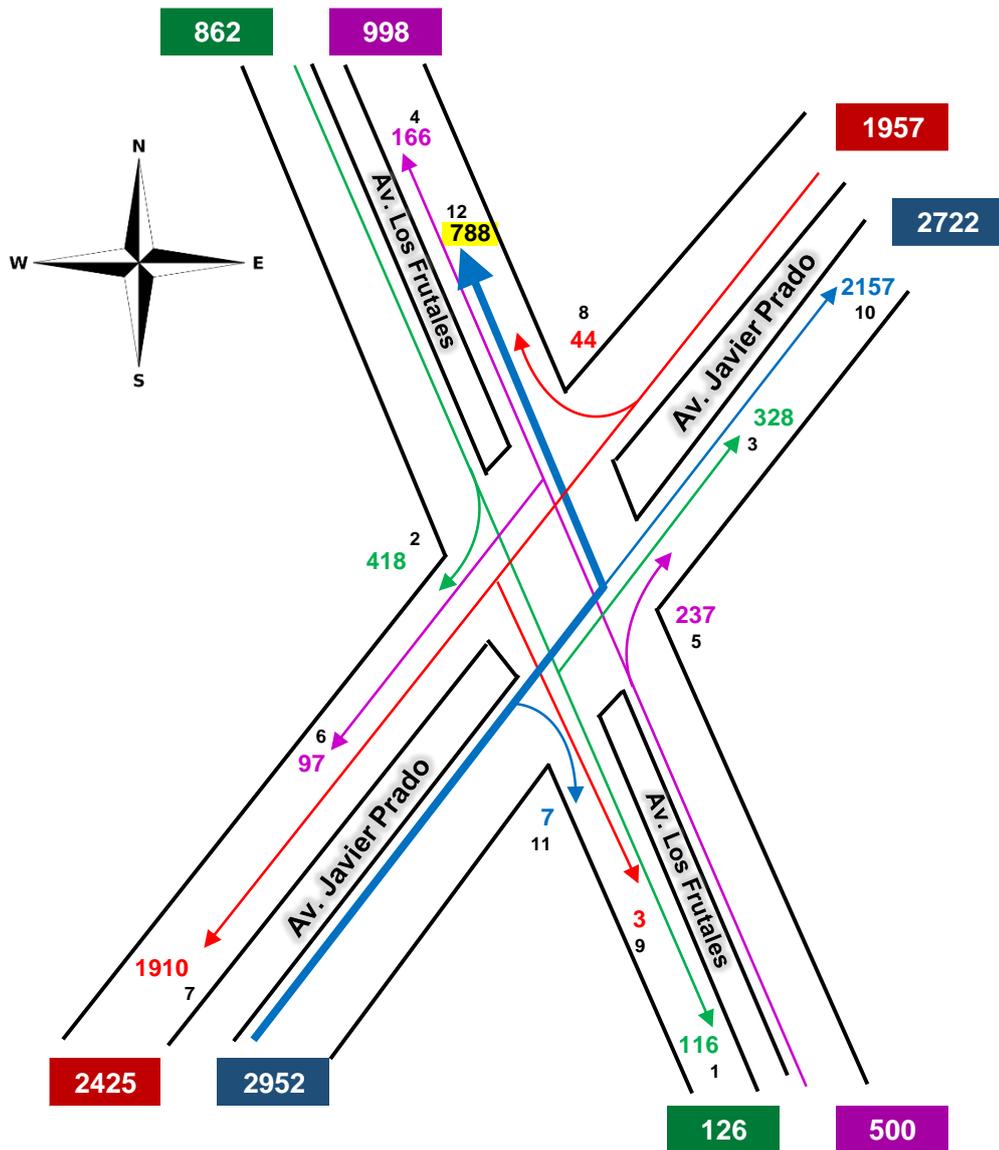
Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.2.5. Flujograma Vehicular

Para tener un mejor entendimiento se representaron los movimientos con sus respectivos volúmenes vehiculares mediante un Flujograma, tal como se muestra en la Figura N°113:

Figura 113

Flujograma Vehicular Estación Frutales



Nota. Elaborado por los autores (2022). De los 2952 vehículos provenientes de la Av. Javier Prado (Oeste), 788 vehículos a través de un giro a la izquierda se dirigen hacia la Av. Los Frutales (Norte), representando un 27% del volumen total.

4.5.4.2.6. Hora punta y Factor de Hora Pico (FHP)

Del conteo realizado también se obtuvo el factor de hora pico, el cual indica en cuanto varía la circulación de vehículos en 1 hora, este dato será ingresado al software Synchro 11 como un valor de factor hora pico.

Tabla 58

Factor hora pico (FHP) Estación Frutales

Hora Punta	∑ Movimientos	Factor Hora Pico
07:00 - 08:00	6271	0.9244
07:15 - 08:15	6020	
07:30 - 08:30	5843	
07:45 - 08:45	5692	
08:00 - 09:00	5548	
18:00 - 19:00	5320	
18:15 - 19:15	5327	
18:30 - 19:30	4942	
18:45 - 19:45	4705	
19:00 - 20:00	4473	
Total	54141	

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.2.7. Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo

También se identificó el tipo de vehículos, donde destacan los autos con mayor % de circulación en la Estación de la Av. Los Frutales.

Tabla 59

Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en Frutales

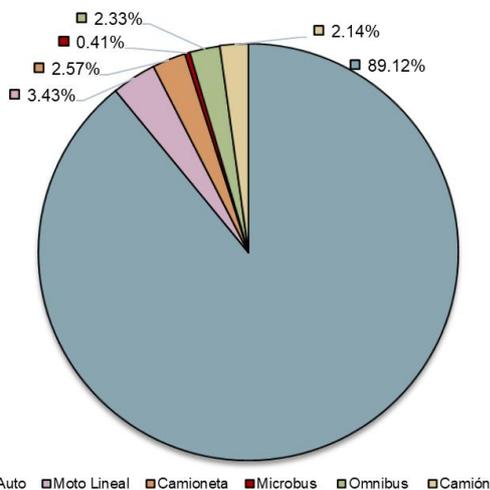
Tipo de Vehículo	Movimiento												∑	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Auto	103	364	314	164	215	96	1570	43	3	1960	6	751	5589	89.12%
Moto Lineal	6	2	7	2	2	1	113	1	0	67	1	13	215	3.43%
Camioneta	0	14	7	0	18	0	90	0	0	22	0	10	161	2.57%
Microbus	0	8	0	0	0	0	2	0	0	14	0	2	26	0.41%
Omnibus	5	12	0	0	0	0	62	0	0	64	0	3	146	2.33%
Camión	2	18	0	0	2	0	73	0	0	30	0	9	134	2.14%
Total	116	418	328	166	237	97	1910	44	3	2157	7	788	6271	100%

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Asimismo, para un mejor entendimiento se realizó un diagrama pastel: que se observa a continuación:

Figura 114

Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en la estación Frutales



Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.2.8. Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P.

Se homogenizó la tipología de los distintos vehículos mediante los factores UCP (unidad de equivalencia de autos), como se puede detallar en la tabla N°60:

Tabla 60

Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P. en Frutales

Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P. en la Intersección canalizada Av. Los Frutales con Av. Javier Prado														
Movimiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Σ	%
Factor U.C.P.	134	504	328	166	244	97	2235	44	3	2418	7	817	6994	100.00%

Nota. Elaborado por los autores (2022)

4.5.4.2.9. Volumen Vehicular por Modo de Transporte

El tipo de transporte más utilizado es el público representando un 91.91% del total, como se detalla en la tabla N° 61:

Tabla 61

Volumen Vehicular por Modo de Transporte en Frutales

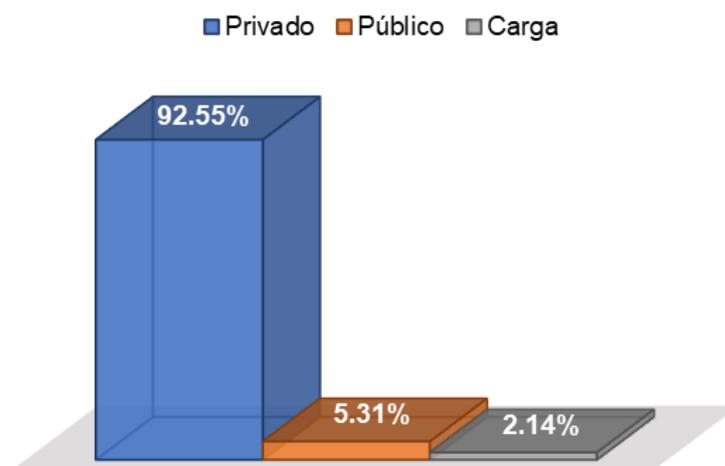
Volumen Vehicular por Modo de Transporte en la Intersección canalizada Av. Los Frutales con Av. Javier Prado														
Modo de Transporte	Movimiento												Σ	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Privado	109	366	321	166	217	97	1683	44	3	2027	7	764	5804	92.55%
Público	5	34	7	0	18	0	154	0	0	100	0	15	333	5.31%
Carga	2	18	0	0	2	0	73	0	0	30	0	9	134	2.14%
Total	116	418	328	166	237	97	1910	44	3	2157	7	788	6271	100.00%

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Asimismo, para un mejor entendimiento se realizó un diagrama de barras:

Figura 115

Volumen Vehicular por Modo de Transporte en la estación Frutales



Nota. Elaborado por los autores (2022)

4.5.4.3. Estación de aforo 03: Molina

Se encuentra ubicado en la intersección Av. Javier Prado con Av. La Molina, cuenta con cuatro puntos de control mismos que se detallan a continuación:

4.5.4.3.1. Punto de control M-1

En este punto se contabilizan los vehículos que circulan por la Avenida La Molina y se dirigen a:

- Avenida la Molina Sur a través de movimiento directo.
- Avenida Javier Prado Oeste a través de un giro a la derecha.
- Avenida Javier Prado Oeste a través del ramal de giro a la derecha.
- Avenida Javier Prado Este a través de un giro a la izquierda, cabe precisar que este movimiento se encuentra prohibido, sin embargo, algunos conductores hacen caso omiso a la señal reguladora.

La ubicación de los puntos de control se observa a continuación:

Figura 116

Estación la Molina, Punto de Control M-1



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Para el procesamiento de información se adaptó el formato de conteo y clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dando como resultado los formatos comprendidos por intervalos de 15 y 60min, que se detallan en la Tabla N°62 y N°63 respectivamente.

Tabla 62

Aforo vehicular cada 15min en la Estación Molina, Punto de Control M-1 (Norte)

Hora	Punto de Control M1: Av. La Molina (Norte)																											
	↑ Movimiento 01							→ Movimiento 02							← Movimiento 03							→ Movimiento 04						
	Av. La Molina (Sur)							Av. Javier Prado (Oeste)							Av. Javier Prado (Este)							Ramal con dirección a Av. Javier Prado (Oeste)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 07:15	121	22	9	10	12	8	182	3	1	0	0	1	0	5	1	0	0	0	0	0	1	63	5	1	0	3	4	76
07:15 - 07:30	106	4	14	6	9	3	142	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	54	3	1	0	3	2	63
07:30 - 07:45	124	13	11	6	17	9	180	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	69	5	0	0	2	5	81
07:45 - 08:00	124	9	3	8	17	6	167	7	2	0	0	0	0	9	0	1	0	0	0	0	1	78	5	0	0	4	1	88
08:00 - 08:15	88	16	10	8	11	5	138	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	70	6	1	0	2	1	80
08:15 - 08:30	114	8	20	10	12	5	169	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	85	3	1	0	0	1	90
08:30 - 08:45	104	11	12	9	14	7	157	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	1	105	3	5	0	0	1	114
08:45 - 09:00	98	13	15	7	4	3	140	5	1	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	110	1	2	0	0	0	113
18:00 - 18:15	110	11	11	4	9	7	152	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	105	3	1	0	2	0	111
18:15 - 18:30	100	15	8	7	10	6	146	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	102	2	1	0	1	1	107
18:30 - 18:45	106	20	7	5	8	5	151	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	101	2	0	0	1	1	105
18:45 - 19:00	112	19	11	4	11	4	161	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	100	1	1	0	1	0	103
19:00 - 19:15	115	22	10	8	12	7	174	3	0	1	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	1	95	2	0	0	1	0	98
19:15 - 19:30	90	14	9	4	13	8	138	4	1	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	1	98	5	1	0	0	1	105
19:30 - 19:45	85	9	12	7	11	6	130	2	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	97	4	0	0	2	3	106
19:45 - 20:00	90	10	8	4	10	5	127	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	98	2	1	0	2	2	105

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 63

Aforo vehicular cada 60min en la Estación Molina, Punto de Control M-1 (Norte)

Hora	Punto de Control M1: Av. La Molina (Norte)																											
	↑ Movimiento 01							→ Movimiento 02							← Movimiento 03							→ Movimiento 04						
	Av. La Molina (Sur)							Av. Javier Prado (Oeste)							Av. Javier Prado (Este)							Ramal con dirección a Av. Javier Prado (Oeste)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 08:00	475	48	37	30	55	26	671	11	3	0	0	1	0	15	4	1	0	0	0	0	5	264	18	2	0	12	12	308
07:15 - 08:15	442	42	38	28	54	23	627	9	2	0	0	0	0	11	4	1	0	0	0	0	5	271	19	2	0	11	9	312
07:30 - 08:30	450	46	44	32	57	25	654	9	2	0	0	0	0	11	5	1	0	0	0	0	6	302	19	2	0	8	8	339
07:45 - 08:45	430	44	45	35	54	23	631	12	2	0	0	0	0	14	2	1	0	0	1	0	4	338	17	7	0	6	4	372
08:00 - 09:00	404	48	57	34	41	20	604	10	1	0	0	0	0	11	2	0	0	0	1	0	3	370	13	9	0	2	3	397
18:00 - 19:00	428	65	37	20	38	22	610	4	1	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	2	408	8	3	0	5	2	426
18:15 - 19:15	433	76	36	24	41	22	632	7	1	1	0	0	0	9	2	0	0	0	0	0	2	398	7	2	0	4	2	413
18:30 - 19:30	423	75	37	21	44	24	624	10	2	1	0	0	0	13	2	0	0	0	0	0	2	394	10	2	0	3	2	411
18:45 - 19:45	402	64	42	23	47	25	603	10	4	1	0	0	0	15	2	0	0	0	0	0	2	390	12	2	0	4	4	412
19:00 - 20:00	380	55	39	23	46	26	569	10	4	1	0	0	0	15	3	0	0	0	0	0	3	388	13	2	0	5	6	414

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.3.2. Punto de control M-2

En este punto se contabilizan el flujo vehicular que circulan por la Avenida La Molina y se dirigen a:

- Avenida la Molina Norte a través de movimiento directo.
- Avenida Javier Prado Este a través de un giro a la derecha.
- Avenida Javier Prado Este a través del ramal de giro a la derecha.
- Avenida Javier Prado Oeste a través de un giro a la izquierda.

La ubicación de los puntos de control se observa a continuación:

Figura 117

Estación la Molina, Punto de Control M-2



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Para el procesamiento de información se adaptó el formato de conteo y clasificación vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dando como resultado los formatos comprendidos por intervalos de 15 y 60min, que se detallan en la Tabla N°64 y N°65 respectivamente.

Tabla 64

Aforo vehicular cada 15min en la Estación Molina, Punto de Control M-2 (Sur)

Hora	Punto de Control M2: Av. La Molina (Sur)																											
	↑ Movimiento 05							→ Movimiento 06							← Movimiento 07						→ Movimiento 08							
	Av. La Molina (Norte)							Av. Javier Prado (Este)							Av. Javier Prado (Oeste)						Ramal con dirección a Av. Javier Prado (Este)							
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 07:15	85	9	10	8	12	2	126	0	0	0	0	0	0	0	241	12	3	3	7	4	270	92	1	0	0	0	0	93
07:15 - 07:30	88	16	20	8	8	2	142	2	0	0	0	0	0	2	123	5	8	1	6	7	150	106	2	6	0	0	1	115
07:30 - 07:45	97	8	18	11	12	4	150	1	0	0	0	0	0	1	100	2	2	3	3	5	115	80	1	4	0	0	1	86
07:45 - 08:00	95	14	15	15	10	11	160	2	0	0	0	0	0	2	92	2	17	1	4	6	122	59	1	0	0	0	0	60
08:00 - 08:15	109	13	15	6	7	1	151	4	0	0	0	0	0	4	132	8	11	2	8	5	166	78	1	0	0	0	0	79
08:15 - 08:30	87	11	11	5	5	3	122	3	0	0	0	0	0	3	119	8	10	6	6	5	154	66	1	1	0	0	1	69
08:30 - 08:45	98	10	17	9	8	3	145	4	0	0	0	0	0	4	81	6	9	5	3	1	105	74	1	1	0	0	0	76
08:45 - 09:00	105	12	14	7	6	5	149	5	0	0	0	0	0	5	111	10	10	8	3	3	145	60	1	1	0	0	0	62
18:00 - 18:15	100	10	13	8	8	1	140	4	0	0	0	0	0	4	121	5	8	2	3	2	141	70	1	2	0	0	0	73
18:15 - 18:30	102	8	15	6	5	2	138	3	0	0	0	0	0	3	122	6	6	3	5	5	147	72	0	1	0	0	0	73
18:30 - 18:45	95	8	18	5	6	3	135	6	0	0	0	0	0	6	125	4	5	3	4	3	144	69	1	0	0	0	0	70
18:45 - 19:00	92	9	17	7	4	4	133	2	0	0	0	0	0	2	115	5	4	4	6	4	138	59	0	0	0	0	0	59
19:00 - 19:15	85	7	18	9	6	2	127	4	0	0	0	0	0	4	110	3	3	6	4	2	128	62	0	1	0	0	0	63
19:15 - 19:30	84	12	20	10	5	3	134	6	0	0	0	0	0	6	95	3	5	5	6	2	116	61	1	1	0	0	0	63
19:30 - 19:45	93	10	15	5	4	4	131	5	0	0	0	0	0	5	90	2	5	2	4	3	106	60	1	0	0	0	0	61
19:45 - 20:00	82	13	16	6	2	3	122	4	0	0	0	0	0	4	91	5	4	4	5	1	110	57	0	0	0	0	0	57

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 65

Aforo vehicular cada 60min en la Estación Molina, Punto de Control M-2 (Sur)

Hora	Punto de Control M2: Av. La Molina (Sur)																											
	↑ Movimiento 05							→ Movimiento 06							← Movimiento 07						→ Movimiento 08							
	Av. La Molina (Norte)							Av. Javier Prado (Este)							Av. Javier Prado (Oeste)						Ramal con dirección a Av. Javier Prado (Este)							
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 08:00	365	47	63	42	42	19	578	5	0	0	0	0	0	5	556	21	30	8	20	22	657	337	5	10	0	0	2	354
07:15 - 08:15	389	51	68	40	37	18	603	9	0	0	0	0	0	9	447	17	38	7	21	23	553	323	5	10	0	0	2	340
07:30 - 08:30	388	46	59	37	34	19	583	10	0	0	0	0	0	10	443	20	40	12	21	21	557	283	4	5	0	0	2	294
07:45 - 08:45	389	48	58	35	30	18	578	13	0	0	0	0	0	13	424	24	47	14	21	17	547	277	4	2	0	0	1	284
08:00 - 09:00	399	46	57	27	26	12	567	16	0	0	0	0	0	16	443	32	40	21	20	14	570	278	4	3	0	0	1	286
18:00 - 19:00	389	35	63	26	23	10	546	15	0	0	0	0	0	15	483	20	23	12	18	14	570	270	2	3	0	0	0	275
18:15 - 19:15	374	32	68	27	21	11	533	15	0	0	0	0	0	15	472	18	18	16	19	14	557	262	1	2	0	0	0	265
18:30 - 19:30	356	36	73	31	21	12	529	18	0	0	0	0	0	18	445	15	17	18	20	11	526	251	2	2	0	0	0	255
18:45 - 19:45	354	38	70	31	19	13	525	17	0	0	0	0	0	17	410	13	17	17	20	11	488	242	2	2	0	0	0	246
19:00 - 20:00	344	42	69	30	17	12	514	19	0	0	0	0	0	19	386	13	17	17	19	8	460	240	2	2	0	0	0	244

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.3.3. Punto de control M-3

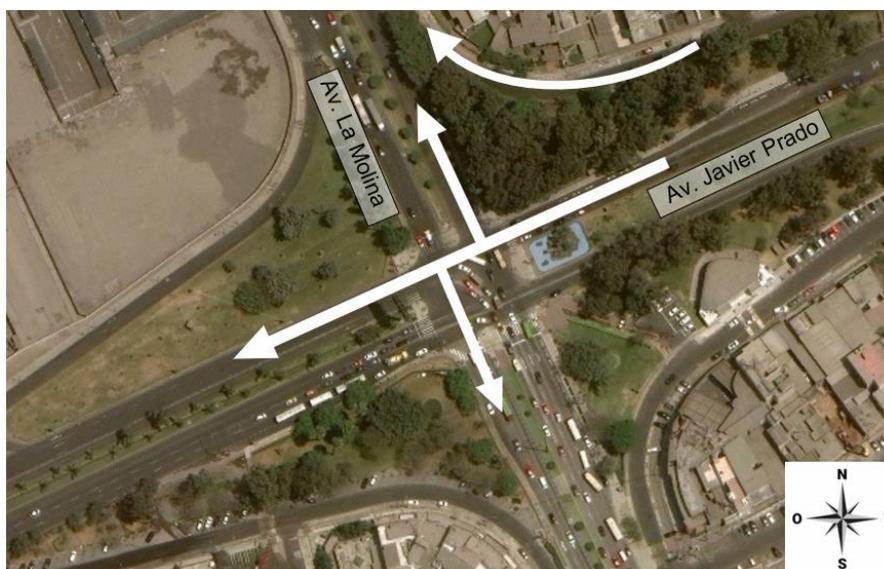
En este punto se contabilizan los vehículos que circulan por la Avenida Javier Prado y se dirigen a:

- Avenida Javier Prado Oeste a través de movimiento directo.
- Avenida La Molina Norte a través de un giro a la derecha.
- Avenida La Molina Norte a través del ramal de giro a la derecha.
- Avenida La Molina Sur a través de un giro a la izquierda.

La ubicación de los puntos de control se observa a continuación:

Figura 118

Estación la Molina, Punto de Control M-3



Nota. Elaborado por los autores (2022)

Para el procesamiento de información se adaptó el formato de conteo y clasificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dando como resultado los formatos comprendidos por intervalos de 15 y 60min, que se muestran en la Tabla N°66 y N°67 respectivamente.

Tabla 66

Aforo vehicular cada 15min en la Estación Molina, Punto de Control M-3 (Este)

Hora	Punto de Control M3: Av. Javier Prado (Este)																											
	↑ Movimiento 09							→ Movimiento 10							← Movimiento 11							→ Movimiento 12						
	Av. Javier Prado (Oeste)							Av. La Molina (Norte)							Av. La Molina (Sur)							Ramal con dirección a Av. La Molina (Norte)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 07:15	408	27	4	2	7	2	450	0	0	0	0	0	0	0	12	0	1	0	0	1	14	99	7	0	0	0	106	
07:15 - 07:30	306	33	6	1	11	14	371	1	0	4	0	0	0	5	7	7	1	0	0	1	16	56	2	3	0	1	63	
07:30 - 07:45	296	29	15	8	12	7	367	2	0	0	0	0	1	3	4	0	0	0	0	1	5	35	1	1	0	0	37	
07:45 - 08:00	295	26	11	2	12	9	355	4	0	0	0	0	1	5	3	2	0	0	0	0	5	44	2	1	0	0	47	
08:00 - 08:15	246	30	12	0	9	10	307	2	0	0	0	0	0	2	4	2	0	0	0	0	6	42	1	0	0	0	43	
08:15 - 08:30	235	11	8	0	7	10	271	5	0	0	0	0	0	5	3	2	0	0	0	0	5	45	1	1	0	0	47	
08:30 - 08:45	306	30	11	1	10	14	372	2	0	0	0	0	0	2	4	3	0	0	0	0	7	41	1	1	0	0	43	
08:45 - 09:00	166	12	4	0	6	13	201	6	0	1	0	0	0	7	4	0	3	0	0	4	11	35	2	3	0	0	40	
18:00 - 18:15	295	6	8	1	5	10	325	3	0	0	0	0	0	3	3	0	1	0	0	0	4	45	2	1	0	0	48	
18:15 - 18:30	281	13	7	0	6	9	316	4	0	0	0	0	0	4	2	1	0	0	0	1	4	44	1	2	0	0	47	
18:30 - 18:45	273	6	8	0	4	8	299	2	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	3	41	0	0	0	0	41	
18:45 - 19:00	269	2	5	2	9	10	297	4	0	0	0	0	0	4	2	0	1	0	0	1	4	42	0	1	0	0	43	
19:00 - 19:15	220	3	15	0	10	11	259	3	0	1	0	0	0	4	3	0	1	0	0	0	4	38	1	2	0	0	41	
19:15 - 19:30	215	4	12	2	9	13	255	5	0	0	0	0	1	6	4	2	2	0	0	2	10	36	1	3	1	0	42	
19:30 - 19:45	217	3	14	1	12	11	258	4	0	1	0	0	0	5	5	2	0	0	0	1	8	32	2	1	0	0	35	
19:45 - 20:00	220	2	11	2	13	14	262	3	0	0	0	0	0	3	4	1	1	0	0	1	7	30	2	1	0	0	34	

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 67

Aforo vehicular cada 60min en la Estación Molina, Punto de Control M-3 (Este)

Hora	Punto de Control M3: Av. Javier Prado (Este)																											
	↑ Movimiento 09							→ Movimiento 10							← Movimiento 11							→ Movimiento 12						
	Av. Javier Prado (Oeste)							Av. La Molina (Norte)							Av. La Molina (Sur)							Ramal con dirección a Av. La Molina (Norte)						
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 08:00	1305	115	36	13	42	32	1543	7	0	4	0	0	2	13	26	9	2	0	0	3	40	234	12	5	0	1	1	253
07:15 - 08:15	1143	118	44	11	44	40	1400	9	0	4	0	0	2	15	18	11	1	0	0	2	32	177	6	5	0	1	1	190
07:30 - 08:30	1072	96	46	10	40	36	1300	13	0	0	0	0	2	15	14	6	0	0	0	1	21	166	5	3	0	0	0	174
07:45 - 08:45	1082	97	42	3	38	43	1305	13	0	0	0	0	1	14	14	9	0	0	0	0	23	172	5	3	0	0	0	180
08:00 - 09:00	953	83	35	1	32	47	1151	15	0	1	0	0	0	16	15	7	3	0	0	4	29	163	5	5	0	0	0	173
18:00 - 19:00	1118	27	28	3	24	37	1237	13	0	0	0	0	0	13	8	1	2	0	0	4	15	172	3	4	0	0	0	179
18:15 - 19:15	1043	24	35	2	29	38	1171	13	0	1	0	0	0	14	8	1	2	0	0	4	15	165	2	5	0	0	0	172
18:30 - 19:30	977	15	40	4	32	42	1110	14	0	1	0	0	1	16	10	2	4	0	0	5	21	157	2	6	1	0	1	167
18:45 - 19:45	921	12	46	5	40	45	1069	16	0	2	0	0	1	19	14	4	4	0	0	4	26	148	4	7	1	0	1	161
19:00 - 20:00	872	12	52	5	44	49	1034	15	0	2	0	0	1	18	16	5	4	0	0	4	29	136	6	7	1	0	2	152

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.3.4. Punto de control M- 4

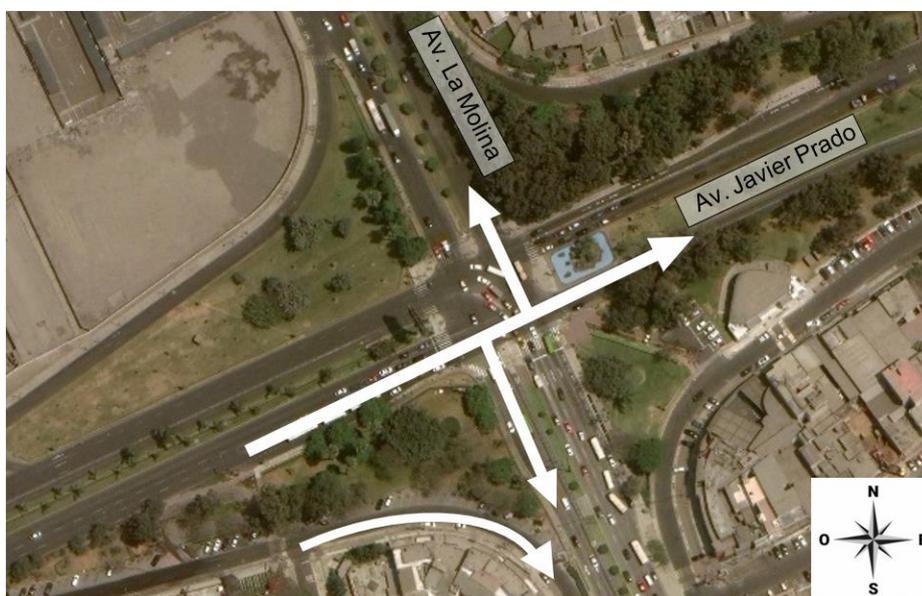
En este punto se contabilizan los vehículos que circulan por la Avenida Javier Prado y se dirigen a:

- Avenida Javier Prado Oeste a través de movimiento directo.
- Avenida La Molina Sur a través de un giro a la derecha.
- Avenida La Molina Sur a través del ramal de giro a la derecha.
- Avenida La Molina Sur a través de un giro a la izquierda.

La ubicación de los puntos de control se observa a continuación:

Figura 119

Estación la Molina, Punto de Control M-4



Nota. Elaborado por los autores (2022)

Para el procesamiento de información se adaptó el formato de conteo y clasificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, dando como resultado los formatos comprendidos por intervalos de 15 y 60min, que se detallan en la Tabla N°68 y N°69 respectivamente.

Tabla 68

Aforo vehicular cada 15min en la Estación Molina, Punto de Control M-4 (Oeste)

Hora	Punto de Control M4: Av. Javier Prado (Oeste)																											
	↑ Movimiento 13							→ Movimiento 14							← Movimiento 15						→ Movimiento 16							
	Av. Javier Prado (Este)							Av. La Molina (Sur)							Av. La Molina (Norte)						Ramal con dirección a Av. La Molina (Sur)							
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 07:15	311	9	5	0	6	9	340	7	0	1	12	5	0	25	33	2	3	2	4	1	45	291	9	3	0	2	1	306
07:15 - 07:30	383	10	2	0	8	12	415	8	1	0	0	5	1	15	68	7	2	0	5	1	83	271	12	2	0	1	3	289
07:30 - 07:45	268	10	0	1	5	10	294	3	1	1	0	6	0	11	66	3	0	0	3	1	73	175	5	2	0	1	4	187
07:45 - 08:00	426	13	1	0	8	16	464	5	1	1	3	5	0	15	65	0	1	3	5	0	74	122	5	0	0	3	2	132
08:00 - 08:15	305	21	4	1	7	8	346	15	2	2	1	6	0	26	40	2	4	0	0	0	46	95	17	17	0	0	0	129
08:15 - 08:30	256	17	13	2	26	10	324	3	1	2	2	7	2	17	51	4	2	0	4	2	63	90	2	2	1	2	1	98
08:30 - 08:45	301	21	20	0	19	16	377	11	0	2	6	3	2	24	62	3	12	0	5	2	84	105	1	2	0	1	1	110
08:45 - 09:00	174	9	9	0	9	15	216	7	0	1	0	0	1	9	38	2	3	0	2	2	47	90	2	3	1	2	1	99
18:00 - 18:15	305	13	4	0	5	8	335	7	0	1	2	5	0	15	42	2	2	0	1	1	48	150	9	3	0	1	1	164
18:15 - 18:30	280	10	8	0	6	9	313	7	0	0	3	6	1	17	45	1	3	0	0	0	49	151	4	2	0	2	2	161
18:30 - 18:45	290	12	6	0	4	9	321	6	0	0	1	4	1	12	42	3	1	1	0	0	47	142	8	2	0	0	1	153
18:45 - 19:00	250	11	8	0	5	10	284	5	1	0	0	3	1	10	35	1	2	0	2	1	41	155	5	1	1	2	1	165
19:00 - 19:15	241	9	9	1	7	13	280	7	2	2	3	6	2	22	30	3	3	0	0	1	37	161	8	4	2	1	1	177
19:15 - 19:30	235	10	10	1	9	15	280	7	1	0	2	4	1	15	28	2	4	1	2	2	39	164	11	2	1	2	0	180
19:30 - 19:45	231	8	8	0	7	12	266	8	0	1	3	5	0	17	27	2	2	0	1	0	32	156	8	1	1	2	2	170
19:45 - 20:00	234	11	11	1	6	10	273	6	0	1	1	6	1	15	30	1	1	0	1	1	34	155	9	2	0	1	2	169

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 69

Aforo vehicular cada 60min en la Estación Molina, Punto de Control M-4 (Oeste)

Hora	Punto de Control M4: Av. Javier Prado (Oeste)																											
	↑ Movimiento 13							→ Movimiento 14							← Movimiento 15						→ Movimiento 16							
	Av. Javier Prado (Este)							Av. La Molina (Sur)							Av. La Molina (Norte)						Ramal con dirección a Av. La Molina (Sur)							
	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total	Auto	Moto Lineal	Camioneta Rural	Microbus	Omnibus	Camión	Total
07:00 - 08:00	1388	42	8	1	27	47	1513	23	3	3	15	21	1	66	232	12	6	5	17	3	275	859	31	7	0	7	10	914
07:15 - 08:15	1382	54	7	2	28	46	1519	31	5	4	4	22	1	67	239	12	7	3	13	2	276	663	39	21	0	5	9	737
07:30 - 08:30	1255	61	18	4	46	44	1428	26	5	6	6	24	2	69	222	9	7	3	12	3	256	482	29	21	1	6	7	546
07:45 - 08:45	1288	72	38	3	60	50	1511	34	4	7	12	21	4	82	218	9	19	3	14	4	267	412	25	21	1	6	4	469
08:00 - 09:00	1036	68	46	3	61	49	1263	36	3	7	9	16	5	76	191	11	21	0	11	6	240	380	22	24	2	5	3	436
18:00 - 19:00	1125	46	26	0	20	36	1253	25	1	1	6	18	3	54	164	7	8	1	3	2	185	598	26	8	1	5	5	643
18:15 - 19:15	1061	42	31	1	22	41	1198	25	3	2	7	19	5	61	152	8	9	1	2	2	174	609	25	9	3	5	5	656
18:30 - 19:30	1016	42	33	2	25	47	1165	25	4	2	6	17	5	59	135	9	10	2	4	4	164	622	32	9	4	5	3	675
18:45 - 19:45	957	38	35	2	28	50	1110	27	4	3	8	18	4	64	120	8	11	1	5	4	149	636	32	8	5	7	4	692
19:00 - 20:00	941	38	38	3	29	50	1099	28	3	4	9	21	4	69	115	8	10	1	4	4	142	636	36	9	4	6	5	696

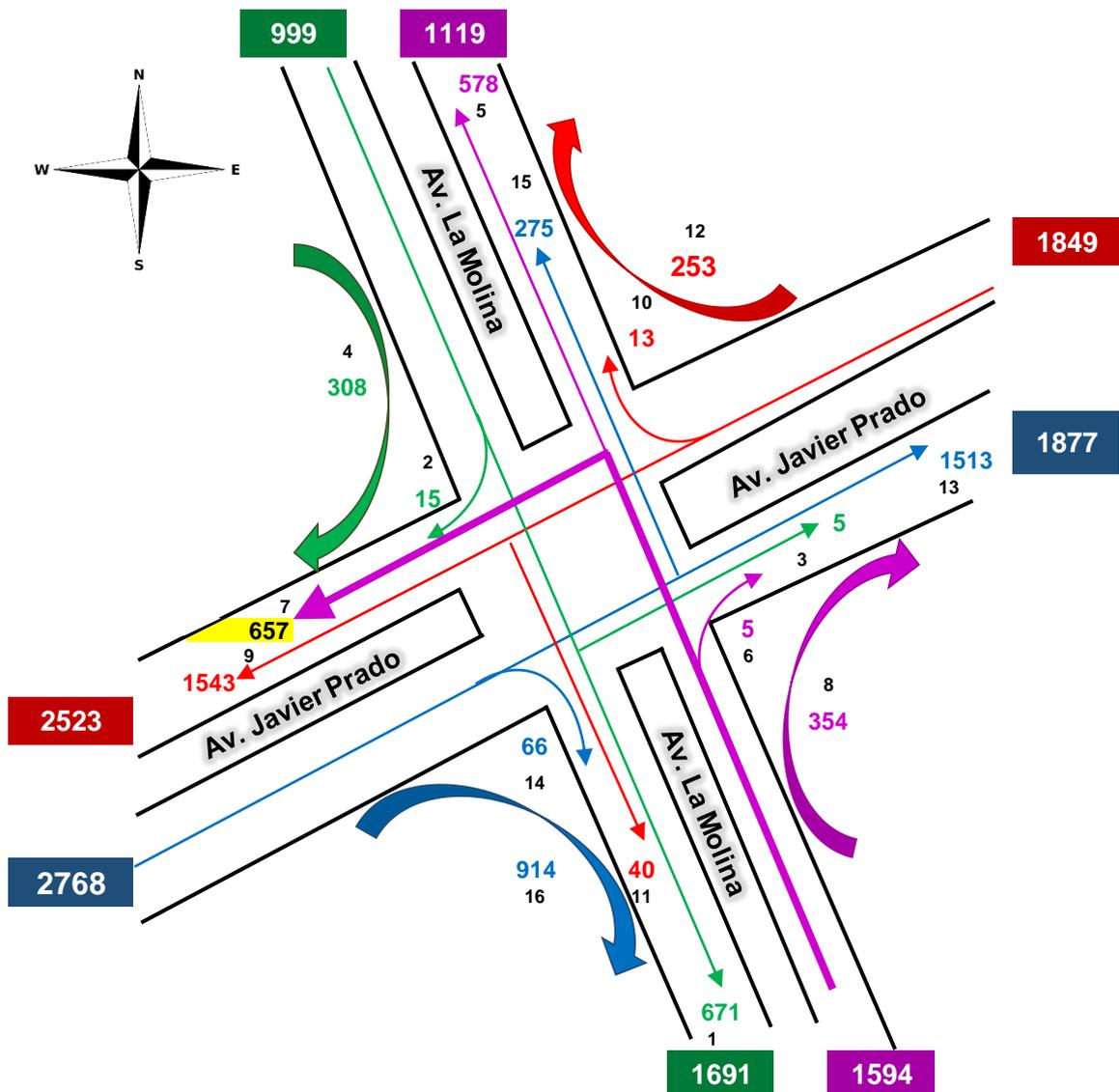
Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.3.5. Flujograma Vehicular

Para tener un mejor entendimiento se representaron los movimientos con sus respectivos volúmenes vehiculares mediante un Flujograma, tal como se muestra en la Figura N°120:

Figura 120

Flujograma Vehicular Estación Molina



Nota. Elaborado por los autores (2022). De los 1594 vehículos provenientes de la Av. La Molina (Sur), 657 vehículos a través de un giro a la izquierda se dirigen hacia la Av. Javier Prado (Oeste), representando un 41% del volumen total.

4.5.4.3.6. Hora punta y Factor de Hora Pico (FHP)

Del conteo realizado también se obtuvo el factor de hora pico, el cual indica en cuanto varía la circulación de vehículos en 1 hora, este dato será ingresado al software Synchro 11 como un valor de factor hora pico.

Tabla 70

Factor hora pico (FHP) Estación Molina

Hora Punta	Σ Movimientos	Factor de Hora Pico
07:00 - 08:00	7833	0.8646
07:15 - 08:15	7128	
07:30 - 08:30	6617	
07:45 - 08:45	6095	
08:00 - 09:00	5707	
18:00 - 19:00	6593	
18:15 - 19:15	6775	
18:30 - 19:30	6717	
18:45 - 19:45	6436	
19:00 - 20:00	6052	
Total	65953	

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.3.7. Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo

También se identificó el tipo de vehículos, donde destacan los autos con mayor % de circulación en el tramo de estudio.

Tabla 71

Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en Molina

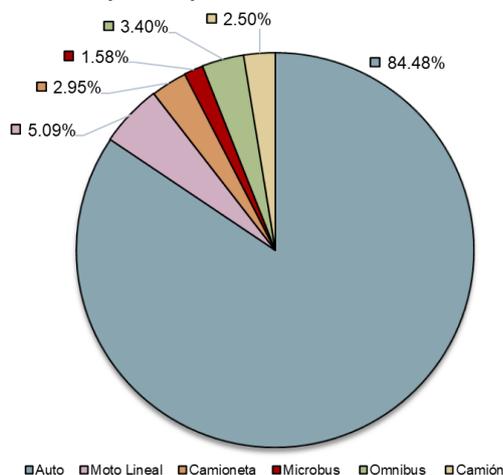
Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en la Intersección canalizada Av. La Molina con Av. Javier Prado																		
Tipo de Vehículo	Movimiento																Σ	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Auto	475	11	4	264	365	5	556	337	1305	7	26	234	1388	23	232	859	6091	84.48%
Moto Lineal	48	3	1	18	47	0	21	5	115	0	9	12	42	3	12	31	367	5.09%
Camioneta	37	0	0	2	63	0	30	10	36	4	2	5	8	3	6	7	213	2.95%
Microbus	30	0	0	0	42	0	8	0	13	0	0	0	1	15	5	0	114	1.58%
Omnibus	55	1	0	12	42	0	20	0	42	0	0	1	27	21	17	7	245	3.40%
Camión	26	0	0	12	19	0	22	2	32	2	3	1	47	1	3	10	180	2.50%
Total	671	15	5	308	578	5	657	354	1543	13	40	253	1513	66	275	914	7210	100.00%

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Asimismo, para un mejor entendimiento, se realizó un diagrama pastel: que se observa a continuación:

Figura 121

Volumen Vehicular por Tipo de Vehículo en la estación Molina



Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.3.8. Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P.

Se homogenizó la tipología de los distintos vehículos mediante los factores UCP (unidad de equivalencia de autos), tal como se detalla en la tabla N° 72:

Tabla 72

Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P. en Molina

Volumen en Unidad Coche Patrón U.C.P. en la Intersección canalizada Av. La Molina con Av. Javier Prado																		
Movimiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Σ	%
Factor U.C.P.	928	17	5	364	806	5	774	359	1,731	18	44	256	1,681	153	338	949	8427	100%

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.5.4.3.9. Volumen Vehicular por Modo de Transporte

El tipo de transporte más utilizado es el público representando un 91.91% del total, tal como se detalla en la tabla N° 60:

Tabla 73

Volumen Vehicular por Modo de Transporte en Molina

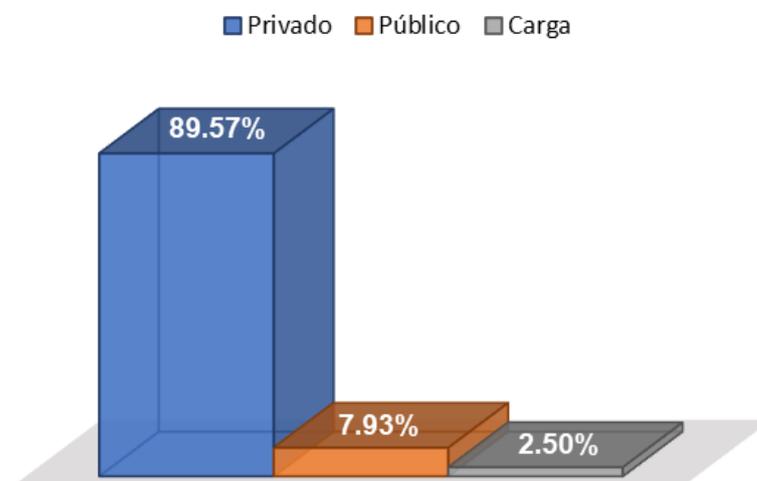
Volumen Vehicular por Modo de Transporte en la Intersección canalizada Av. La Molina con Av. Javier Prado																		
Modo de Transporte	Movimiento																Σ	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Privado	523	14	5	282	412	5	577	342	1420	7	35	246	1430	26	244	890	6458	90%
Público	122	1	0	14	147	0	58	10	91	4	2	6	36	39	28	14	572	8%
Carga	26	0	0	12	19	0	22	2	32	2	3	1	47	1	3	10	180	2%
Total	671	15	5	308	578	5	657	354	1543	13	40	253	1513	66	275	914	7210	100%

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Asimismo, para un mejor entendimiento se realizó un diagrama de barras:

Figura 122

Volumen Vehicular por Modo de Transporte en la estación Molina



Nota. Elaborado por los autores (2022)

4.6. Geometría vial existente

4.6.1. Revisión de documentos y medición en campo

La Av. Javier Prado Este tiene diferentes secciones transversales a lo largo de su recorrido, en el tramo del Óvalo Monitor hasta la Avenida La Molina tiene un derecho de vía de 44 mts aproximadamente.

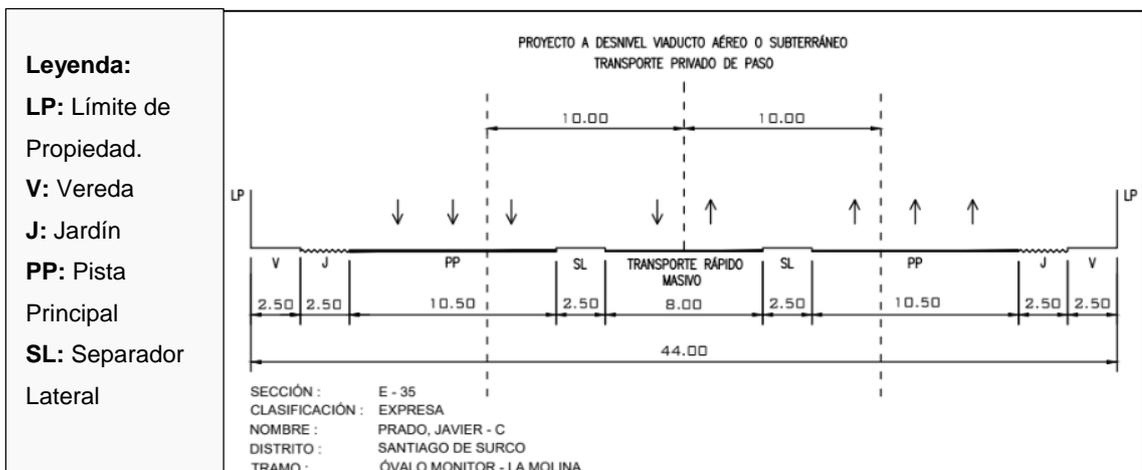
De acuerdo con el estudio de campo y la Ordenanza Municipal N° 2343 – MML de fecha 20/05/2021, las Avenidas Javier Prado y La Molina, se compone de la siguiente manera:

- Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

La sección transversal de la Av. Javier Prado está compuesta por 02 veredas de 2.50 m, 02 jardines de 2.50 m, 02 pistas principales de 10.50 m, 02 separadores laterales de 2.50 m y 01 espacio de 8 m destinado al transporte rápido masivo, tal como se muestra a continuación:

Figura 123

Sección transversal de la Av. Javier Prado



Nota. Tramo comprendido desde Óvalo Monitor hasta la Av. La Molina. Adaptada del Instituto Metropolitano de Planificación, 2021.

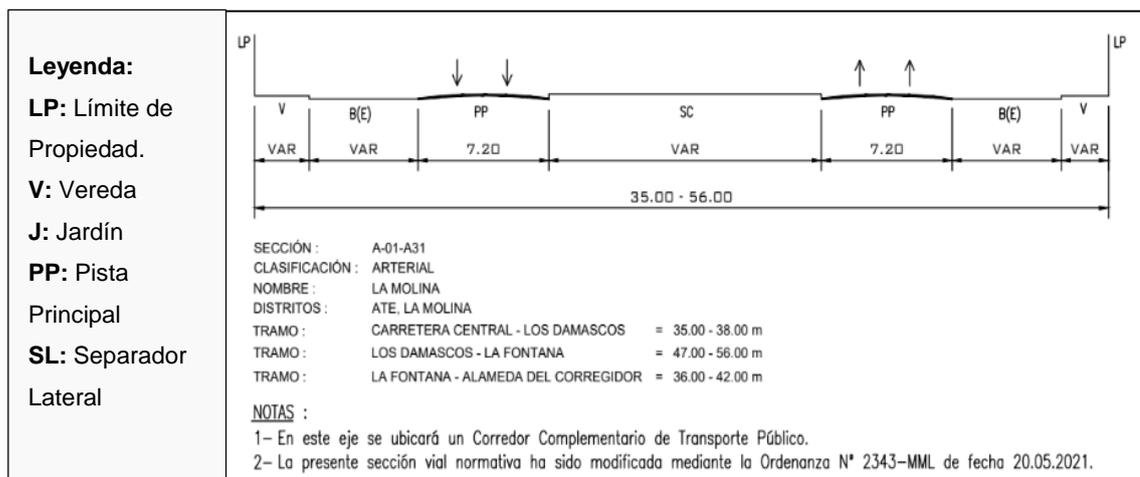
- Av. La Molina Tramo Óvalo La Fontana- Av. Corregidor.

Ahora bien, la Avenida la Molina también cuenta con diferentes secciones transversales a lo largo de su recorrido, en la presente investigación se tomará en cuenta el tramo comprendido desde el Óvalo La Fontana hasta la Alameda del Corregidor, donde se tiene un derecho de vía que varía desde los 36m hasta los 42m.

De acuerdo con el estudio de campo y la Ordenanza Municipal N° 2343 – MML de fecha 20/05/2021, la sección transversal de la Av. La Molina está compuesta por 02 veredas de 2.50 m, 02 bermas + estacionamiento de 4.00 m, 02 pistas principales de 7.20 m, 01 separadores central de 8.60 m, haciendo un total de 36.00 m tal como se muestra a continuación:

Figura 124

Sección transversal de la Av. La Molina



Nota. Tramo comprendido desde el Óvalo La Fontana hasta la Alameda del Corregidor. Adaptada del Instituto Metropolitano de Planificación, 2021.

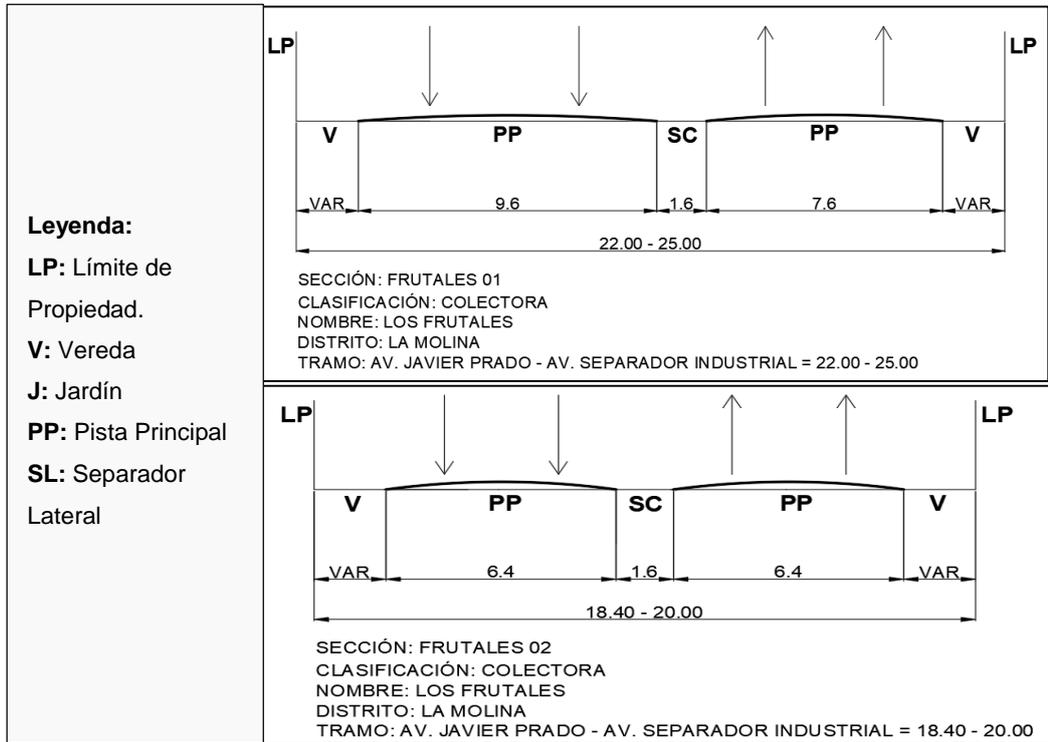
- Av. Los Frutales

Ahora bien, la Avenida Los Frutales también cuenta con diferentes secciones transversales a lo largo de su recorrido, en la presente investigación se tomará en cuenta el tramo comprendido desde la Av. Circunvalación Golf de los Incas hasta las 3 primeras cuadras de la Av. Frutales norte, donde se tiene un derecho de vía que varía desde los 36m hasta los 42m.

De acuerdo con el estudio de campo y la Ordenanza Municipal N° 2343 – MML de fecha 20/05/2021, la sección transversal de la Av. La Molina está compuesta por 02 veredas de 2.50 m, 02 bermas + estacionamiento de 4.00 m, 02 pistas principales de 7.20 m, 01 separadores central de 8.60 m, haciendo un total de 36.00 m tal como se muestra a continuación:

Figura 125

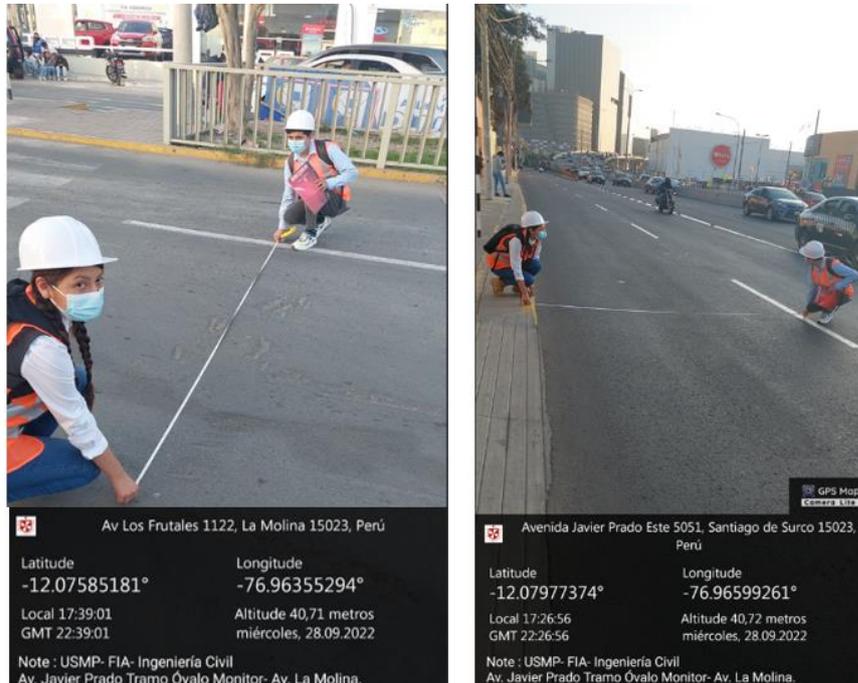
Sección transversal de la Av. Los Frutales



Nota. Adaptada del Instituto Metropolitano de Planificación, 2021.

Figura 126

Medición en campo



Nota. Elaborado por los autores (2022)

4.6.2. Levantamiento Topográfico

Debido al alto costo del alquiler de equipos topográficos, se realizó únicamente para la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina.

Como primer paso se delimito la zona a ser levantada, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Avenida Javier Prado Este (E-O) antes de la Intersección = 270m
- Avenida Javier Prado Este (E-O) después de la Intersección= 545m
- Avenida La Molina (N-S) antes de la Intersección = 90m
- Avenida La Molina (N-S) después de la Intersección = 110m

Para tener un mejor entendimiento se muestra la Figura 127, donde se indican las medidas del área levantada.

Figura 127

Delimitación del área levantada

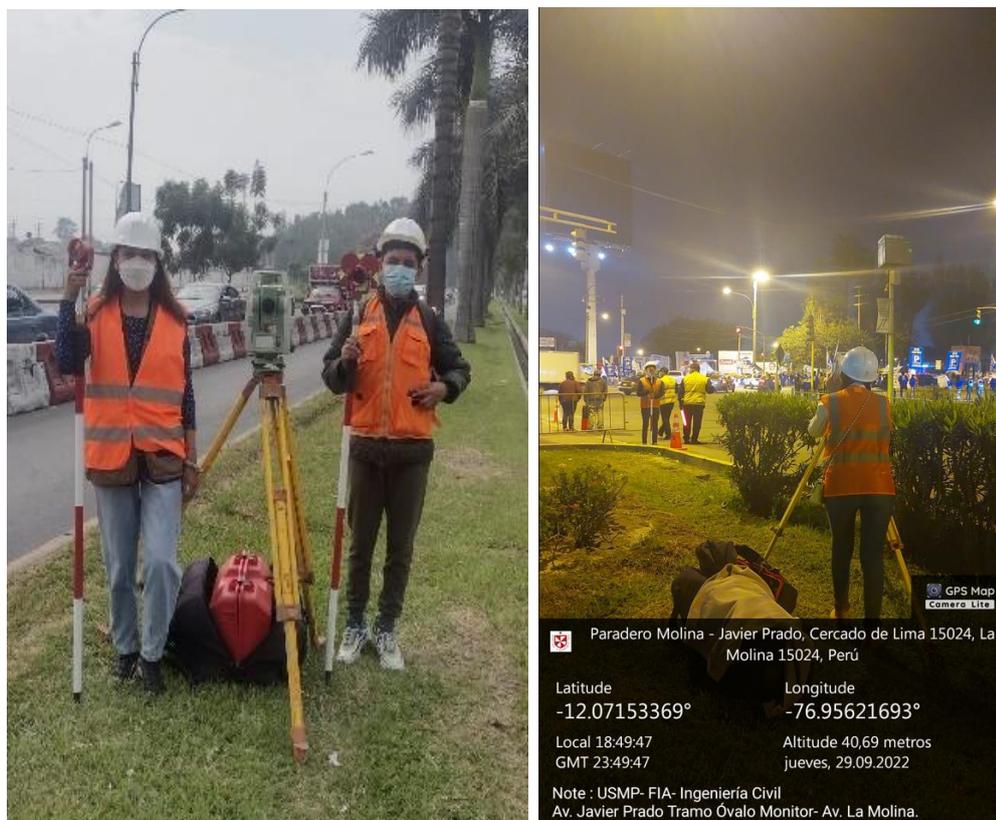


Nota. Adaptada de Google Earth (2022)

Los trabajos se realizaron a partir de las 5:30 am con la finalidad de que los vehículos que transitan por las avenidas en estudio no obstruyan la toma de lectura de la ubicación y altitud del prisma, al menos durante las primeras horas del día; se menciona ello porque el levantamiento topográfico se desarrolló durante 10 horas es decir hasta las 4pm. A continuación, se muestran fotos del levantamiento topográfico realizado.

Figura 128

Levantamiento topográfico

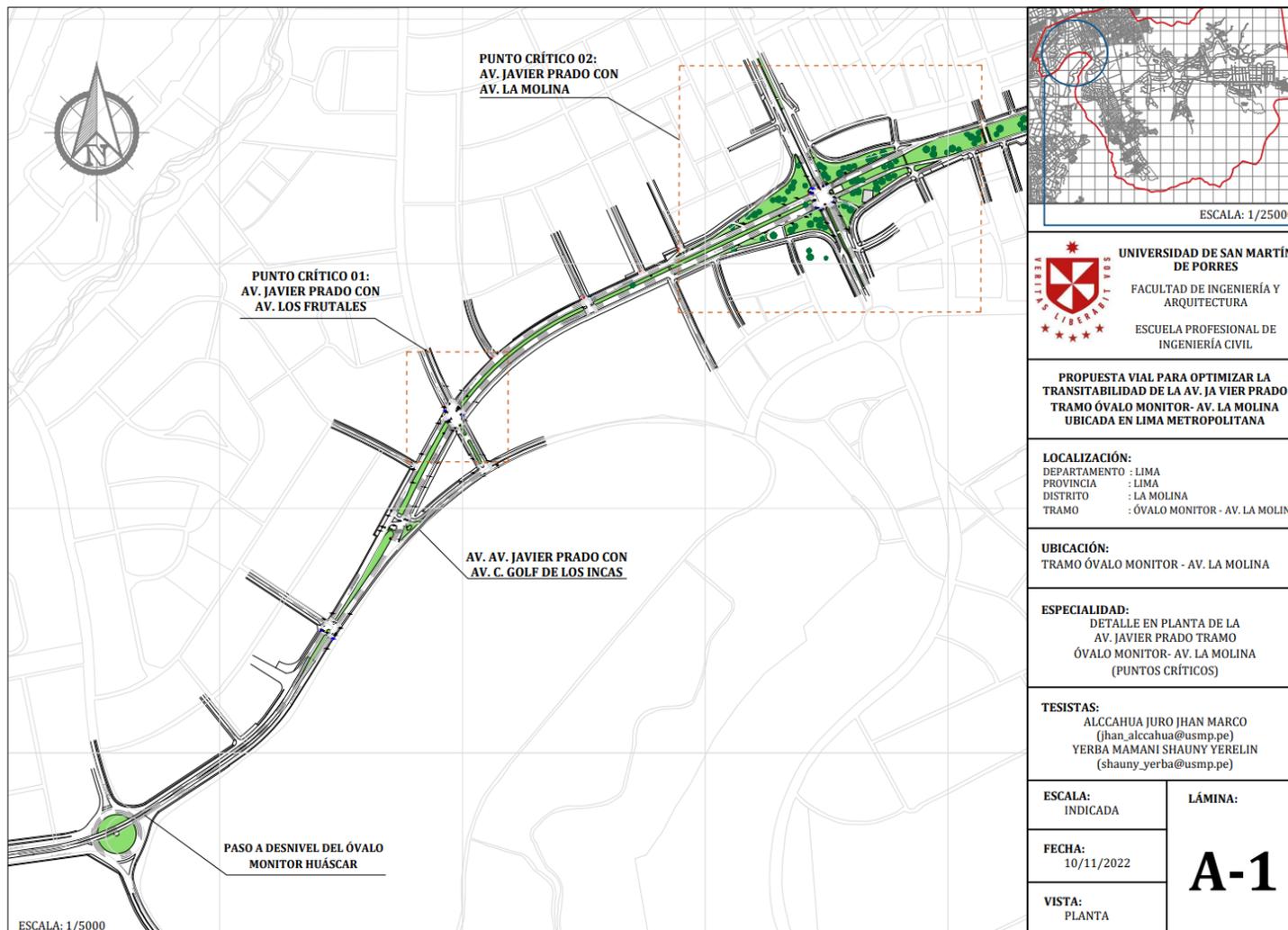


Nota. Elaborado por los autores. Levantamiento topográfico de la intersección Av. Javier Prado con Av. La Molina (2022)

Una vez culminada la toma de datos en campo de aproximadamente 6.7 hectáreas de terreno levantado, se exportaron los puntos al software Civil 3D en formato csv, para luego obtener la superficie del terreno en estudio, triangular y trazar el alineamiento; y a partir de ello generar la sección transversal y perfil longitudinal del eje. La pendiente de la progresiva 0+040 hasta la progresiva 0+814 es de 1.56%, ello debido a que ya se cuenta con una superficie de rodadura.

Tomando en consideración la pendiente obtenida y el costo del alquiler de equipos topográficos, se determinó que para lo restante del tramo en estudio se hará uso únicamente de modelos digitales de terreno y servidores.

Figura 129
Plano en planta del Tramo en Estudio



Nota. Elaborado por los autores (2022)

4.7. Adaptación de Propuestas al tramo en estudio

Una vez definidas las intersecciones críticas, y realizado estudio de campo, de tráfico y de topografía, continúa la adaptación de las propuestas viales a las intersecciones críticas del tramo en estudio.

Figura 130

Propuestas viales para las intersecciones críticas

Propuesta Vial		Punto Crítico 01 Av. Javier Prado con Av. Los Frutales		Punto Crítico 02 Av. Javier Prado con Av. Los Frutales
Propuesta Vial 01		Intersección de Flujo Continuo Parcial (CFI)		Intersección de Flujo Continuo Completo (CFI)
Propuesta Vial 02		Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda (CTOL)		Intercambio Diamante Divergente (DDI)
Propuesta Vial 03		Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda (CTOL)		Intercambio Urbano de Punto Único (SPUI)

Nota. Elaborado por los autores. (2022)

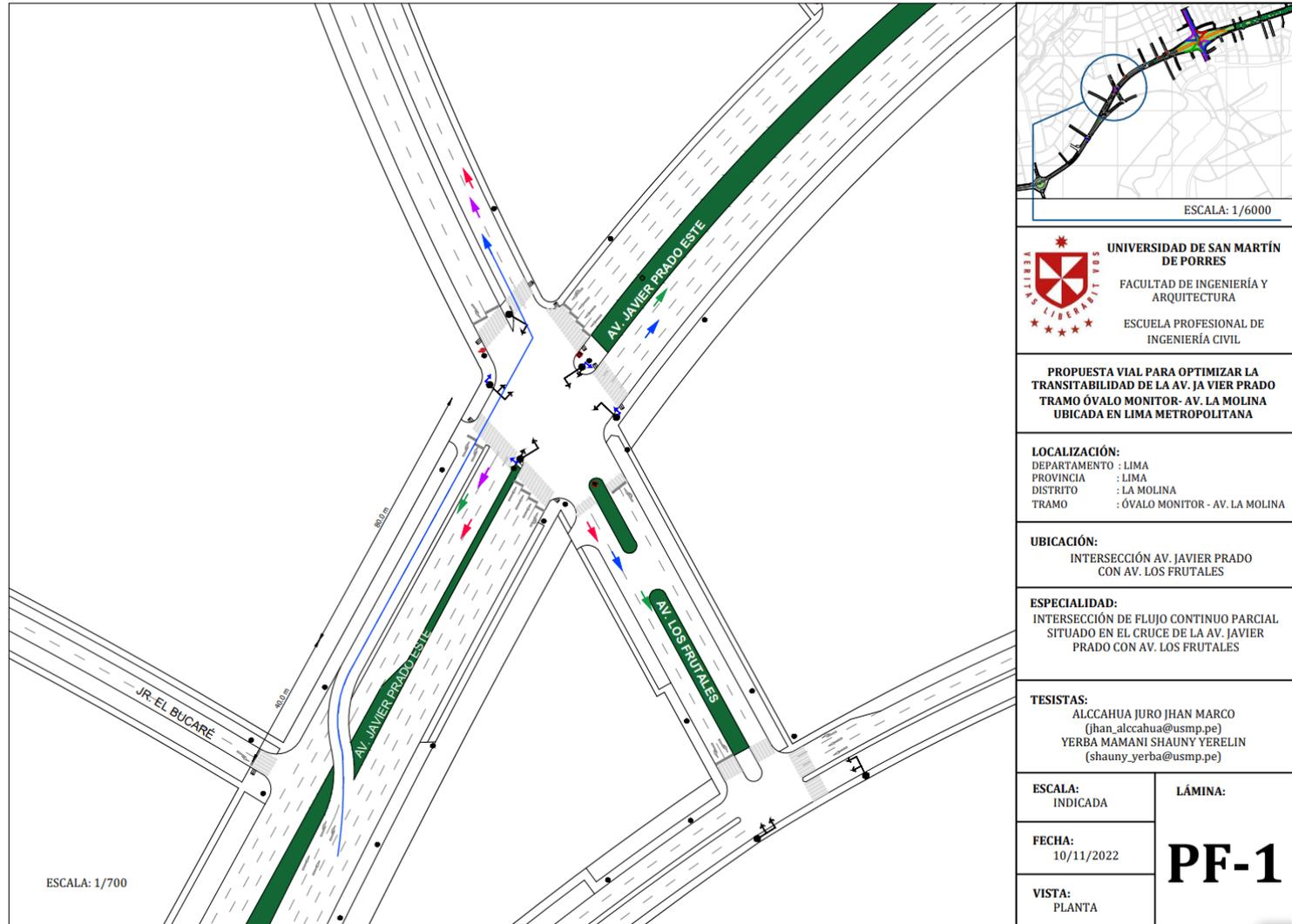
Respecto al trazo de la Av. Javier Prado, es preciso mencionar que al ser considerado una vía expresa los vehículos que circulan por ésta tienen la preferencia de paso tanto a nivel como a desnivel. Al proponerse una solución a desnivel, la Av. Javier Prado podría contar con un paso elevado o subterráneo a fin de tener un flujo ininterrumpido.

Sin embargo, en vista de que en unos años se dará inicio a la construcción subterránea de la Línea 4 del Metro de Lima, en toda su trayectoria contará con diversas Estaciones, dos de éstas se ubicarán precisamente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina y Los Frutales (puntos críticos de la investigación), siendo un impedimento para la construcción de un paso subterráneo. Es por ello que, en las Propuestas Viales planteadas, la Av. Javier Prado contará con un paso elevado más no subterráneo. [Ver Anexo 12]

A continuación, se muestran los planos referenciales de las Propuestas Viales adaptadas al área de terreno disponible [Ver Anexo 3], donde se pueden observar los diferentes tipos de movimientos vehiculares, la semaforización, la geometría y entre otros elementos.

Figura 131

Propuesta Vial 01: Intersección de Flujo Continuo en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales



ESCALA: 1/6000


UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 INTERSECCIÓN AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

ESPECIALIDAD:
 INTERSECCIÓN DE FLUJO CONTINUO PARCIAL SITUADO EN EL CRUCE DE LA AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

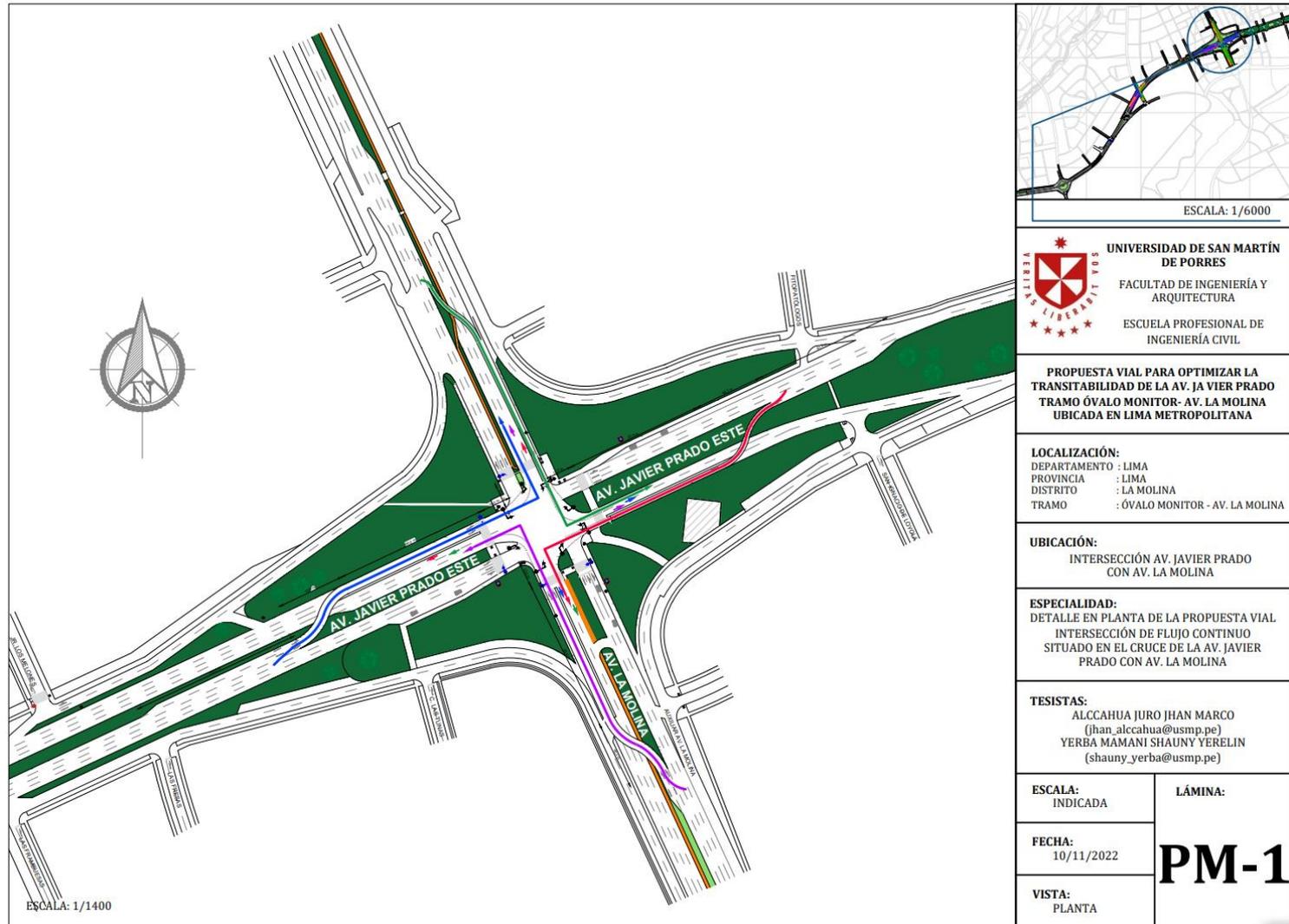
TESISTAS:
 ALCCHUA JURO JHAN MARCO (jhan_alcchua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA: INDICADA	LÁMINA: PF-1
FECHA: 10/11/2022	
VISTA: PLANTA	

Nota. Elaborado por los autores (2022). [Ver Anexo 3]

Figura 132

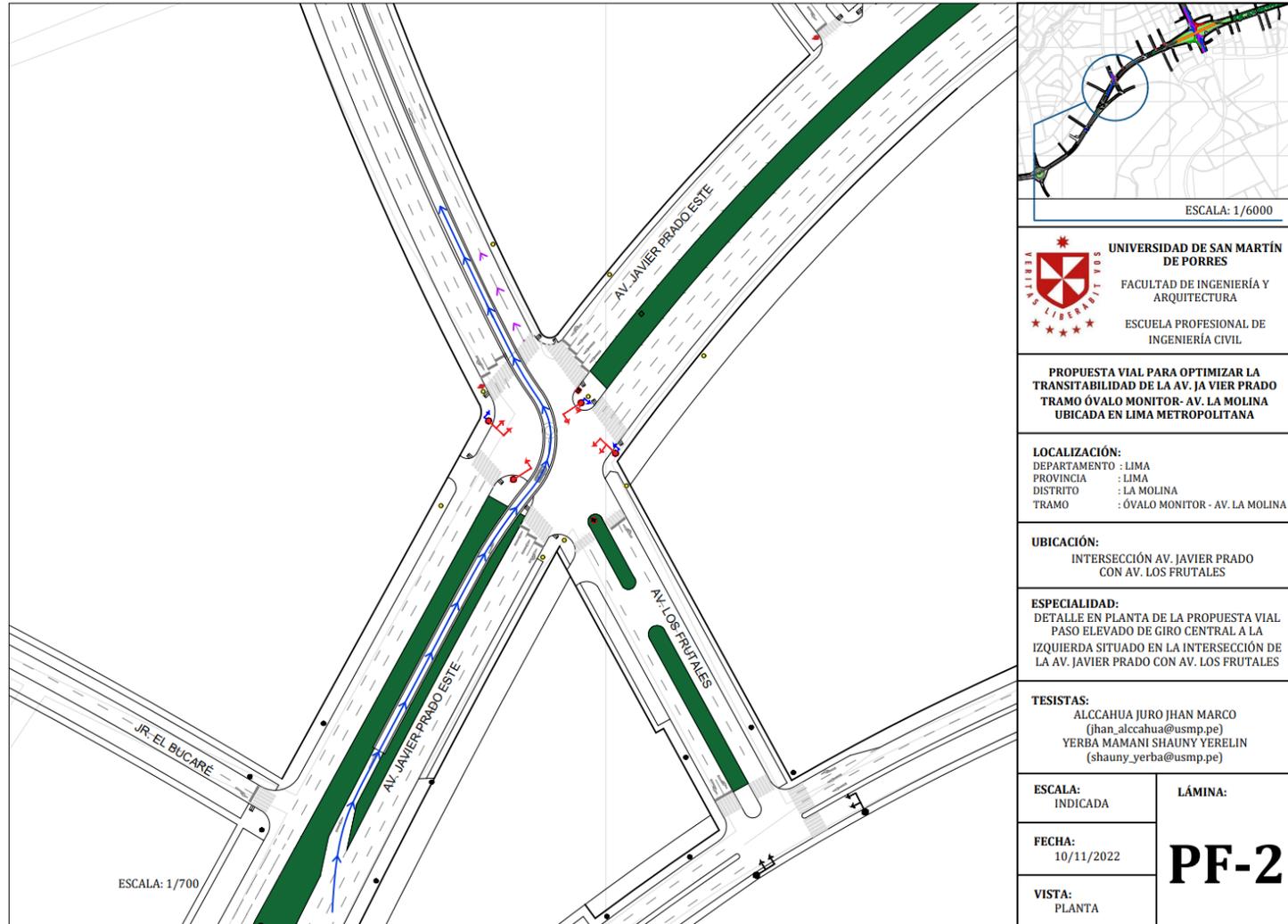
Propuesta Vial 01: Intersección de Flujo Continuo Parcial en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina



Nota. Elaborado por los autores (2022). [Ver Anexo 3]

Figura 133

Propuesta Vial 02: Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales




UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 INTERSECCIÓN AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

ESPECIALIDAD:
 DETALLE EN PLANTA DE LA PROPUESTA VIAL PASO ELEVADO DE GIRO CENTRAL A LA IZQUIERDA SITUADO EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

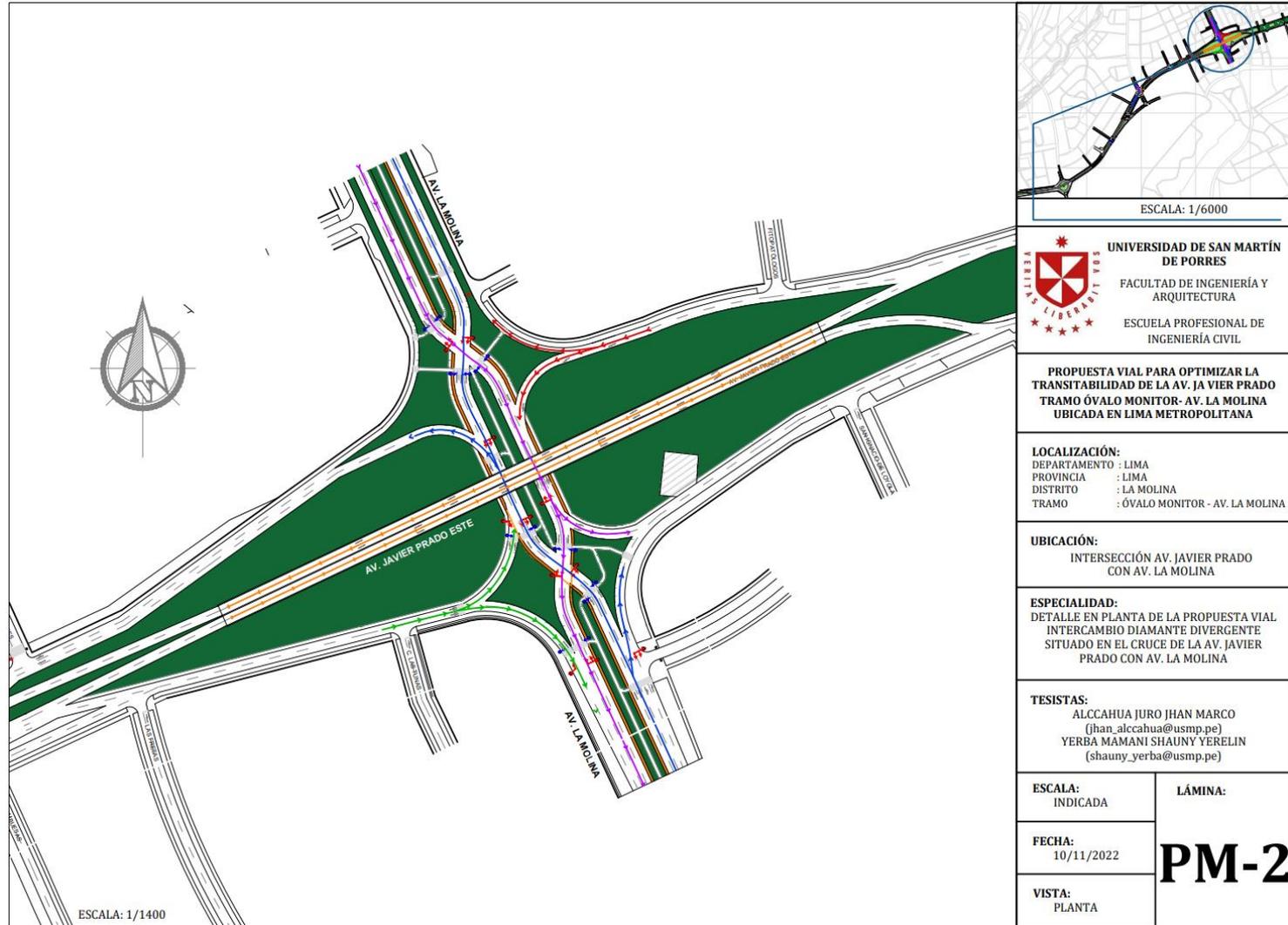
TESISTAS:
 ALCCA HUA JURO JHAN MARCO (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA: INDICADA	LÁMINA:
FECHA: 10/11/2022	PF-2
VISTA: PLANTA	

Nota. Elaborado por los autores (2022). [Ver Anexo 3]

Figura 134

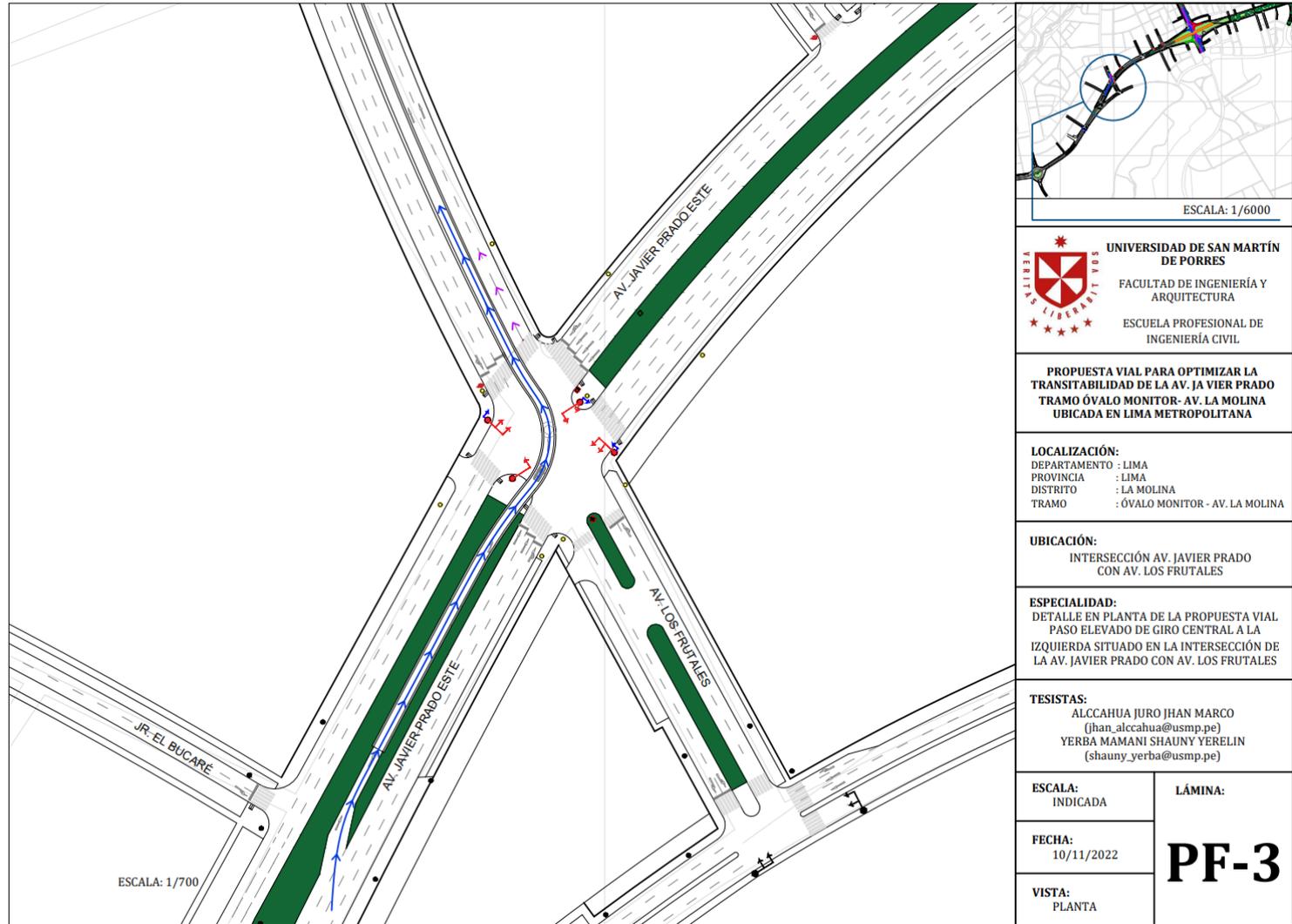
Propuesta Vial 02: Intercambio Diamante Divergente en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina



Nota. Elaborado por los autores (2022). [Ver Anexo 3]

Figura 135

Propuesta Vial 03: Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales



ESCALA: 1/6000


UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 INTERSECCIÓN AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

ESPECIALIDAD:
 DETALLE EN PLANTA DE LA PROPUESTA VIAL PASO ELEVADO DE GIRO CENTRAL A LA IZQUIERDA SITUADO EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

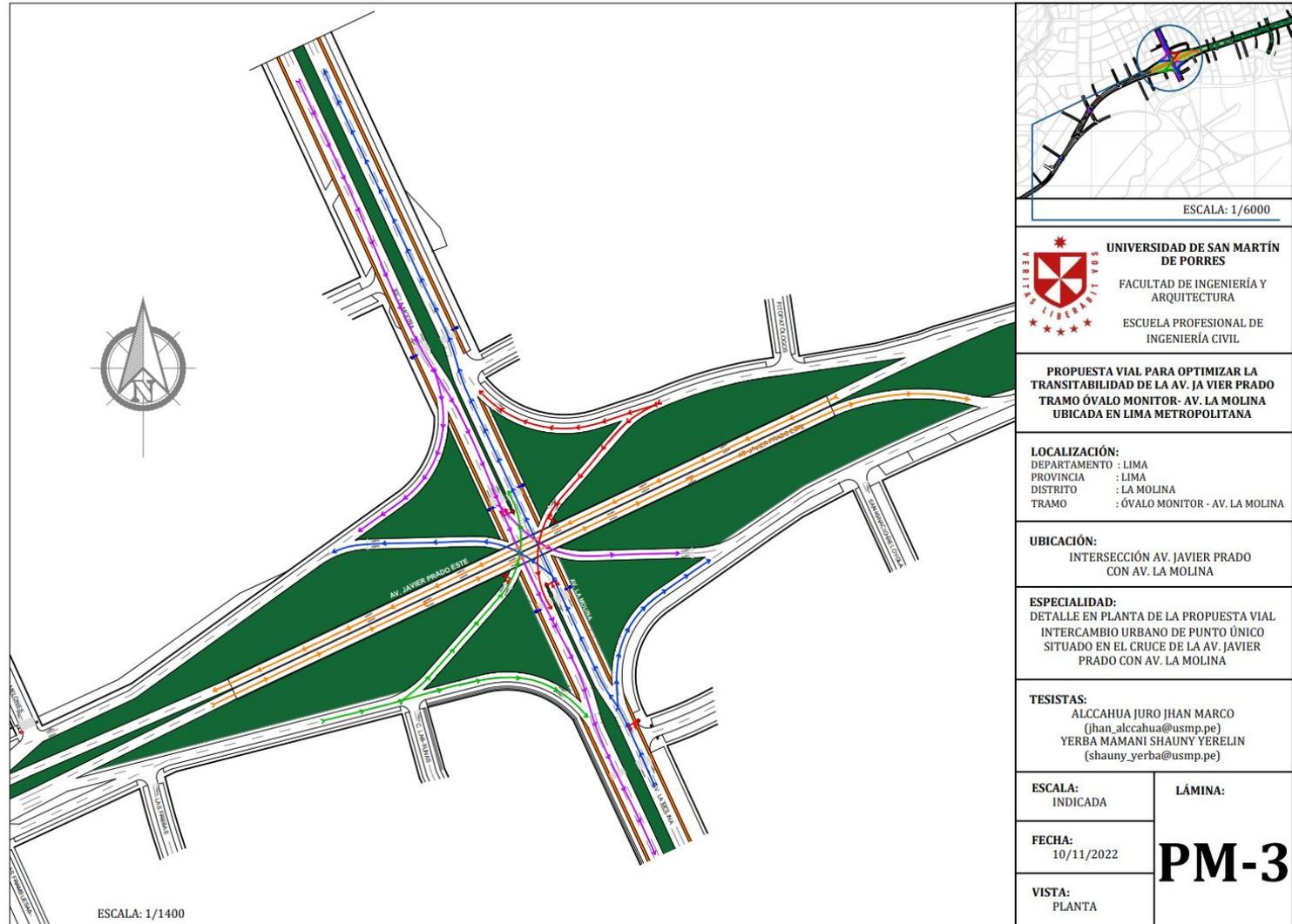
TESISTAS:
 ALCCA HUA JURO JHAN MARCO (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA: INDICADA	LÁMINA:
FECHA: 10/11/2022	PF-3
VISTA: PLANTA	

Nota. Elaborado por los autores (2022). [Ver Anexo 3]

Figura 136

Propuesta Vial 03: Intercambio Urbano de Punto Único situado en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina



Nota. Elaborado por los autores (2022). [Ver Anexo 3]

4.8. Modelamiento y simulación en Synchro Studio 11

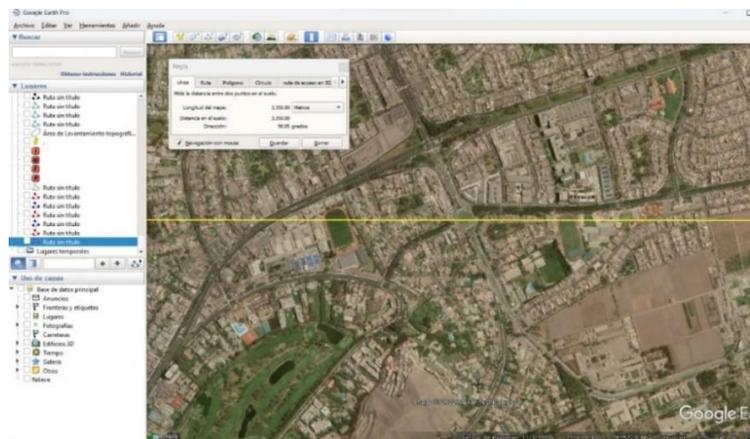
Después de realizado el estudio de tráfico, continua el modelamiento y simulación vehicular en Synchro Studio 11, cabe precisar que se encuentra compuesto por tres apartados; Synchro 11 para el modelamiento, SimTraffic para la simulación y 3D Viewer para la visualización en tres dimensiones.

4.8.1. Configuración de la ventana de trabajo

Primero se localiza el tramo en estudio en Google Earth, para luego realizar un trazado horizontal y vertical a fin de escalar la imagen satelital durante su importación en el Programa Synchro 11. Dicha imagen servirá como guía para el trazado de vías.

Figura 137

Exportación de imagen satelital de Google Earth

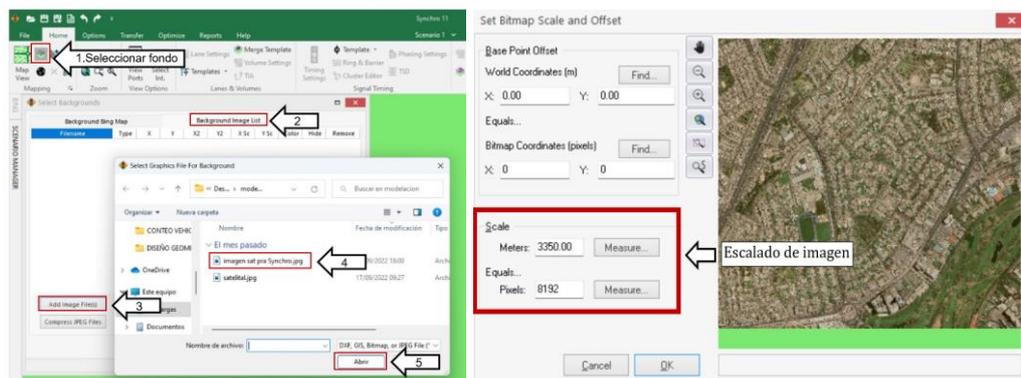


Nota. Distancia horizontal de 3350metros. Adaptado de Google Earth (2022).

Ahora bien, a través del apartado “seleccionar fondo” de la barra de herramientas de cartografía se importó y escalo la imagen satelital obtenida de Google Earth, tal como se detalla en la siguiente figura.

Figura 138

Importación de imagen satelital a Synchro 11



Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.8.2. Situación Actual del Tramo en estudio

Como se indicó en la metodología, para modelar y simular el tráfico vehicular del tramo en estudio en condiciones existentes se requiere de la siguiente información:

- Ubicación de las intersecciones críticas del tramo en estudio.
- Ciclos semafóricos, Prohibiciones de giro, Número y ancho de carril, separador central, etc. (estudio de campo)
- Volumen vehicular por movimiento en la hora punta, factor hora pico, porcentaje de vehículos pesados, etc. (estudio de tráfico)

En los siguientes párrafos se detallará la aplicación de cada uno de los datos anteriormente mencionados.

4.8.2.1. Modelamiento en Synchro 11.0

En este apartado se realizó el trazado de vías, la configuración de carril, el ingreso de volúmenes vehiculares, entre otras configuraciones.

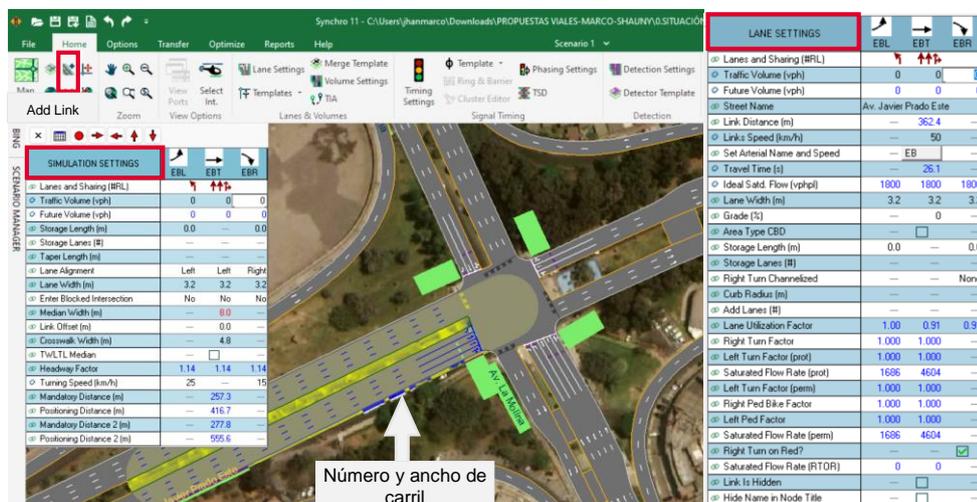
4.8.2.1.1. Trazado de vías y Configuración de Carril

Se trazó el tramo en estudio, así como sus intersecciones principales, para ello se hizo uso de la herramienta “Add Link- Añadir enlace”.

Para la configuración de carril se usó “Lane Setting” y “Simulation Settings” con las que se configuró algunos parámetros como el número / ancho de carril, movimientos / giros y velocidad de diseño (se tomaron en cuenta los datos obtenidos del estudio de campo acerca de la geometría vial del tramo en condiciones existentes) como se muestra a continuación:

Figura 139

Configuración de carriles del tramo de estudio de la Situación actual



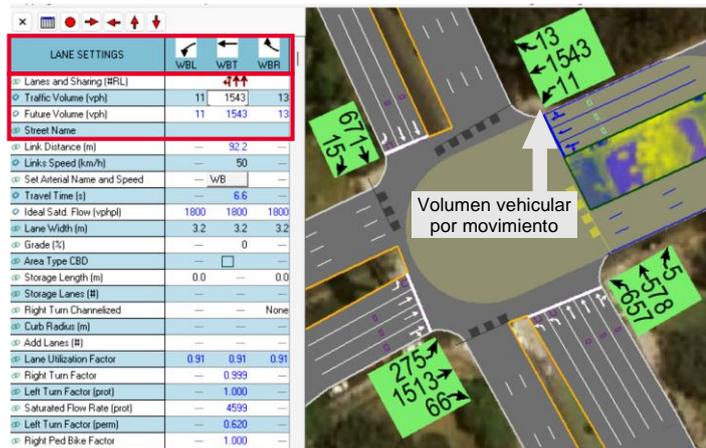
Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

4.8.2.1.2. Volumen vehicular

Culminado con el trazo de las vías y su respectiva configuración, se ingresa el volumen de vehículos correspondiente a cada avenida, carril y sentido de estos, así como se muestra a continuación:

Figura 140

Asignación de volumen vehicular a los carriles previo conteo vehicular



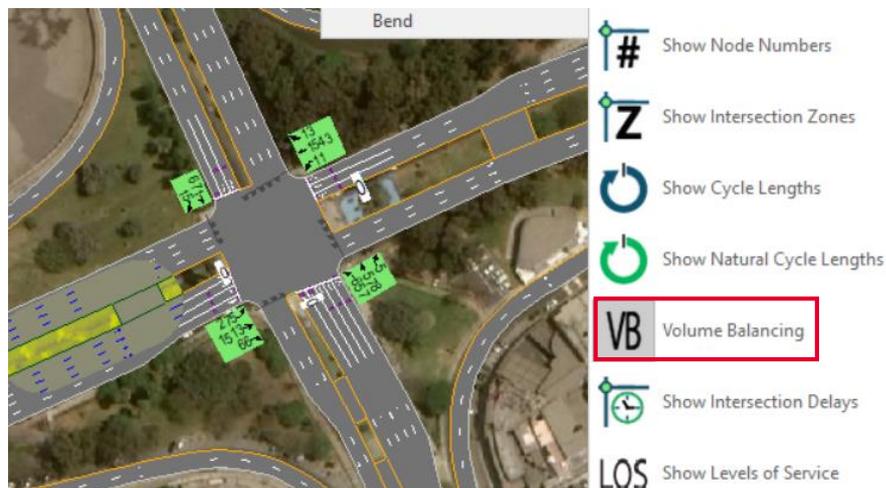
Nota. Se realizó el mismo procedimiento para la Av. La Molina, Av. Los Frutales, Av. C. Golf de Los Incas y el ingreso al Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar (Plaza Camacho).

4.8.2.1.3. Balanceo de volumen vehicular

Se realiza con la finalidad de distribuir los volúmenes vehiculares de la Av. Javier Prado en el cruce con las Avenidas La Molina, Los Frutales, C. Golf de Los Incas y en el Ingreso del Paso a Desnivel del Óvalo Monitor, para ello se hizo uso de la opción "Volume Balancing" como se muestra a continuación:

Figura 141

Balanceo de volumen del tramo en estudio.



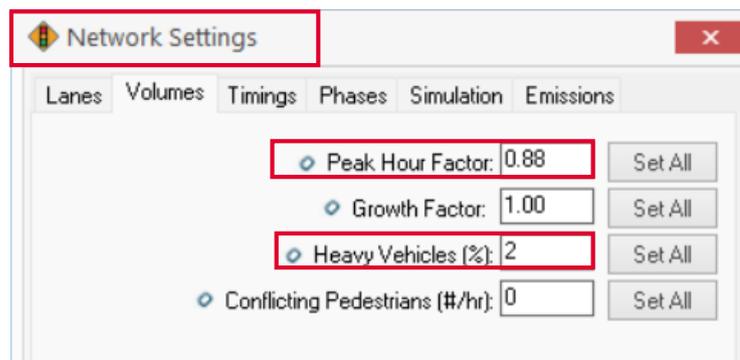
Nota. Se muestra el balanceo de volumen realizado en la Av. Javier Prado en el cruce con la Av. La Molina. Adaptado de Synchro 11 (2022).

4.8.2.1.4. Configuración del factor hora pico y % de vehículos pesados

Se realiza en la ventana de “Network Settings” o configuración de la red donde se ingresa el factor hora pico del tramo en estudio, mismo que se encuentra en función del volumen horario total (veh/h). Asimismo, se introduce el % de vehículos pesados/hora, este valor fue obtenido producto de la clasificación vehicular realizada en el tramo en estudio.

Figura 142

Ventana de configuración de factor de hora pico en Synchro 11.



Nota. El factor de hora pico introducido es el más representativo de todas las intersecciones analizadas.

4.8.2.1.5. Configuración de tipo de control de intersección

Seguidamente se configura el apartado “Nodo Settings”, donde se elige el tipo de control de la intersección que puede ser mediante semáforos, rotondas o de circulación libre; en el cruce de la Av. Javier Prado con las Avenidas Los Frutales y La Molina se emplea el control a través de semáforos, tal como se muestra a continuación:

Figura 143

Configuración de nodo o intersección de la situación actual



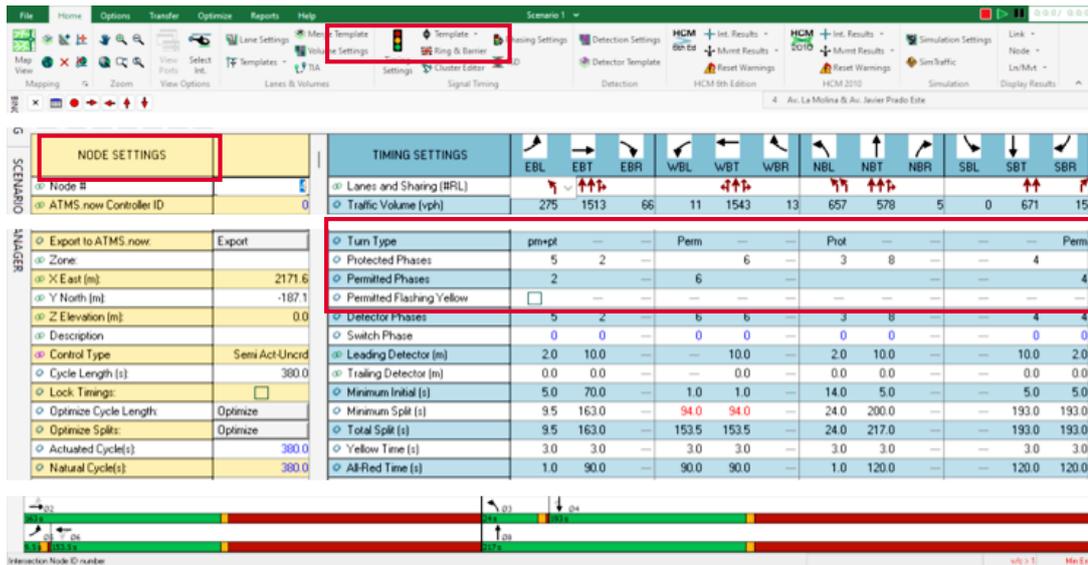
Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

4.8.2.1.6. Configuración de los ciclos semafóricos

Se utiliza la herramienta Timing Settings para modificar los ciclos semafóricos, es decir la duración de las fases del semáforo (luz verde, ámbar y roja) y la velocidad promedio de la vía, como se muestra a continuación:

Figura 144

Ventana de configuración de las fases semafóricas en Synchro 11.



Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

4.8.2.1.7. Visualización post configuración en Synchro 11

A continuación, se muestra el resultado del modelamiento producto de todas las configuraciones anteriormente realizadas:

Figura 145

Modelamiento de todo el tramo de estudio en Synchro 11.



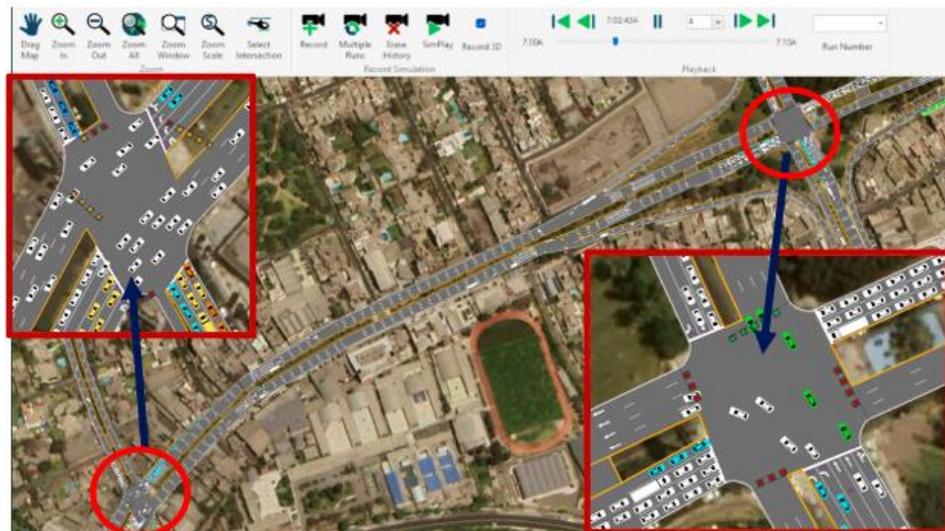
Nota. Modelamiento del tramo en estudio. Elaborado por los autores (2022)

4.8.2.2. Simulación en SimTraffic 11.

Una vez culminado el modelamiento en Synchro 11, continúa la simulación en SimTraffic 11, donde se visualiza el comportamiento de los vehículos, la longitud de colas generadas producto de la congestión vehicular del tramo en estudio y se obtiene el reporte de tiempo y velocidad de recorrido.

Figura 146

Simulación del tramo en condiciones existentes en SimTraffic



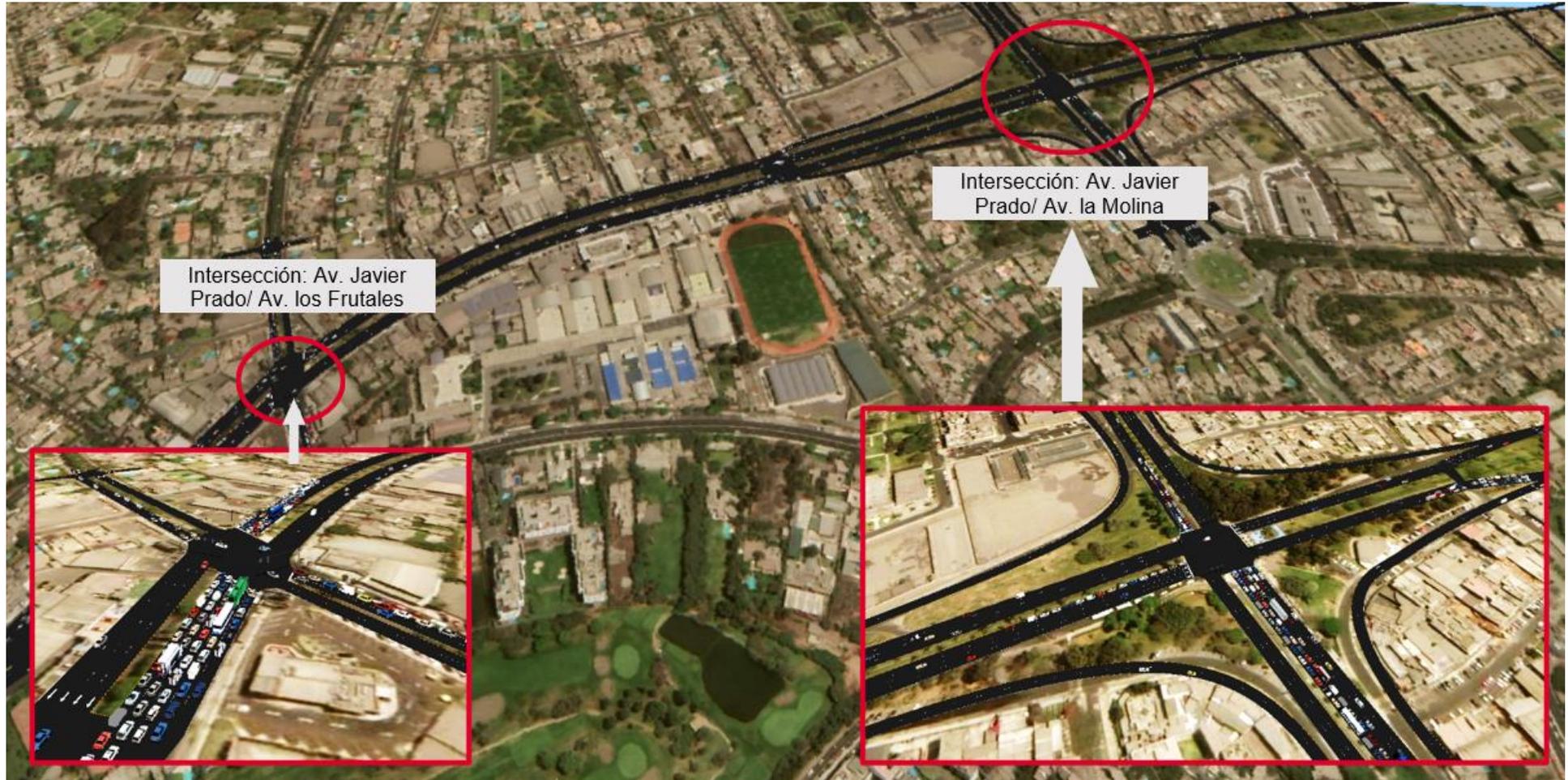
Nota. Elaborado por los autores (2022)

4.8.2.3. Visualización en 3D Viewer

Representa el modelamiento y simulación de la situación actual en 3 dimensiones para tener una mejor comprensión, análisis y visualización del tramo estudiado.

Figura 147

Representación del tramo en estudio en 3D Viewer



Nota. Elaborado por los autores (2022)

4.8.3. Propuesta Vial 01: Intersección de Flujo Continuo Parcial en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intersección de Flujo Continuo Completa en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina

Compuesta por la Intersección de Flujo Continuo Parcial ubicado en el cruce de las Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y por una Intersección de Flujo Continuo Completo en el cruce de las Av. Javier Prado con la Av. La Molina.

4.8.3.1. Modelamiento en Synchro 11.0

En este apartado se realizó el trazado de vías, la configuración de carril, el ingreso de volúmenes vehiculares, entre otras configuraciones.

a. Trazado de vías y Configuración de Carril

Se trazó el tramo en estudio, así como sus intersecciones principales, para ello se hizo uso de la herramienta “Add Link- Añadir enlace”.

Para la configuración de carril se usó “Lane Setting” y “Simulation Settings” con las que se configuró algunos parámetros como el número / ancho de carril, movimientos / giros y velocidad de diseño (se tomaron en cuenta los datos obtenidos del estudio de campo acerca de la geometría vial del tramo en condiciones existentes) como se muestra a continuación:

Figura 148

Configuración de carriles- Intersección de Flujo Continuo Parcial

The screenshot displays the Synchro 11.0 software interface. The central map shows a four-way intersection with lane markings. On the right, the 'LANE SETTINGS' panel is open, showing parameters for 'Av. Javier Prado 2 (F-GI)'. On the left, the 'SIMULATION SETTINGS' panel is also open, showing various traffic volume and geometric parameters. A white arrow points to the lane configuration on the map with the text 'Número y ancho de carril'.

Parameter	Value
Lanes and Sharing (BRL)	---
Traffic Volume (vph)	0 2203 7
Future Volume (vph)	0 2203 7
Street Name	Av. Javier Prado 2 (F-GI)
Link Distance (m)	173.3
Link Speed (km/h)	50
Set Antenna Name and Speed	NE
Travel Time (s)	12.5
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900 1900 1900
Lane Width (m)	3.6 3.6 3.6
Grade (%)	0
Area Type CBD	---
Storage Length (m)	0.0
Storage Lanes (#)	---
Right Turn Channelized	---
Curb Radius (m)	---
Add Lanes (#)	---
Lane Utilization Factor	1.00 0.86 0.86
Right Turn Factor	1.000
Left Turn Factor (prot)	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	6408
Left Turn Factor (perm)	1.000
Right Ped Bike Factor	1.000
Left Ped Factor	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	6408
Right Turn on Red?	---
Saturated Flow Rate (RTOR)	1
Link Is Hidden	---
Hide Name in Node Title	---

Parameter	Value
Lanes and Sharing (BRL)	---
Traffic Volume (vph)	0 2203 7
Future Volume (vph)	0 2203 7
Storage Length (m)	0.0
Storage Lanes (#)	---
Taper Length (m)	---
Lane Alignment	Left Left Right
Lane Width (m)	3.6 3.6 3.6
Median Width (m)	5.0
Link Offset (m)	0.0
Crosswalk Width (m)	4.8
Two TL Median	---
Headway Factor	1.00 1.00 1.00
Turning Speed (km/h)	25
Mandatory Distance (m)	173.3
Positioning Distance (m)	416.7
Mandatory Distance 2 (m)	277.8
Positioning Distance 2 (m)	555.6

Nota. Intersección de las Av. Javier Prado y Av. Los Frutales. Adaptado de Synchro 11 (2022).

Figura 149

Configuración de carriles- Intersección de Flujo Continuo Completo



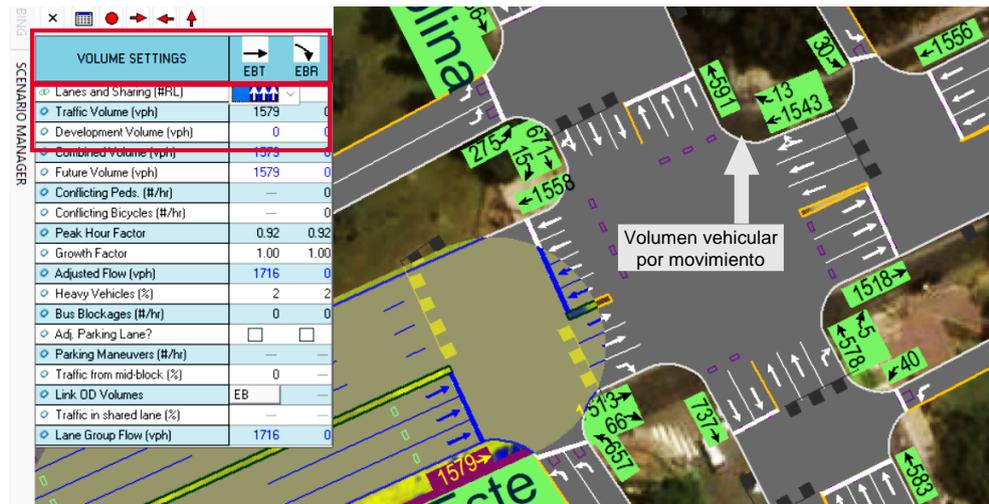
Nota. Intersección de las Av. Javier Prado y Av. La Molina. Adaptado de Synchro 11 (2022).

b. Volumen vehicular

Culminado con el trazo de las vías y su respectiva configuración, se ingresa el volumen de vehículos correspondiente a cada avenida, carril y sentido de estos, así como se muestra a continuación:

Figura 150

Asignación de volumen vehicular- Intersección de Flujo Continuo



Nota. Se realizó el mismo procedimiento para la Av. La Molina, Av. Los Frutales, Av. C. Golf de Los Incas y el ingreso al Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar (Plaza Camacho).

c. Balanceo de volumen vehicular

Se realiza con la finalidad de distribuir los volúmenes vehiculares de la Av. Javier Prado en el cruce con las Avenidas La Molina, Los Frutales, C. Golf de Los Incas y en el Ingreso del Paso a Desnivel del Óvalo Monitor, para ello se hizo uso de la opción “Volume Balancing” como se muestra a continuación:

Figura 151

Balanceo de volumen- Intersección de Flujo Continuo



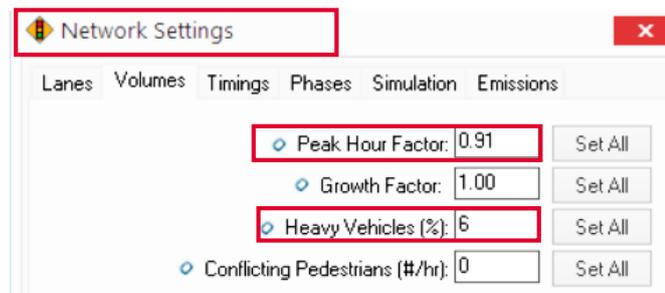
Nota. Se muestra el balanceo de volumen realizado en la Av. Javier Prado en el cruce con la Av. La Molina. Adaptado de Synchro 11 (2022).

d. Configuración del factor hora pico y % de vehículos pesados

Se realiza en la ventana de “Network Settings” o configuración de la red donde se ingresa el factor hora pico del tramo en estudio, mismo que se encuentra en función del volumen horario total (veh/h). Asimismo, se introduce el % de vehículos pesados/hora, este valor fue obtenido producto de la clasificación vehicular realizada en el tramo en estudio.

Figura 152

Ventana de configuración de factor de hora pico en Synchro 11.



Nota. El factor de hora pico introducido es el más representativo de todas las intersecciones analizadas.

e. Configuración de tipo de control de intersección

Seguidamente se configura el apartado “Nodo Settings”, donde se elige el tipo de control de la intersección que puede ser mediante semáforos, rotondas o de circulación libre; en la siguiente propuesta se emplea el control a través de un semáforo principal en la intersección principal y 2 secundarios en los extremos de las avenidas que intersecan, tal como se muestra a continuación:

Figura 153

Configuración de nodo o intersección de la propuesta intersección de flujo continuo.



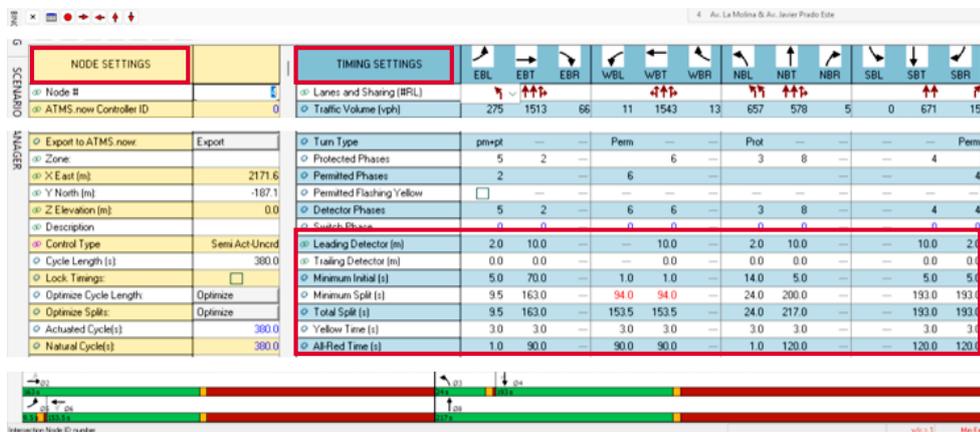
Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

f. Configuración de los ciclos semafóricos

Se utiliza la herramienta Timing Settings para modificar los ciclos semafóricos, es decir la duración de las fases del semáforo (luz verde, ámbar y roja) y la velocidad promedio de la vía, como se muestra a continuación:

Figura 154

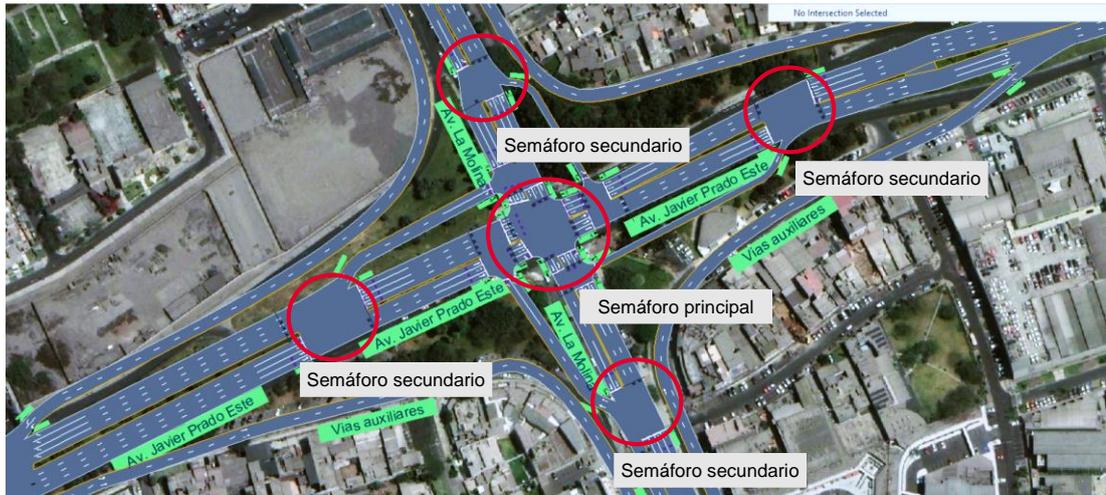
Ventana de configuración de las fases semafóricas en Synchro 11.



Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

Figura 155

Ubicación de semáforos en la Intersección de Flujo Continuo.



Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

g. Visualización post configuración en Synchro 11

A continuación, se muestra el resultado del modelamiento producto de todas las configuraciones anteriormente realizadas:

Figura 156

Modelamiento de todo el tramo de estudio en Synchro 11.



Nota. Modelamiento del tramo en estudio. Elaborado por los autores (2022)

Figura 157

Modelado de la propuesta de intersección de flujo continuo parcial



Nota. Esta propuesta está situada en el cruce de las Av. Javier Prado Este con la Av. Los Frutales.

Figura 158

Modelado de la propuesta de intersección de flujo continuo completo



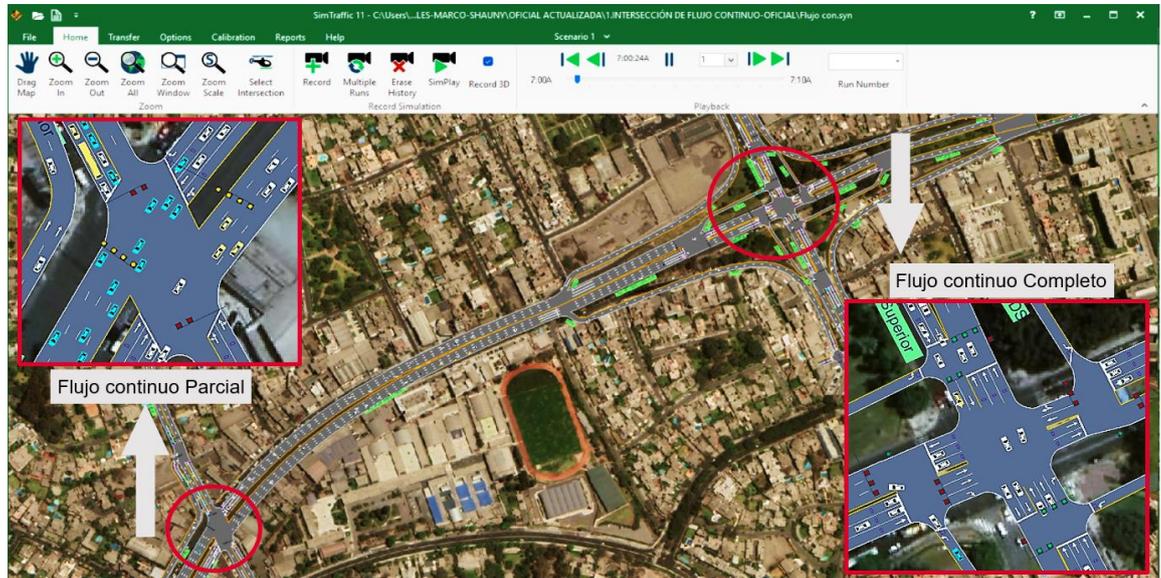
Nota. Esta propuesta está situada en el cruce de las Av. Javier Prado Este con la Av. La Molina.

4.8.3.2. Simulación en SimTraffic 11

Una vez culminado el modelamiento en Synchro 11, continúa la simulación en SimTraffic 11, donde se visualiza el comportamiento de los vehículos, la longitud de colas generadas producto de la congestión vehicular del tramo en estudio y se obtiene el reporte de tiempo y velocidad de recorrido.

Figura 159

Representación 2D del modelado de la situación actual en SimTraffic.



Nota. El tramo representado corresponde a la Av. Javier Prado tramo Óvalo Monitor – Av. La Molina, Lima metropolitana. Adaptado de Synchro 11 (2022).

4.8.3.3. Visualización en 3D Viewer

Representa el modelamiento y simulación de la situación actual en 3 dimensiones para tener una mejor comprensión, análisis y visualización del tramo estudiado.

Figura 160

Representación en 3D Viewer- Intersección de Flujo Continuo Parcial y Completa



Intersección Av. Javier Prado –
Av. Los Frutales.

Intersección Av. Javier Prado –
Av. La Molina

Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.8.4. Propuesta Vial N°02: Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina

Compuesta por un Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en el cruce de las Av. Javier Prado con la Av. La Los Frutales y un Intercambio Diamante Divergente ubicado en el cruce de las Av. Javier Prado con la Av. La Molina.

4.8.4.1. Modelamiento en Synchro 11.0

En este apartado se realizó el trazado de vías, la configuración de carril, el ingreso de volúmenes vehiculares, entre otras configuraciones.

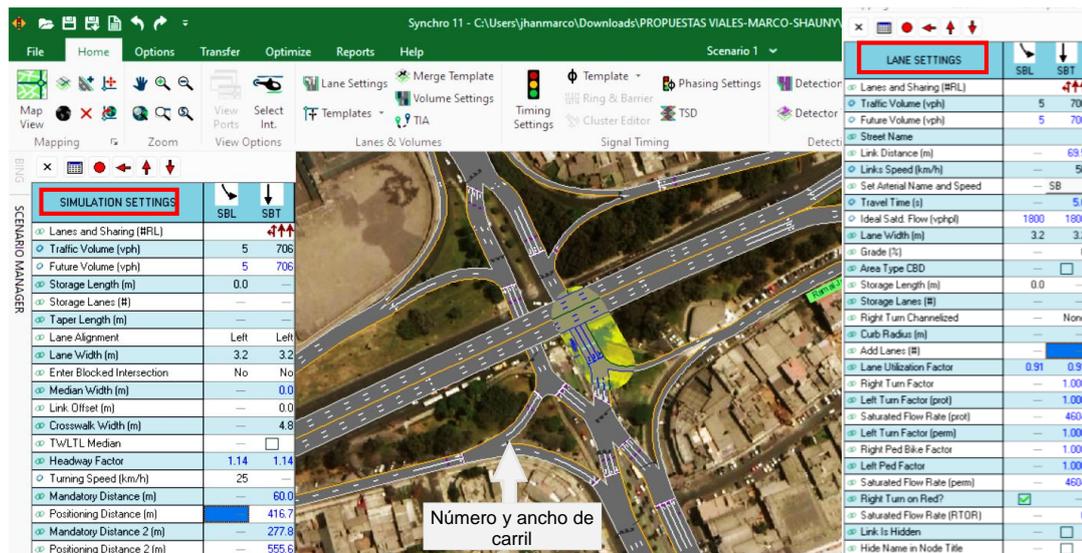
a. Trazado de vías y Configuración de Carril

Se trazó el tramo en estudio, así como sus intersecciones principales, para ello se hizo uso de la herramienta “Add Link- Añadir enlace”.

Para la configuración de carril se usó “Lane Setting” y “Simulation Settings” con las que se configuró algunos parámetros como el número / ancho de carril, movimientos / giros y velocidad de diseño (se tomaron en cuenta los datos obtenidos del estudio de campo acerca de la geometría vial del tramo en condiciones existentes) como se muestra a continuación:

Figura 161

Configuración de carriles- Intercambio Diamante Divergente



Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022)

b. Volumen vehicular

Culminado con el trazo de las vías y su respectiva configuración, se ingresa el volumen de vehículos correspondiente a cada avenida, carril y sentido de estos, así como se muestra a continuación:

Figura 162

Asignación de volumen vehicular- Intercambio Diamante Divergente



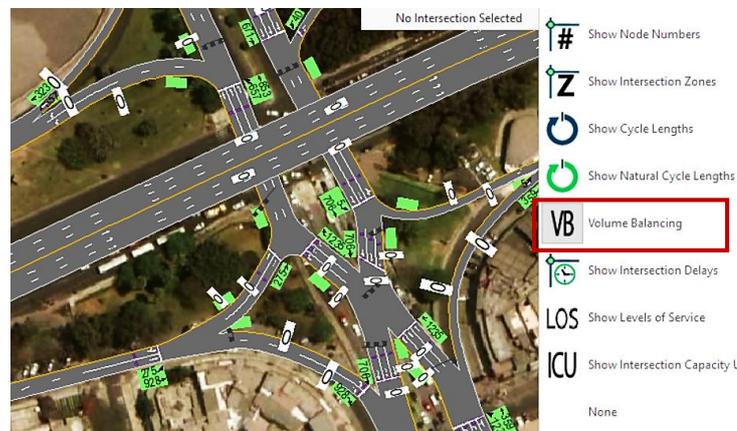
Nota. Se realizó el mismo procedimiento para la Av. La Molina, Av. Los Frutales, Av. C. Golf de Los Incas y el ingreso al Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar (Plaza Camacho).

c. Balanceo de volumen vehicular

Se realiza con la finalidad de distribuir los volúmenes vehiculares de la Av. Javier Prado en el cruce con las Avenidas La Molina, Los Frutales, C. Golf de Los Incas y en el Ingreso del Paso a Desnivel del Óvalo Monitor, para ello se hizo uso de la opción "Volume Balancing" como se muestra a continuación:

Figura 163

Balanceo de volumen- Intercambio Diamante Divergente



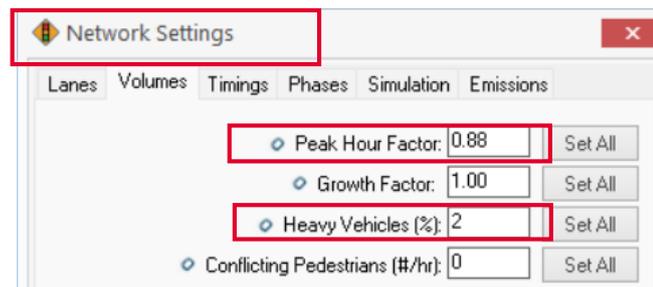
Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

d. Configuración del factor hora pico y % de vehículos pesados

Se realiza en la ventana de “Network Settings” o configuración de la red donde se ingresa el factor hora pico del tramo en estudio, mismo que se encuentra en función del volumen horario total (veh/h). Asimismo, se introduce el % de vehículos pesados/hora, este valor fue obtenido producto de la clasificación vehicular realizada en el tramo en estudio.

Figura 164

Configuración de factor de hora pico en Synchro 11- Propuesta 02



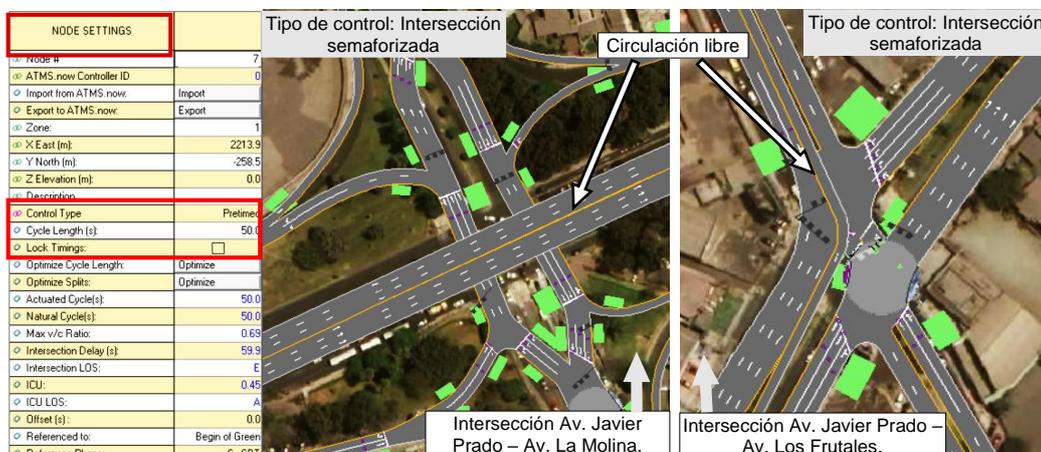
Nota. El factor de hora pico introducido es el más representativo de todas las intersecciones analizadas.

e. Configuración de tipo de control de intersección

Seguidamente se configura el apartado “Nodo Settings”, donde se elige el tipo de control de la intersección que puede ser mediante semáforos, rotondas o de circulación libre; en el cruce de la Av. Javier Prado con las Avenidas Los Frutales y La Molina se emplea el control a través de semáforos y también posee circulación libre; debido a que se trata de un intercambio a desnivel, tal como se muestra a continuación:

Figura 165

Configuración de nodo o intersección- Propuesta 02



Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

f. Configuración de los ciclos semafóricos

Después se utiliza la herramienta Timing Settings para modificar los ciclos semafóricos, es decir la duración de las fases del semáforo (luz verde, ámbar y roja) y la velocidad promedio de la vía. A continuación, se muestran las configuraciones realizadas:

Figura 166

Configuración de las fases semafóricas- Propuesta 02

Parameter	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	FED	HOLD
Traffic Volume (vph)	0	0	0	0	706	0	0	0	0	0	1235	0	---	---
Future Volume (vph)	0	0	0	0	706	0	0	0	0	0	1235	0	---	---
Protected Phases	---	---	---	---	6	---	---	---	---	---	8	---	---	---
Permitted Phases	---	---	---	---	6	---	---	---	---	---	8	---	---	---
Permitted Flashing Yellow	---	---	---	---	0	---	---	---	---	---	0	---	---	---
Detector Phases	---	---	---	---	6	---	---	---	---	---	8	---	---	---
Switch Phase	---	---	---	---	0	---	---	---	---	---	0	---	---	---
Leading Detector (m)	---	---	---	---	10.0	---	---	---	---	---	10.0	---	---	---
Trailing Detector (m)	---	---	---	---	0.0	---	---	---	---	---	0.0	---	---	---
Minimum Inhibit (s)	---	---	---	---	5.0	---	---	---	---	---	5.0	---	---	---
Minimum Split (s)	---	---	---	---	25.0	---	---	---	---	---	25.0	---	---	---
Total Split (s)	---	---	---	---	25.0	---	---	---	---	---	25.0	---	---	---
Yellow Time (s)	---	---	---	---	2.0	---	---	---	---	---	2.0	---	---	---
All-Red Time (s)	---	---	---	---	1.0	---	---	---	---	---	1.0	---	---	---
Lost Time Adjust (s)	---	0.0	---	---	0.0	---	---	---	---	---	0.0	---	---	---
Lagging Phase?	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Allow Lead/Lag Optimizer?	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Recall Mode	---	---	---	---	Max	---	---	---	---	---	Max	---	---	---
Speed limit (km/h)	---	50	---	---	50	---	---	50	---	---	50	---	---	---
Actuated Effect Green (s)	---	---	---	---	22.0	---	---	---	---	---	22.0	---	---	---
Actuated g/C Ratio	---	---	---	---	0.44	---	---	---	---	---	0.44	---	---	---
Volume to Capacity Ratio	---	---	---	---	0.40	---	---	---	---	---	0.69	---	---	---
Control Delay (s)	---	---	---	---	10.2	---	---	---	---	---	13.5	---	---	---
Queue Delay (s)	---	---	---	---	41.9	---	---	---	---	---	50.9	---	---	---
Total Delay (s)	---	---	---	---	52.2	---	---	---	---	---	64.3	---	---	---
Level of Service	---	---	---	---	F	---	---	---	---	---	F	---	---	---

Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

g. Visualización post configuración en Synchro 11

A continuación, se muestra el resultado del modelamiento producto de todas las configuraciones anteriormente realizadas:

Figura 167

Modelamiento de todo de la Propuesta 02 en Synchro 11.



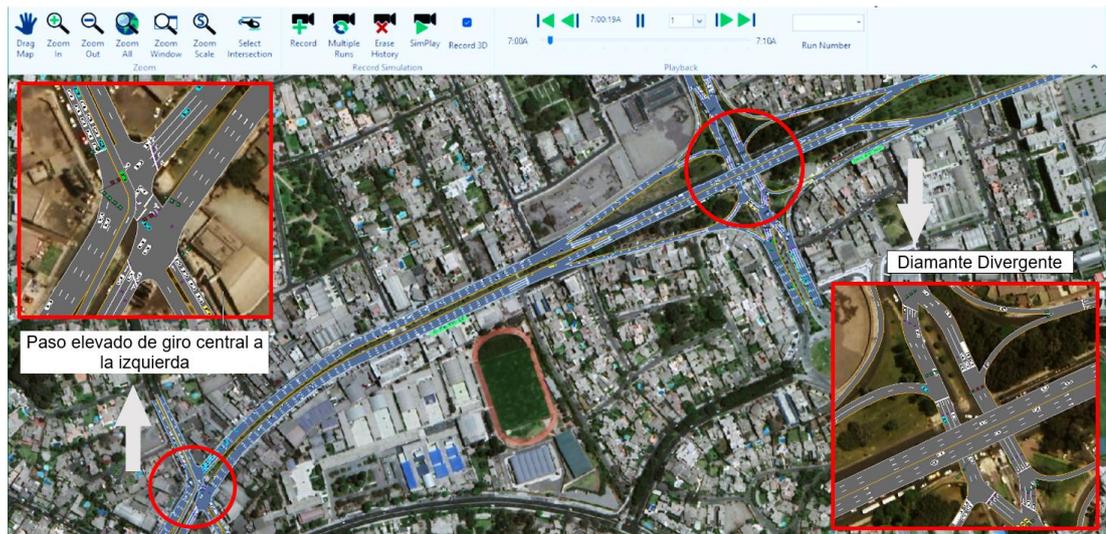
Nota. Adaptado de Synchro Studio (2022).

4.8.4.2. Simulación en SimTraffic 11

Una vez culminado el modelamiento en Synchro 11, continúa la simulación en SimTraffic 11, donde se visualiza el comportamiento de los vehículos, la longitud de colas generadas producto de la congestión vehicular del tramo en estudio y se obtiene el reporte de tiempo y velocidad de recorrido.

Figura 168

Representación 2D en SimTraffic- Propuesta 02



Nota. Elaborado por los autores (2022).

4.8.4.3. Visualización en 3D Viewer

Representa el modelamiento y simulación de la situación actual en 3 dimensiones para tener una mejor comprensión, análisis y visualización del tramo estudiado.

A continuación, se muestra la situación actual del tramo en estudio, principalmente los puntos críticos identificados que se encuentre compuesto por las intersecciones Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la intersección de las Av. Javier Prado y la Molina.

Figura 169

Representación en 3D Viewer- Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda e Intercambio Diamante Divergente



Nota. Se muestra la congestión vehicular existente en los puntos críticos Av. los Frutales y Av. La Molina. Fuente: Elaboración propia.

4.8.5. Propuesta Vial 03: Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina

Compuesta por un Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en el cruce de las Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y un Intercambio Urbano de Punto Único ubicado en el cruce de las Av. Javier Prado con la Av. La Molina.

4.8.5.1. Modelamiento en Synchro 11.0

En este apartado se realizó el trazado de vías, la configuración de carril, el ingreso de volúmenes vehiculares, entre otras configuraciones.

a. Trazado de vías y Configuración de Carril

Se trazó el tramo en estudio, así como sus intersecciones principales, para ello se hizo uso de la herramienta “Add Link- Añadir enlace”.

Para la configuración de carril se usó “Lane Setting” y “Simulation Settings” con las que se configuró algunos parámetros como el número / ancho de carril, movimientos / giros y velocidad de diseño (se tomaron en cuenta los datos obtenidos del estudio de campo acerca de la geometría vial del tramo en condiciones existentes) como se muestra a continuación:

Figura 170

Configuración de carriles- Intercambio Urbano de Punto Único (SPUI)

Número y ancho de carril

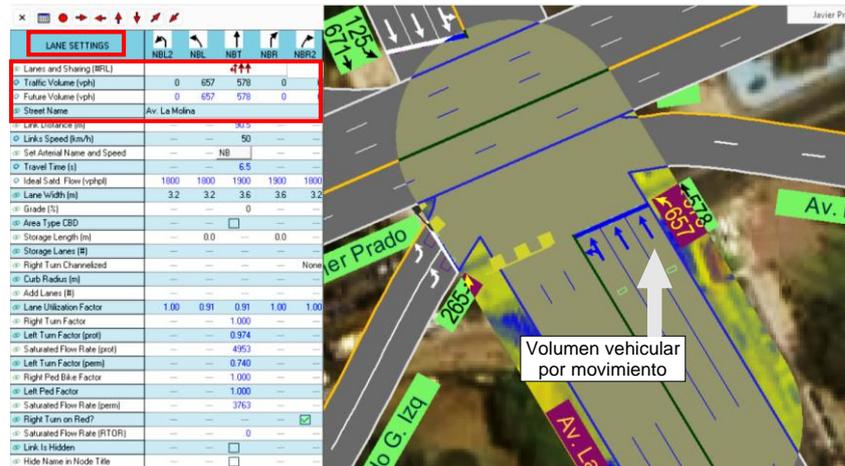
Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

b. Volumen vehicular

Culminado con el trazo de las vías y su respectiva configuración, se ingresa el volumen de vehículos correspondiente a cada avenida, carril y sentido de estos, así como se muestra a continuación:

Figura 171

Asignación de volumen vehicular- Intercambio Urbano de Punto Único



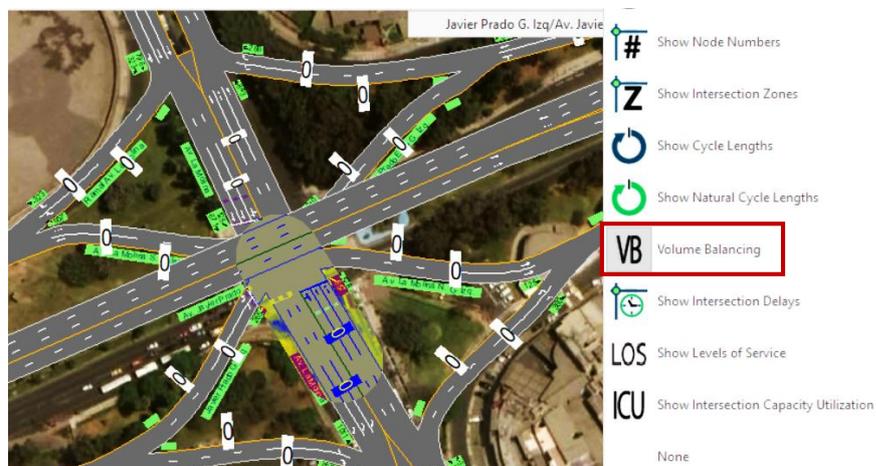
Nota. Se realizó el mismo procedimiento para la Av. La Molina, Av. Los Frutales, Av. C. Golf de Los Incas y el ingreso al Paso a Desnivel Óvalo Monitor Huáscar (Plaza Camacho).

c. Balanceo de volumen vehicular

Se realiza con la finalidad de distribuir los volúmenes vehiculares de la Av. Javier Prado en el cruce con las Avenidas La Molina, Los Frutales, C. Golf de Los Incas y en el Ingreso del Paso a Desnivel del Óvalo Monitor, para ello se hizo uso de la opción “Volume Balancing” como se muestra a continuación:

Figura 172

Balanceo de volumen- Intercambio Urbano de Punto Único



Nota. Se muestra el balanceo de volumen realizado en la Av. Javier Prado en el cruce con la Av. La Molina. Adaptado de Synchro 11 (2022).

d. Configuración del factor hora pico y % de vehículos pesados

Se realiza en la ventana de “Network Settings” o configuración de la red donde se ingresa el factor hora pico del tramo en estudio, mismo que se encuentra en función del volumen horario total (veh/h). Asimismo, se introduce el % de vehículos pesados/hora, este valor fue obtenido producto de la clasificación vehicular realizada en el tramo en estudio.

Figura 173

Ventana de configuración de factor de hora pico en Synchro 11.



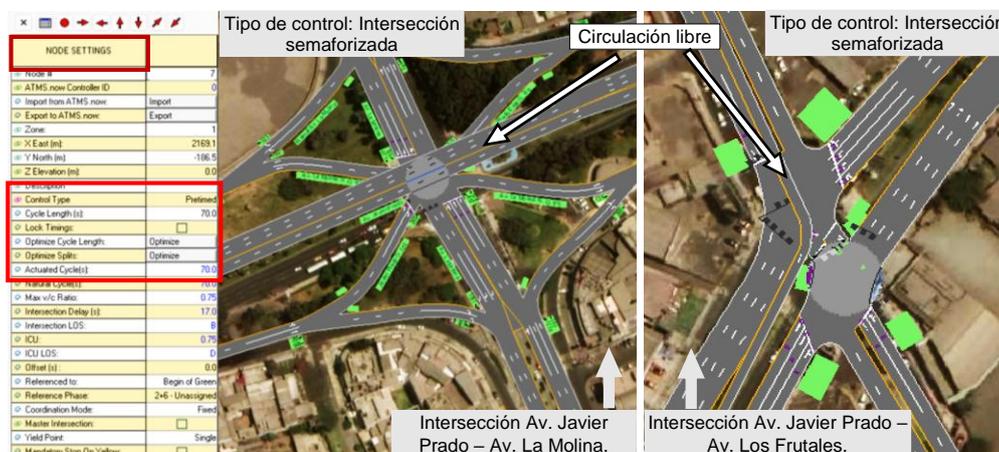
Nota. El factor de hora pico introducido es el más representativo de todas las intersecciones analizadas.

e. Configuración de tipo de control de intersección

Seguidamente se configura el apartado “Nodo Settings”, donde se elige el tipo de control de la intersección que puede ser mediante semáforos, rotondas o de circulación libre; en el cruce de la Av. Javier Prado con las Avenidas Los Frutales y La Molina se emplea el control a través de semáforos y también posee circulación libre; debido a que se trata de un intercambio a desnivel, tal como se muestra a continuación:

Figura 174

Configuración de nodo o intersección de la Propuesta 03



Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

f. Configuración de los ciclos semafóricos

Después se utiliza la herramienta Timing Settings para modificar los ciclos semafóricos, es decir la duración de las fases del semáforo (luz verde, ámbar y roja) y la velocidad promedio de la vía. A continuación, se muestran las configuraciones realizadas:

Figura 175

Ventana de configuración de las fases semafóricas en Synchro 11.

SETTING	NBL	NBR	SBL	SBR	NEL	NER	SWL	SWR	PED	HO
Lane and Sharing (B/L)	4+4	0	0	0	4+4	0	0	0	0	0
Traffic Volume (vph)	657	578	0	0	125	671	0	0	0	265
Future Volume (vph)	657	578	0	0	125	671	0	0	0	265
Turn Type	Prot									
Protected Phases	2	1			2	1			7	
Permitted Phases										
Detector Phases	2	1			2	1			7	
Switch Phase	0		0		0		0		0	
Leading Detector (m)	10.0		10.0		10.0		10.0		2.0	
Trailing Detector (m)	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0	
Minimum Inhibit (s)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Minimum Split (s)	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
Total Split (s)	23.4	24.0	23.4	24.0	22.6		22.6		22.6	
Yellow Time (s)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
All Red Time (s)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0	
Lagging Phase?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
Allow Lead/Lag Optimize?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
Recall Mode	Max	Max								
Speed limit (km/h)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Actuated Effct. Green (s)	38.4		38.4		18.1		18.1		18.1	
Actuated g/C Ratio	0.95		0.95		0.26		0.26		0.26	
Volume to Capacity Ratio	1.574		0.90		0.34		0.44		0.44	
Control Delay (s)	17.7		13.2		16.3		23.5		23.5	
Queue Delay (s)	0.0		0.0		0.0		0.0		0.0	
Total Delay (s)	17.7		13.2		16.3		23.5		23.5	

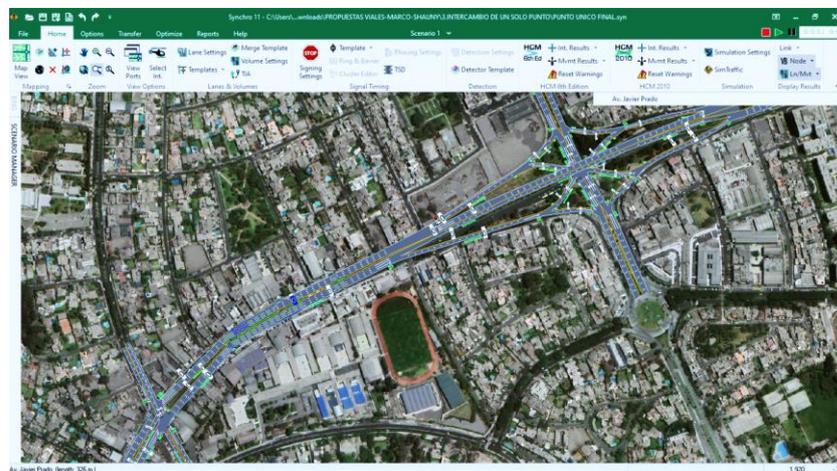
Nota. Los tiempos correspondientes a las fases semafóricas son el resultado de la toma de datos de las fases reales de la intersección es analizadas.

g. Visualización post configuración en Synchro 11

A continuación, se muestra el resultado del modelamiento producto de todas las configuraciones anteriormente realizadas:

Figura 176

Modelamiento de todo el tramo de estudio en Synchro 11.



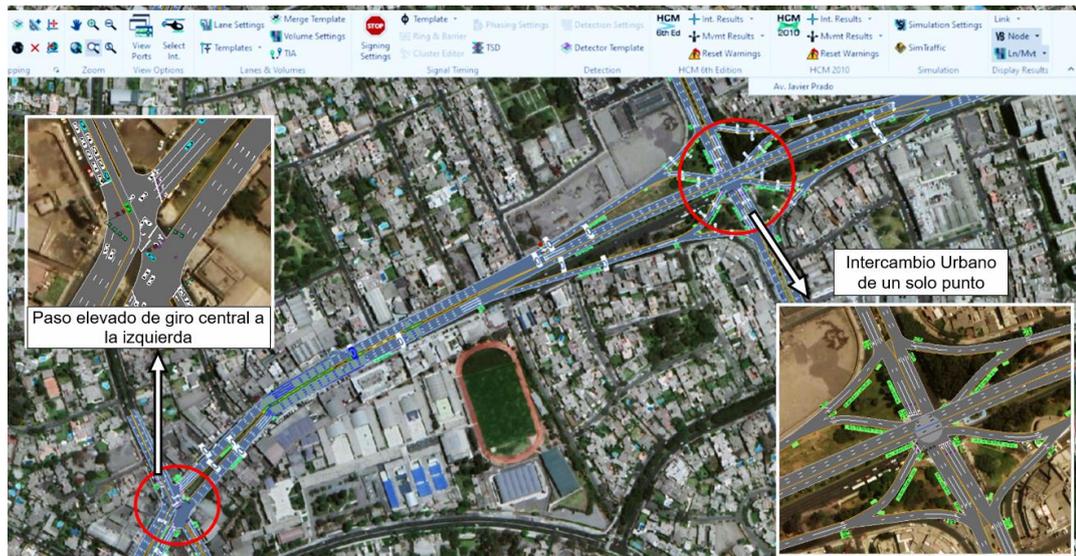
Nota. Modelamiento del tramo en estudio en su situación actual.

4.8.5.2. Simulación en SimTraffic 11

Una vez culminado el modelamiento en Synchro 11, continúa la simulación en SimTraffic 11, donde se visualiza el comportamiento de los vehículos, la longitud de colas generadas producto de la congestión vehicular del tramo en estudio y se obtiene el reporte de tiempo y velocidad de recorrido.

Figura 177

Representación 2D de la Propuesta 02 en SimTraffic.



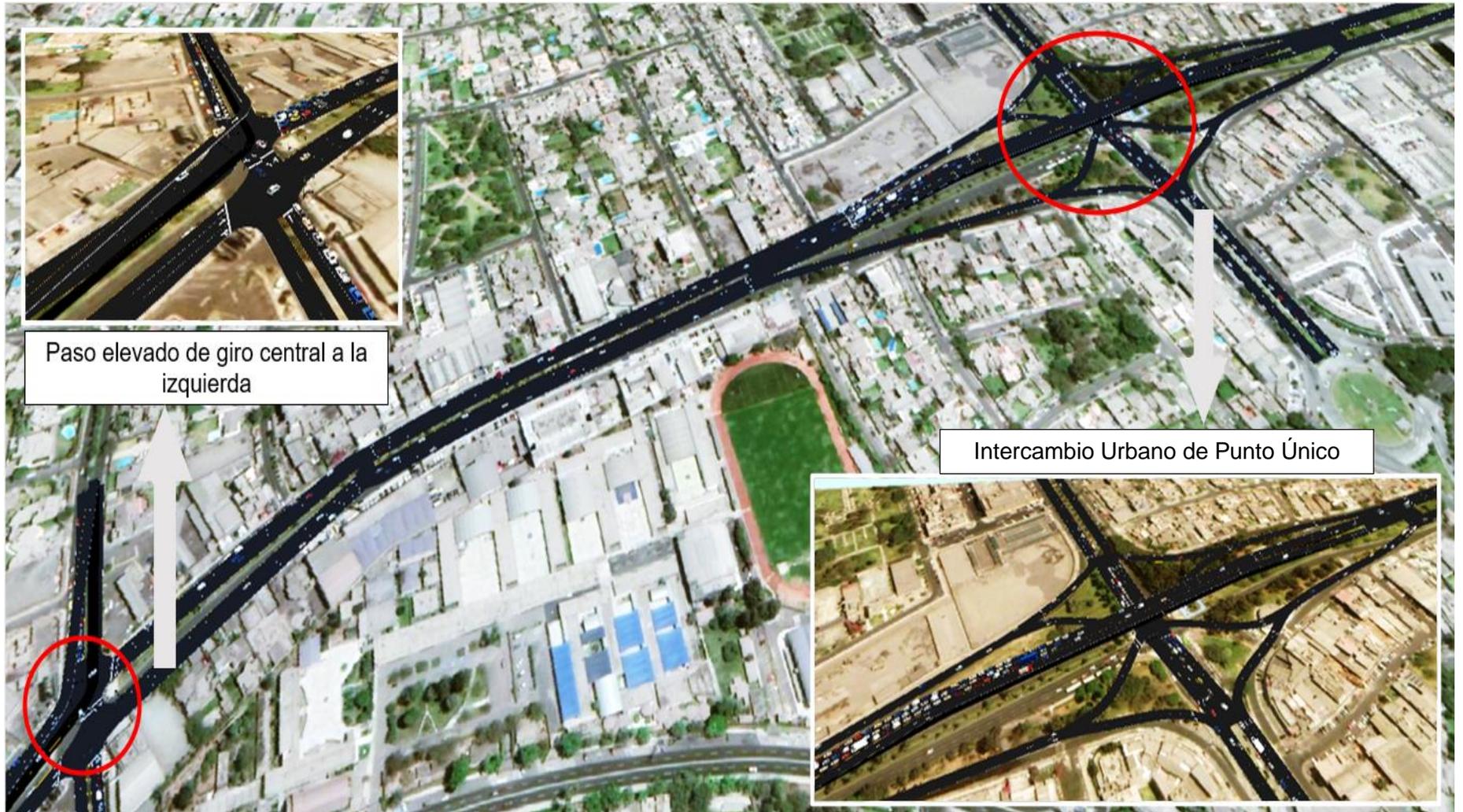
Nota. El tramo representado corresponde a la Av. Javier Prado tramo Óvalo Monitor – Av. La Molina, distrito de la Molina, Lima metropolitana. Fuente: Elaboración Propia.

4.8.5.3. Visualización en 3D Viewer

Representa el modelamiento de la situación actual en 3 dimensiones para tener una mejor comprensión, análisis y visualización del tramo estudiado, a continuación, se muestran sus principales herramientas:

Figura 178

Representación en 3D Viewer- Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda e Intercambio Urbano de Punto Único



Nota. Se muestra la congestión vehicular existente en los puntos críticos Av. los Frutales y Av. La Molina. Elaborado por los autores (2022)

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Intersecciones críticas del tramo en estudio

A lo largo del recorrido del tramo en estudio, se sitúan en total 12 intersecciones, para la determinación de las intersecciones críticas se tomaron en consideración criterios como la categorización de la vía, el volumen vehicular, la composición y forma de las vías, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 74

Determinación de Intersecciones Críticas

Calle, Jr. Av.	Clasificación			Volumen Vehicular Alto (0-3)	Ramales				Total
	(3) Via Arterial	(2) Via Colectora	(1) Via Local		(1) Tres Simple	(2) Tres Canalizada	(1) Cuatro Simple	(3) Cuatro Canalizada	
Los Tiamos	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Los Ceibos	0	0	1	0	1	0	0	0	2
El Bucaré	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Los Frutales	0	2	0	3	0	0	2	0	7
Albaricoques	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Los Membrillos	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Los Viñedos	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Los Melones	0	0	1	0	1	0	0	0	2
La Molina	3	0	0	3	0	0	0	3	9
Golf de Los Incas	0	2	0	2	0	1.5	0	0	5.5
Los Jades	0	0	1	0	1	0	0	0	2
Las Frambuesas	0	0	1	0	1	0	0	0	2

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Producto de este análisis resultaron como intersecciones críticas:

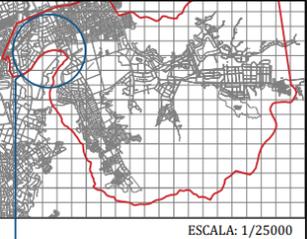
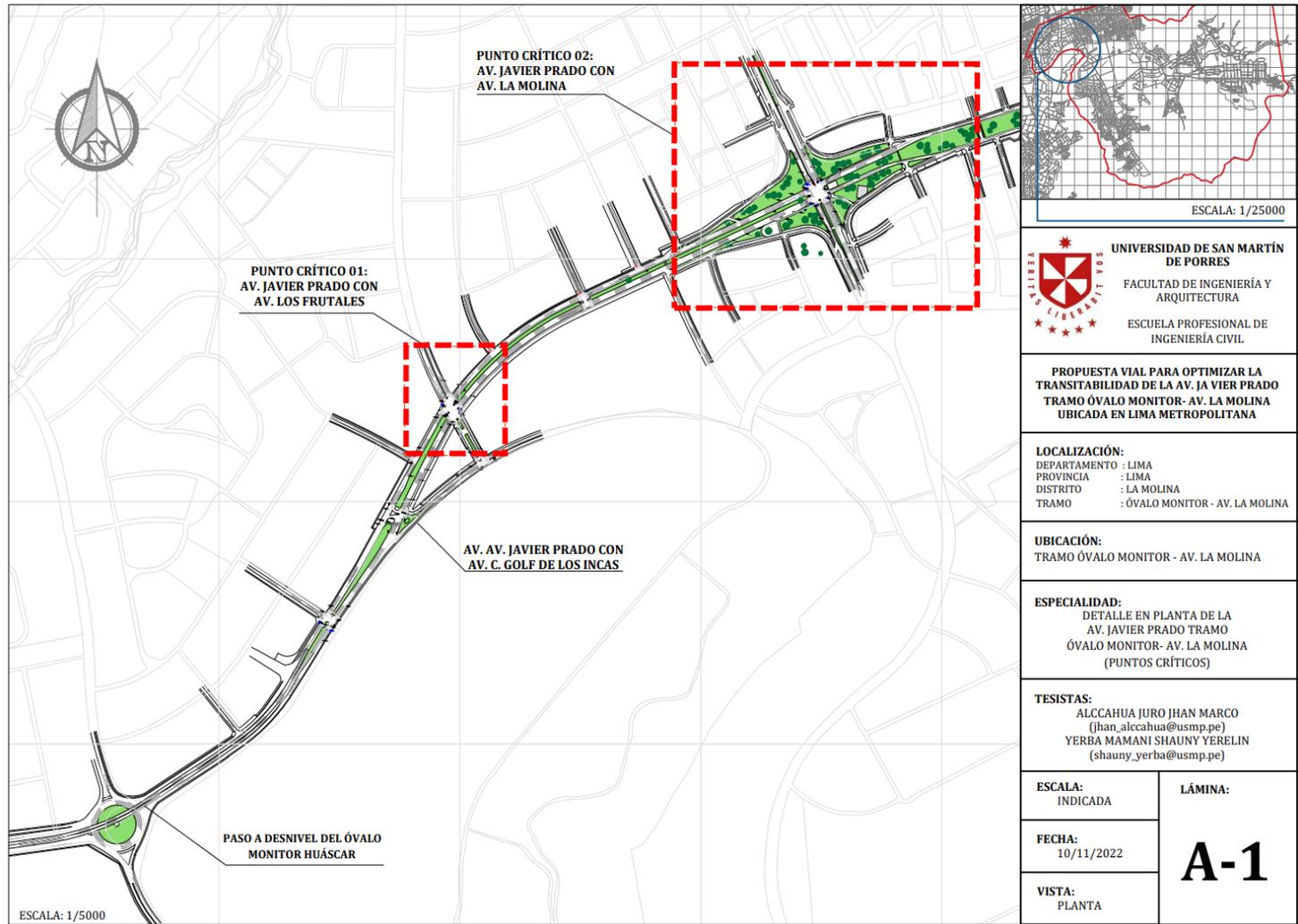
- Punto Crítico 01: Av. Javier Prado con Av. Los Frutales
- Punto Crítico 02: Av. Javier Prado con Av. La Molina con

A continuación, se señalan en el Plano en Planta del Tramo en Estudio.

[Ver Anexo 2]

Figura 179

Determinación de Puntos Críticos




UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 TRAMO ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

ESPECIALIDAD:
 DETALLE EN PLANTA DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA (PUNTOS CRÍTICOS)

TESISTAS:
 ALCAHUA JURO JHAN MARCO (jhan_alcahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA:
 INDICADA

LÁMINA:

FECHA:
 10/11/2022

A-1

VISTA:
 PLANTA

Nota. Elaborado por los autores (2022). [Ver Anexo 2]

5.1.1. Nivel de Servicio en condiciones existentes

La intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina y Los Frutales Molina en su estado actual presentan un nivel de servicio F, es decir, se presenta un flujo interrumpido, generando la formación de largas colas a causa de los descansos prolongados.

Tabla 75

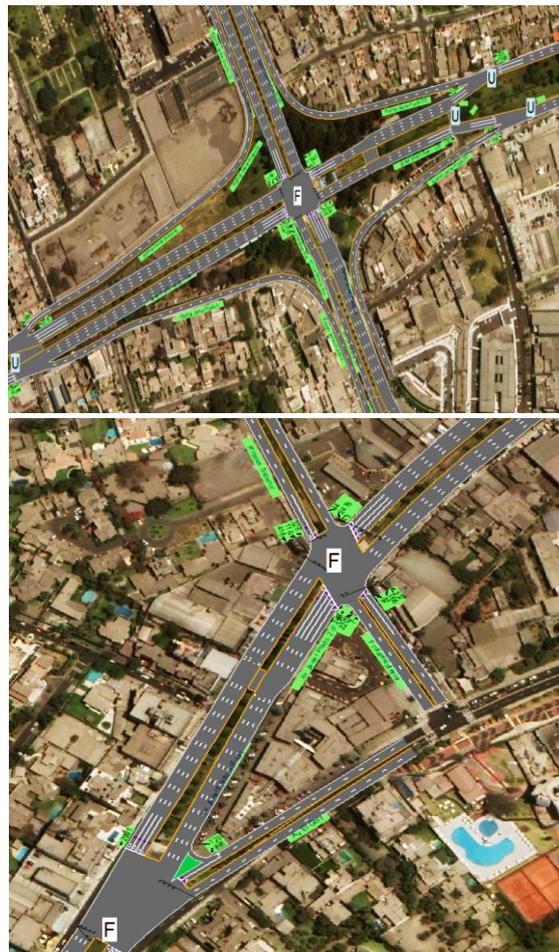
Nivel de servicio en condiciones existentes

Punto Crítico	Condición existente
Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	F
Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	F

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 180

Nivel de servicio en la Av. Javier Prado con Av. La Molina y Av. Los Frutales en condiciones existentes.



Nota. Adaptado de Synchro 11 (2022).

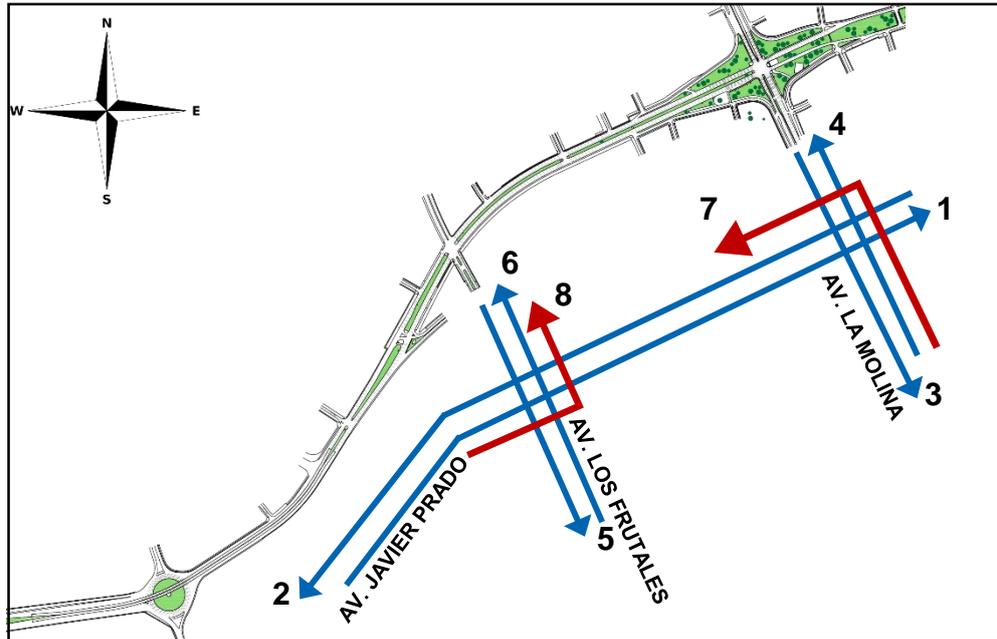
5.1.2. Tiempo y velocidad de recorrido en condiciones existentes

Para realizar el análisis del tramo en estudio en condiciones existentes, se tomaron en consideración 8 movimientos críticos:

1. Av. Javier Prado Oeste- Este (Movimiento directo que inicia en el Paso a Desnivel del Óvalo Monitor a la altura de la Plaza Camacho y se dirige a la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina)
2. Av. Javier Prado Este- Oeste (Movimiento directo que inicia en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina y se dirige al Paso a Desnivel del Óvalo Monitor a la altura de la Plaza Camacho)
3. Av. La Molina Norte- Sur (Movimiento directo que inicia 200m antes de llegar a la intersección la Av. Javier Prado con Av. La Molina y culmina 200m después de pasar dicha intersección con dirección al Óvalo La Fontana)
4. Av. La Molina Sur- Norte (Movimiento directo que inicia 220m antes de llegar a la intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina a la altura del Óvalo La Fontana y culmina 200m después de pasar dicha intersección con dirección al Óvalo de Santa Anita)
5. Av. Los Frutales Norte- Sur (Movimiento directo que inicia 160m antes de llegar a la intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales y culmina en la intersección de la Av. C. Golf de los Incas con la Av. Los Frutales)
6. Av. Los Frutales Sur- Norte (Movimiento directo que inicia en la Intersección de la Av. C. Golf de los Incas con la Av. Los Frutales y culmina 160m después de pasar la intersección Av. Javier Prado con Av. Los Frutales)
7. Av. La Molina Sur – Av. Javier Prado Oeste (Giro a la izquierda que inicia 220m antes de llegar a la intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina, gira a la izquierda, y culmina en el cruce de la Av. Javier Prado con su enlace superior izquierdo)
8. Av. Javier Prado Oeste – Av. Los Frutales Norte (Giro a la izquierda que inicia 110m antes de llegar a la intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales, gira a la izquierda, y culmina en la Av. Los Frutales 160m después de pasar la intersección en mención)

Figura 181

Movimientos Críticos en el Tramo en Estudio



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Se analizaron cada uno de los movimientos críticos y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 76

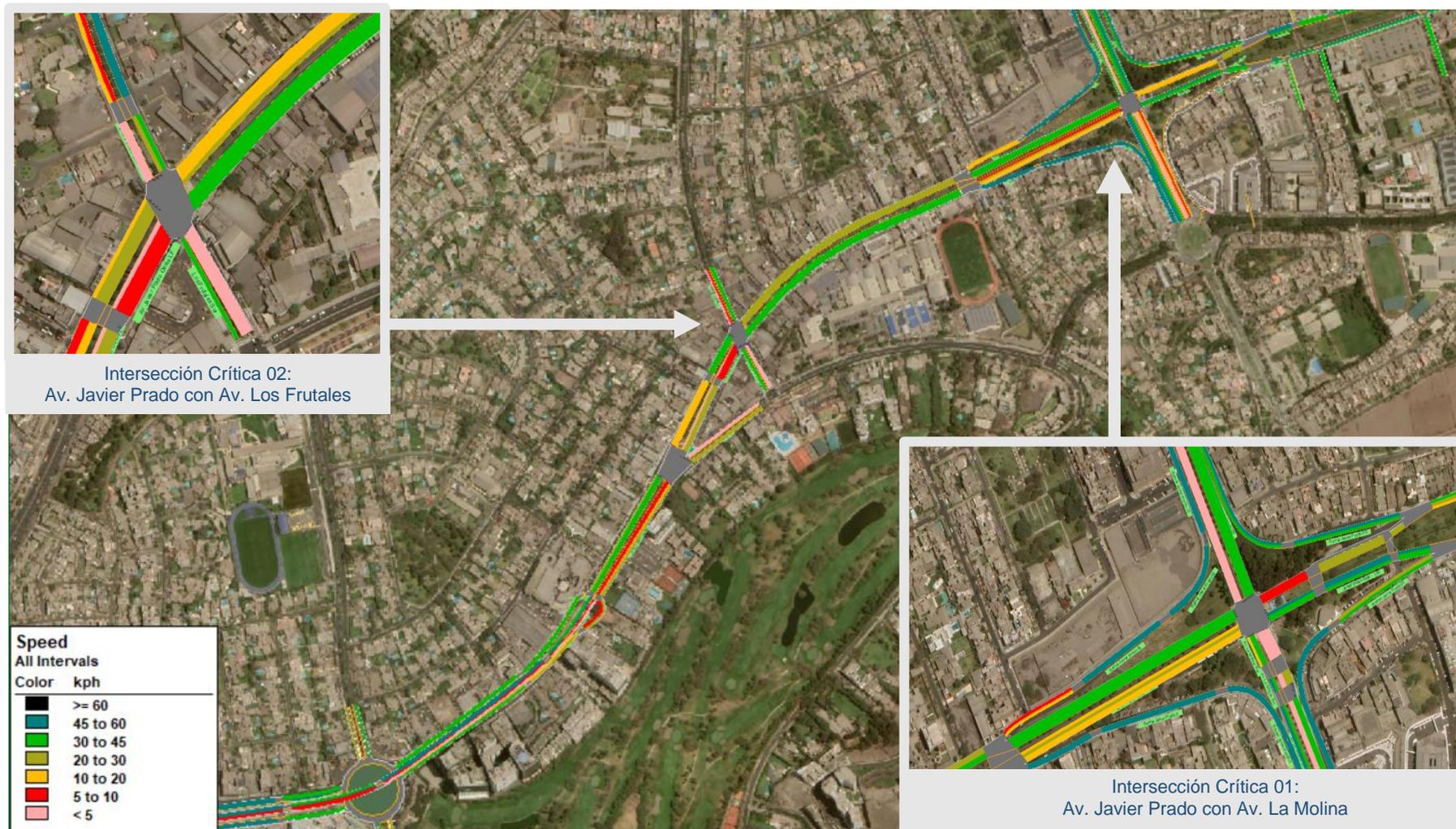
Tiempo y velocidad de recorrido en la Intersección Av. Javier Prado con Av. La Molina en condiciones existentes

Tramo en estudio en Condiciones Existentes		
Movimientos	Tiempo (seg)	Velocidad (km/h)
1. Av. Javier Prado (ByPass ↑ Av. La Molina)	317	29
2. Av. Javier Prado (Av. La Molina ↑ ByPass)	259	29
3. Av. La Molina (Norte ↑ Sur)	118	24
4. Av. La Molina (Sur ↑ Norte)	114	20
5. Av. Los Frutales (Norte ↑ Sur)	129	18
6. Av. Los Frutales (Sur ↑ Norte)	90	21
7. Av. La Molina (Sur) ← Av. Javier Prado (Este)	125	22
8. Av. Javier Prado (Oeste) ← Av. Los Frutales (Norte)	80	18
Total	154	22

Nota. Adaptado de SimTraffic (2022). La circulación es interrumpida correspondiente a un nivel de servicio F.

Figura 182

Reporte gráfico de la velocidad en el tramo en estudio en condiciones existentes.



Nota. Adaptado de SimTraffic (2022)

5.2. Propuesta Vial 01: Intersección de Flujo Continuo en los cruces de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la Av. La Molina

Producto del modelamiento y simulación de la Propuesta Vial 01, se obtuvieron los siguientes resultados en términos de nivel de servicio, tiempo y velocidad de recorrido. [Ver Anexo 4]

5.2.1. Nivel de Servicio de la Propuesta Vial 01

En la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales se propuso una Intersección de Flujo Continuo Parcial, este obtuvo un nivel de servicio "E", es decir, la operación es inestable debido al poco espacio libre en la circulación.

En la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina se propuso una Intersección de Flujo Continuo Total, este obtuvo un nivel de servicio "B", es decir, existen ligeros impedimentos al flujo libre, poca restricción a la maniobrabilidad, los conflictos se resuelven inmediatamente.

Tabla 77

Nivel de servicio de la Propuesta Vial 01

Punto Crítico	Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	Av. Javier Prado con Av. La Molina
Propuesta Vial 01	Intersección de Flujo Continuo Parcial	Intersección de Flujo Continuo Completo
Nivel de Servicio	E	B

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 183

Nivel de servicio de la Propuesta Vial 01



1.1. Intersección de Flujo Continuo Parcial en el Cruce de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales

1.2. Intercambio Diamante Divergente situado en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina

Nota. Adaptado de Synchro (2022).

5.2.2. Tiempo de recorrido de la Propuesta Vial 01

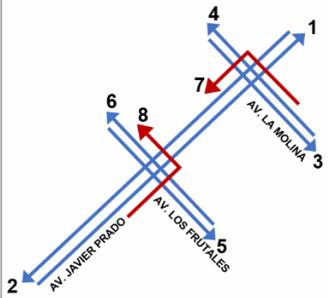
Se compararon los tiempos de recorrido del tramo en estudio, en condiciones existentes y con la implementación de la Propuesta Vial 01. Cabe precisar que se analizaron los movimientos más críticos del tramo en estudio.

Como resultado se obtuvo una reducción del tiempo en un 35%, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 78

Tiempo de Recorrido con la Propuesta Vial 01

Movimientos	Situación Actual	Propuesta Vial 01	% de Reducción
1. Av. Javier Prado (ByPass ↑ Av. La Molina)	317	219	-31%
2. Av. Javier Prado (Av. La Molina ↑ ByPass)	259	167	-36%
3. Av. La Molina (Norte ↑ Sur)	118	58	-51%
4. Av. La Molina (Sur ↑ Norte)	114	90	-22%
5. Av. Los Frutales (Norte ↑ Sur)	129	76	-41%
6. Av. Los Frutales (Sur ↑ Norte)	90	64	-29%
7. Av. La Molina (Sur) ← Av. Javier Prado (Este)	125	77	-39%
8. Av. Javier Prado (Oeste) ← Av. Los Frutales (Norte)	80	54	-32%
Total	154	101	-35%

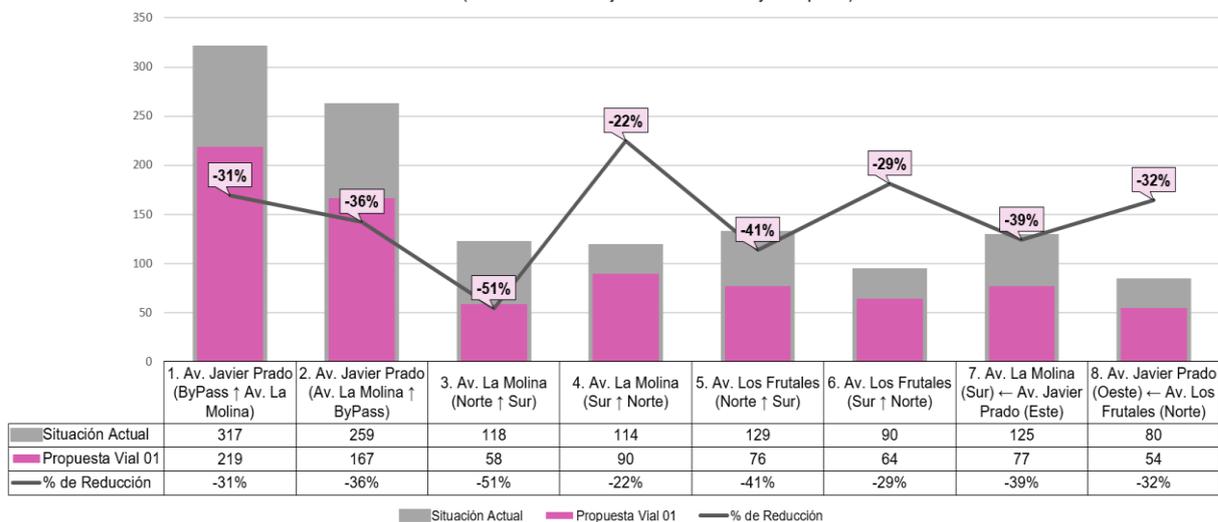


Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 184

Tiempo de Recorrido con la Propuesta Vial 01

Tiempo Situación Actual vs Tiempo Propuesta Vial N°01
(Intersección de Flujo Continuo Parcial y Completal)



Nota. Elaborado por los autores (2022).

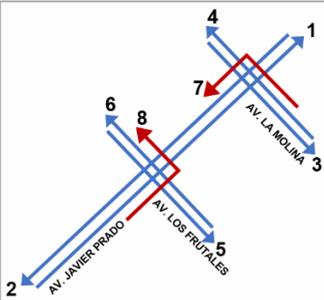
5.2.3. Velocidad de recorrido de la Propuesta Vial 01

Se compararon los tiempos de recorrido del tramo en estudio, en condiciones existentes y con la implementación de la Propuesta Vial 01. Cabe precisar que se analizaron los movimientos más críticos del tramo en estudio. Como resultado se obtuvo un incremento de la velocidad en un 26%, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 79

Velocidad de Recorrido con la Propuesta Vial N°01

Movimientos	Situación Actual	Propuesta	% de Incremento
1. Av. Javier Prado (ByPass ↑ Av. La Molina)	28.67	35.10	22%
2. Av. Javier Prado (Av. La Molina ↑ ByPass)	29.44	35.80	22%
3. Av. La Molina (Norte ↑ Sur)	24.00	29.00	21%
4. Av. La Molina (Sur ↑ Norte)	20.00	21.67	8%
5. Av. Los Frutales (Norte ↑ Sur)	17.50	18.33	5%
6. Av. Los Frutales (Sur ↑ Norte)	20.50	21.67	6%
7. Av. La Molina (Sur) ← Av. Javier Prado (Este)	21.67	32.80	51%
8. Av. Javier Prado (Oeste) ← Av. Los Frutales (Norte)	17.67	30.25	71%
Total	22.43	28.08	26%

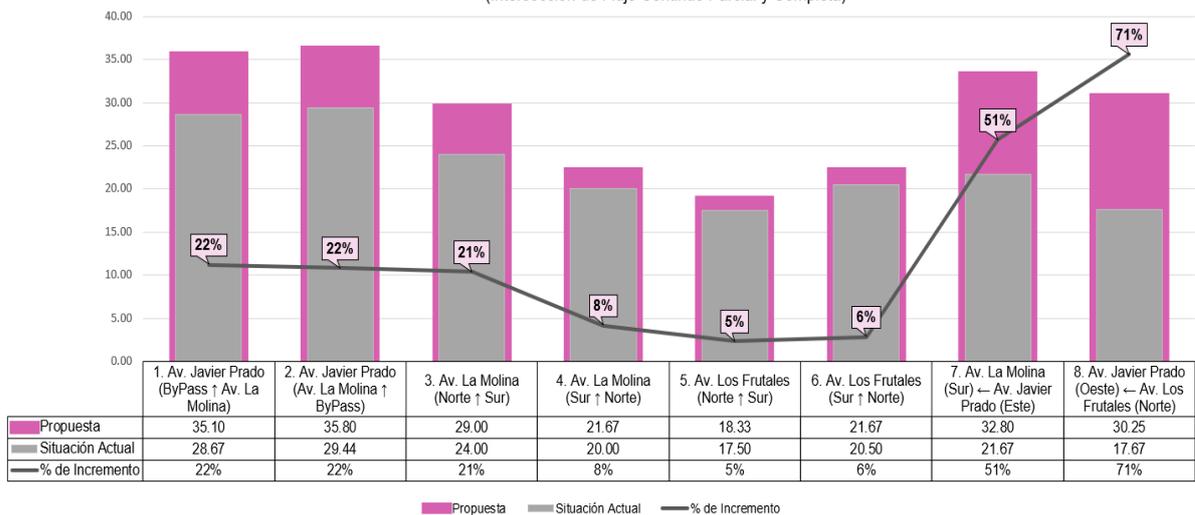


Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 185

Velocidad de Recorrido con la Propuesta Vial 01

Velocidad con Situación Actual vs Velocidad con la Propuesta Vial N°1
(Intersección de Flujo Continuo Parcial y Completa)



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 186

Velocidad de recorrido con la Propuesta Vial 01 compuesta por la Intersección de Flujo Continuo Parcial y Completa



Nota. Adaptado de SimTraffic (2022)

5.3. Propuesta Vial 02: Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina

Producto del modelamiento y simulación de la Propuesta Vial 02, se obtuvieron los siguientes resultados en términos de nivel de servicio, tiempo y velocidad de recorrido. [Ver Anexo 4]

5.3.1. Nivel de Servicio de la Propuesta Vial 02

En la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales se propuso un Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda, este obtuvo un nivel de servicio “D”, es decir, la operación es inestable al menor incremento de volumen vehicular, generando colas y una baja maniobrabilidad.

En la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina se propuso un Intercambio Diamante Divergente, este obtuvo un nivel de servicio “B”, es decir, existen ligeros impedimentos al flujo libre, poca restricción a la maniobrabilidad, los conflictos se resuelven inmediatamente.

Tabla 80

Nivel de servicio de la Propuesta Vial N°02

Punto Crítico	Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	Av. Javier Prado con Av. La Molina
Propuesta Vial 02	Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda	Intercambio Diamante Divergente
Nivel de Servicio	D	B

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 187

Nivel de servicio de la Propuesta Vial N°02



2.1. Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en el Cruce de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales

2.2. Intercambio Diamante Divergente situado en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina

Nota. Adaptado de Synchro (2022).

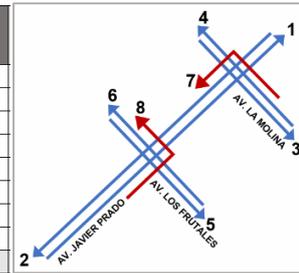
5.3.2. Tiempo de recorrido de la Propuesta Vial 02

Se compararon los tiempos de recorrido del tramo en estudio, en condiciones existentes y con la implementación de la Propuesta Vial 02. Cabe precisar que se analizaron los movimientos más críticos del tramo en estudio. Como resultado se obtuvo una reducción del tiempo en un 45.09%, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 81

Tiempo de Recorrido con la Propuesta Vial 02

Movimientos	Situación Actual	Propuesta Vial	% de Reducción
1. Av. Javier Prado (ByPass ↑ Av. La Molina)	317	167	-47%
2. Av. Javier Prado (Av. La Molina ↑ ByPass)	259	176	-32%
3. Av. La Molina (Norte ↑ Sur)	118	76	-36%
4. Av. La Molina (Sur ↑ Norte)	114	66	-42%
5. Av. Los Frutales (Norte ↑ Sur)	129	49	-62%
6. Av. Los Frutales (Sur ↑ Norte)	90	44	-51%
7. Av. La Molina (Sur) ← Av. Javier Prado (Este)	125	59	-53%
8. Av. Javier Prado (Oeste) ← Av. Los Frutales (Norte)	80	40	-49%
Total	154	85	-45.09%



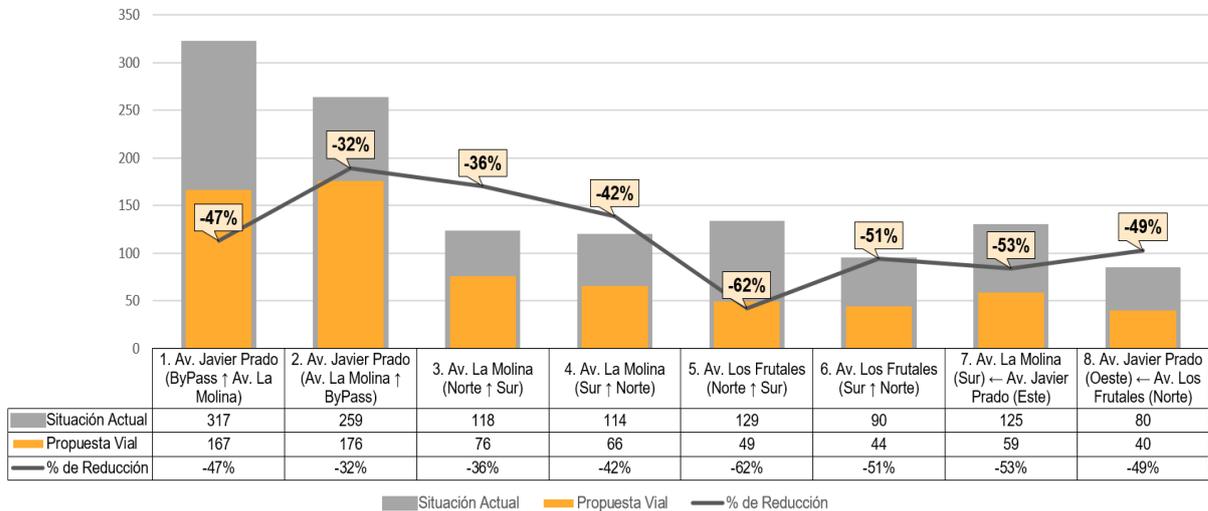
Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 188

Tiempo de Recorrido con la Propuesta Vial 02

Tiempo con Situación Actual vs Tiempo Propuesta Vial N°2

(Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda Intercambio Diamante Divergente)



Nota. Elaborado por los autores (2022).

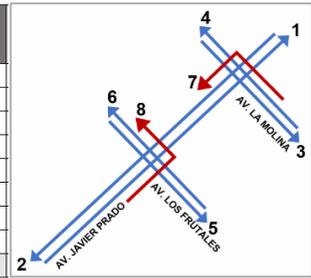
5.3.3. Velocidad de recorrido de la Propuesta Vial 02

Se compararon los tiempos de recorrido del tramo en estudio, en condiciones existentes y con la implementación de la Propuesta Vial 02. Cabe precisar que se analizaron los movimientos más críticos del tramo en estudio. Como resultado se obtuvo un incremento de la velocidad en un 38%, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 82

Velocidad de Recorrido con la Propuesta Vial N°02

Movimientos	Situación Actual	Propuesta Vial	% de Incremento
1. Av. Javier Prado (ByPass ↑ Av. La Molina)	28.67	37.31	30%
2. Av. Javier Prado (Av. La Molina ↑ ByPass)	29.44	37.42	27%
3. Av. La Molina (Norte ↑ Sur)	24.00	25.25	5%
4. Av. La Molina (Sur ↑ Norte)	20.00	27.00	35%
5. Av. Los Frutales (Norte ↑ Sur)	17.50	30.00	71%
6. Av. Los Frutales (Sur ↑ Norte)	20.50	29.00	41%
7. Av. La Molina (Sur) ← Av. Javier Prado (Este)	21.67	28.83	33%
8. Av. Javier Prado (Oeste) ← Av. Los Frutales (Norte)	17.67	32.67	85%
Total	22.43	30.93	38%

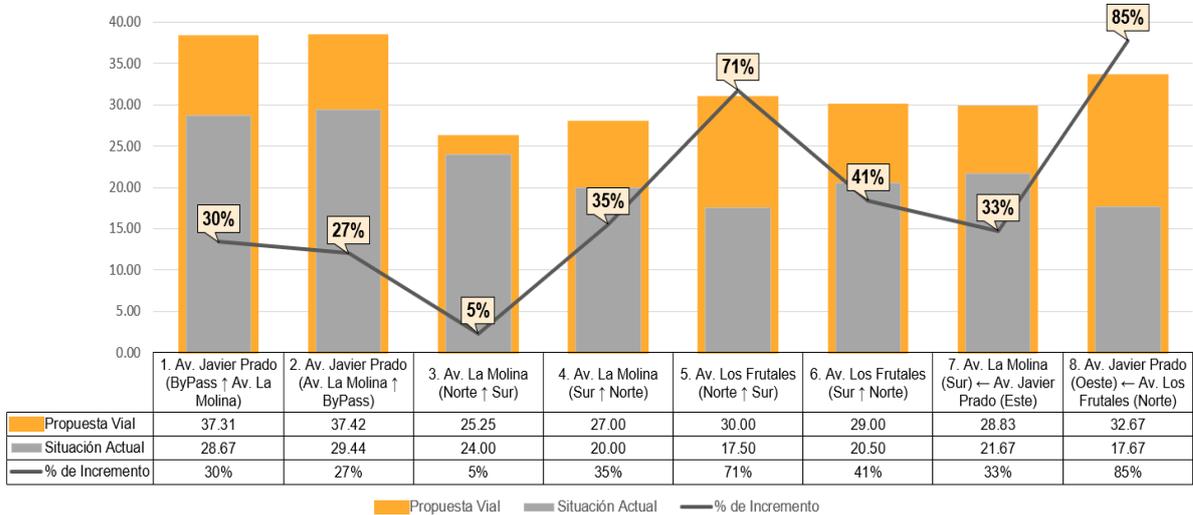


Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 189

Velocidad de Recorrido con la Propuesta Vial 02

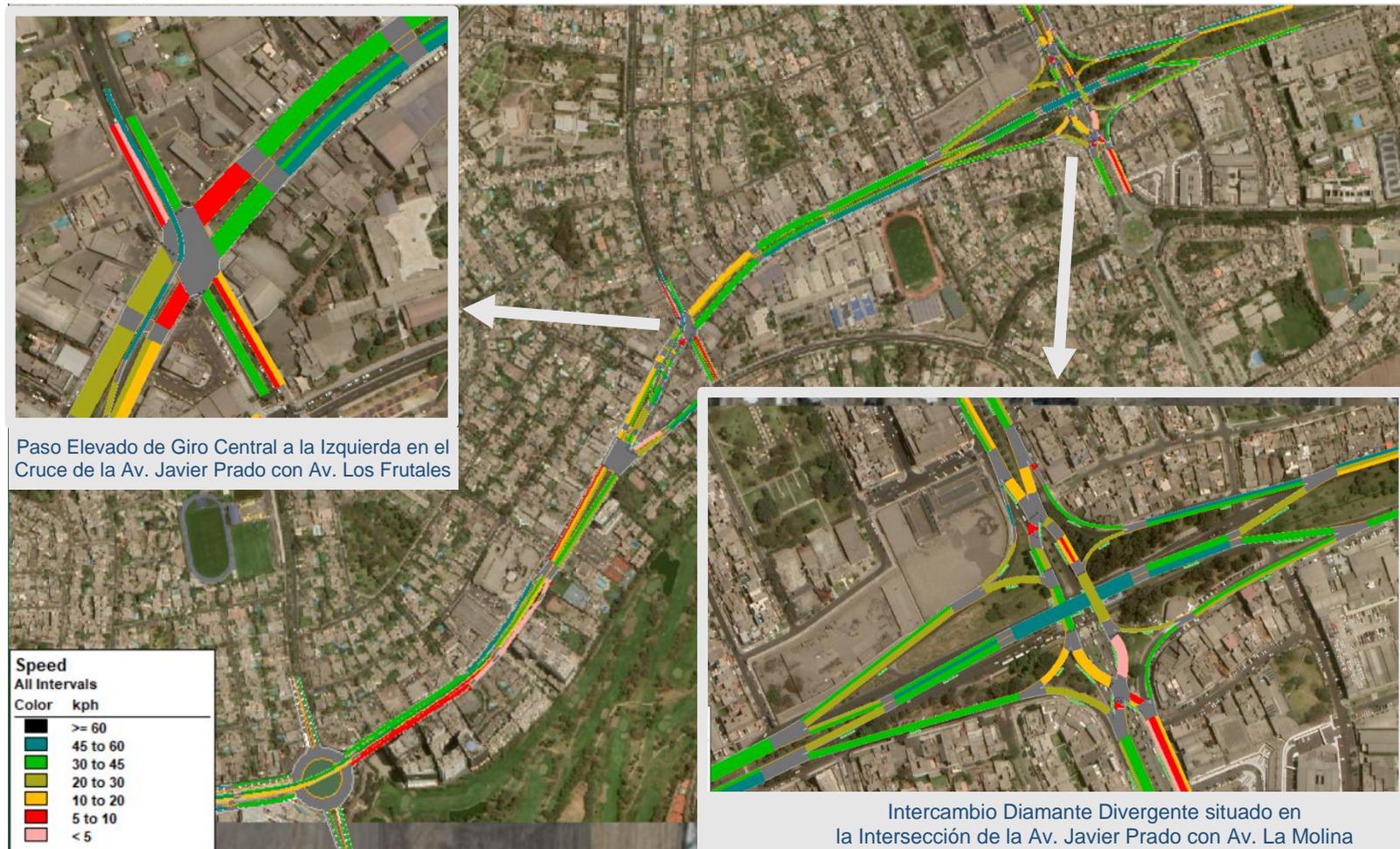
Velocidad con Situación Actual vs Velocidad Propuesta Vial N°2
(Elevado de Giro Central a la Izquierda Intercambio Diamante Divergente)



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 190

Velocidad de recorrido con la Propuesta Vial 02 compuesta por el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda y el Intercambio Diamante Divergente



Nota. Adaptado de SimTraffic (2022)

5.4. Propuesta Vial 03: Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único situado en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina

Producto del modelamiento y simulación de la Propuesta Vial 03, se obtuvieron los siguientes resultados en términos de nivel de servicio, tiempo y velocidad de recorrido. [Ver Anexo 4]

5.4.1. Nivel de Servicio de la Propuesta Vial 03

En la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales se propuso un Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda, este obtuvo un nivel de servicio “D”, es decir, la operación es inestable al menor incremento de volumen vehicular, generando colas y una baja maniobrabilidad.

En la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina se propuso un Intercambio Urbano de Punto Único, este obtuvo un nivel de servicio “B”, es decir, existen ligeros impedimentos al flujo libre, poca restricción a la maniobrabilidad, los conflictos se resuelven inmediatamente.

Tabla 83

Nivel de servicio de la Propuesta Vial 03

Punto Crítico	Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	Av. Javier Prado con Av. La Molina
Propuesta Vial 03	Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda	Intercambio Urbano de Punto Único
Nivel de Servicio	D	B

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 191

Nivel de servicio de la Propuesta Vial 03



3.1. Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en el Cruce de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales



3.2. Intercambio Urbano de Punto Único situado en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina

Nota. Adaptado de Synchro (2022).

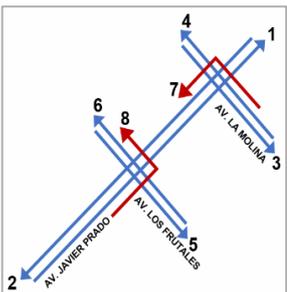
5.4.2. Tiempo de recorrido de la Propuesta Vial 03

Se compararon los tiempos de recorrido del tramo en estudio, en condiciones existentes y con la implementación de la Propuesta Vial 03. Cabe precisar que se analizaron los movimientos más críticos del tramo en estudio. Como resultado se obtuvo una reducción del tiempo en un 40%, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 84

Tiempo de Recorrido con la Propuesta Vial 03

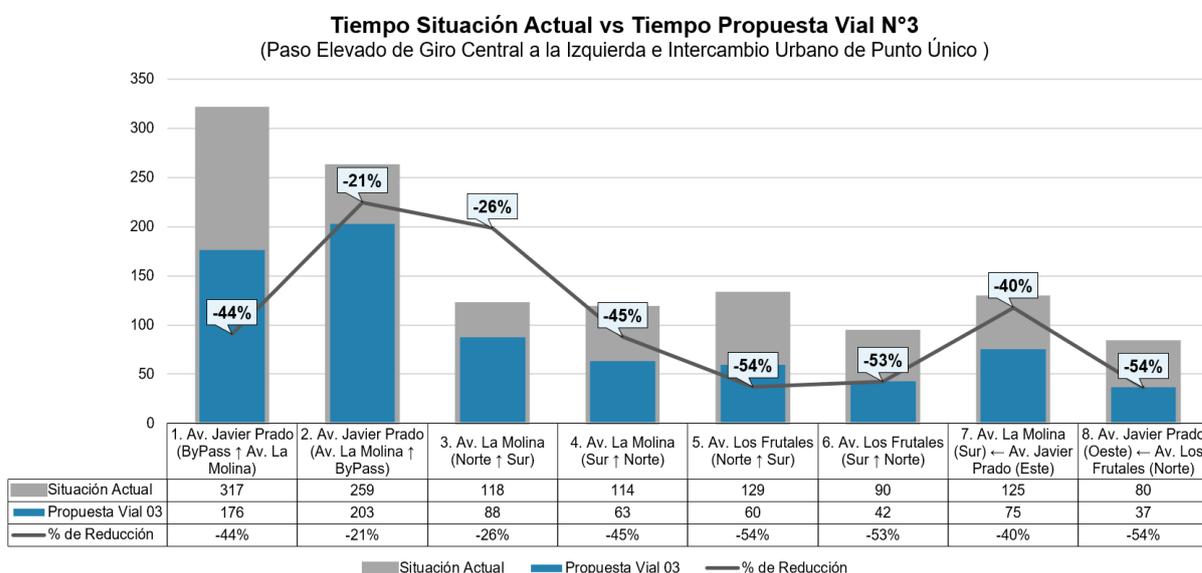
Movimientos	Situación Actual	Propuesta Vial 03	% de Reducción
1. Av. Javier Prado (ByPass ↑ Av. La Molina)	317	176	-44%
2. Av. Javier Prado (Av. La Molina ↑ ByPass)	259	203	-21%
3. Av. La Molina (Norte ↑ Sur)	118	88	-26%
4. Av. La Molina (Sur ↑ Norte)	114	63	-45%
5. Av. Los Frutales (Norte ↑ Sur)	129	60	-54%
6. Av. Los Frutales (Sur ↑ Norte)	90	42	-53%
7. Av. La Molina (Sur) ← Av. Javier Prado (Este)	125	75	-40%
8. Av. Javier Prado (Oeste) ← Av. Los Frutales (Norte)	80	37	-54%
Total	154	93	-40%



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 192

Tiempo de Recorrido con la Propuesta Vial 03



Nota. Elaborado por los autores (2022).

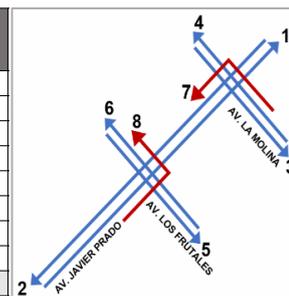
5.4.3. Velocidad de recorrido de la Propuesta Vial 03

Se compararon los tiempos de recorrido del tramo en estudio, en condiciones existentes y con la implementación de la Propuesta Vial 02. Cabe precisar que se analizaron los movimientos más críticos del tramo en estudio. Como resultado se obtuvo un incremento de la velocidad en un 34%, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 85

Velocidad de Recorrido con la Propuesta Vial 03

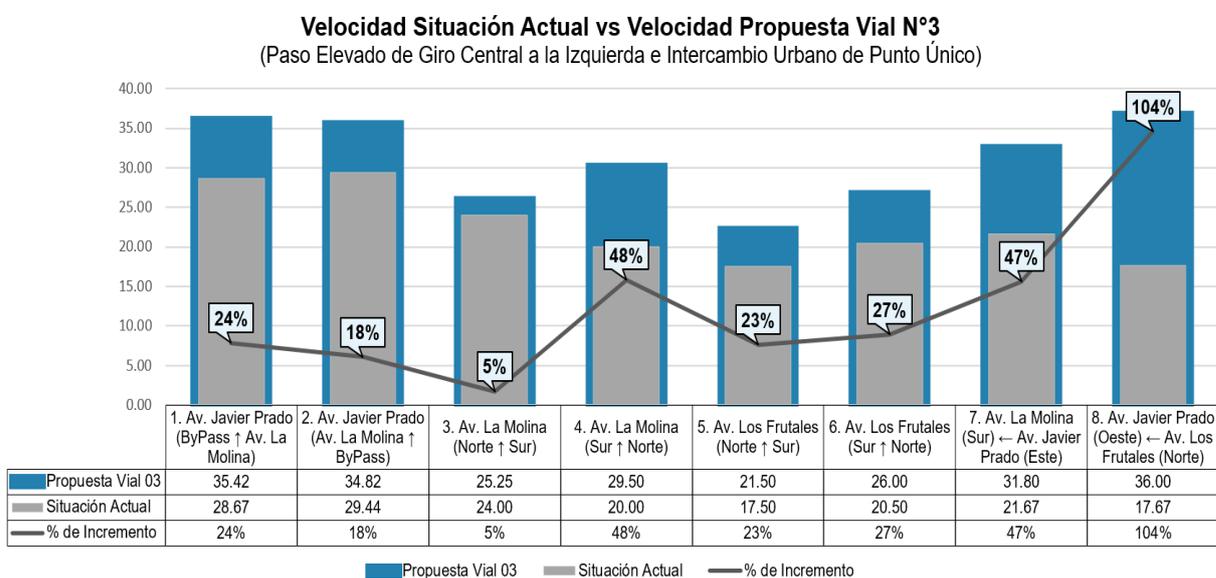
Movimientos	Situación Actual	Propuesta Vial 03	% de Incremento
1. Av. Javier Prado (ByPass ↑ Av. La Molina)	28.67	35.42	24%
2. Av. Javier Prado (Av. La Molina ↑ ByPass)	29.44	34.82	18%
3. Av. La Molina (Norte ↑ Sur)	24.00	25.25	5%
4. Av. La Molina (Sur ↑ Norte)	20.00	29.50	48%
5. Av. Los Frutales (Norte ↑ Sur)	17.50	21.50	23%
6. Av. Los Frutales (Sur ↑ Norte)	20.50	26.00	27%
7. Av. La Molina (Sur) ← Av. Javier Prado (Este)	21.67	31.80	47%
8. Av. Javier Prado (Oeste) ← Av. Los Frutales (Norte)	17.67	36.00	104%
Total	22.43	30.04	34%



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 193

Velocidad de Recorrido con la Propuesta Vial 03



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 194

Velocidad de recorrido de la Propuesta Vial 03 compuesta por el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda y el Intercambio Urbano de Punto Único



Nota. Adaptado de SimTraffic (2022)

Tomando en consideración los resultados obtenidos en base al tiempo, velocidad y nivel de servicio, se realizó el siguiente cuadro de resumen:

Tabla 86

Cuadro resumen de Tiempo de Recorrido (seg)

Promedio	Tiempo de Recorrido (seg)			
	Situación Actual	Propuesta Vial 01	Propuesta Vial 02	Propuesta Vial 03
Movimientos Críticos del Tramo en estudio	154	101	85	93

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 87

Cuadro resumen de Velocidad de recorrido (km/h)

Promedio	Tiempo de Recorrido (km/h)			
	Situación Actual	Propuesta Vial 01	Propuesta Vial 02	Propuesta Vial 03
Movimientos Críticos del Tramo en estudio	22.43	28.08	30.93	30.04

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 88

Cuadro resumen de Nivel de Servicio

Promedio	Nivel de Servicio			
	Situación Actual	Propuesta Vial 01	Propuesta Vial 02	Propuesta Vial 03
Punto Crítico 01	F	E	D	D
Punto Crítico 02	F	B	B	B

Nota. Elaborado por los autores (2022).

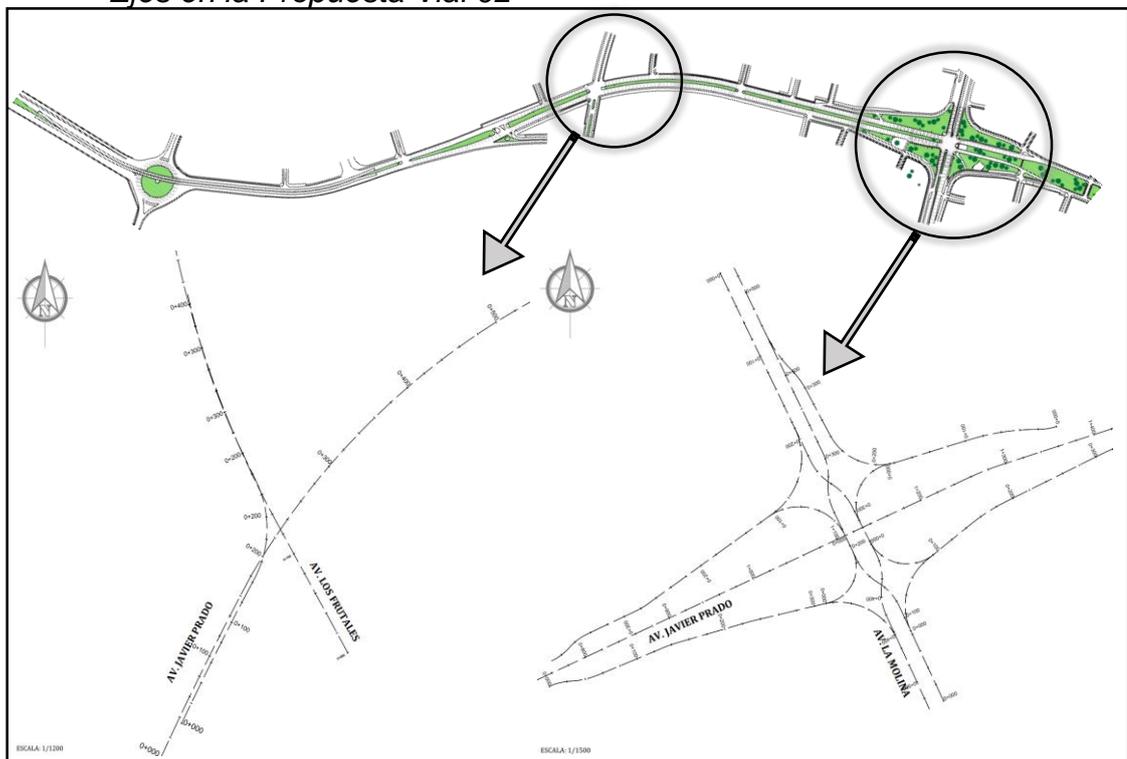
Tomando en consideración los cuadros de resumen se pudo evidenciar que la Propuesta Vial N°02 (Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda y el Intercambio Diamante Divergente) obtuvo mejores resultados en términos de tiempo, velocidad y nivel de servicio.

5.5. Diseño Geométrico Conceptual de la Propuesta Vial ganadora

Según a los resultados mostrados en los cuadros de resumen, se realizó el diseño geométrico conceptual de la Propuesta Vial 02, compuesta por el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda y el Intercambio Diamante Divergente, para ello se tomó en consideración el Informe de Intersecciones/Intercambios alternativos (AIIR) de la Administración Federal de Carreteras y el Manual DG-2018 del MTC de Perú. Cabe precisar que el Diseño fue realizado en el Programa ISTRAM ISPOL. [Ver Anexo 5,6,7 y 8]

Figura 195

Ejes en la Propuesta Vial 02



Nota. Elaborado por los autores (2022). [Ver Anexo 6]

5.5.1. Velocidad de Diseño y Radios de Giro

Tomando en consideración el Manual de Diseño Geométrico De Vías Urbanas (Chávez Loaiza, 2005) y la Tabla 302.02 de radios mínimos y peraltes máximos del Manual de Carreteras (MTC, 2018), se tiene que:

Tabla 89

Radio mínimo y peralte máximo para el diseño de las propuestas

Avenida	Velocidad de diseño	P. máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Av. Javier Prado	80	4.00	0.14	280.00	280
Av. La Molina	50	4.00	0.16	98.40	100
Av. Los Frutales	40	4.00	0.17	60.00	60

Nota. Tomado del MTC- DG (2018).

5.5.2. Parámetros Geométricos del Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda (Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales)

Vehículo de diseño

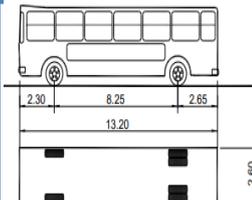
De acuerdo con el estudio de tráfico realizado, en el tramo en estudio circulan en su mayoría vehículos ligeros y un 2.14% de vehículos pesados.

Figura 196

Vehículos- Intersección Av. Javier Prado con Av. Los Frutales



Ángulo trayectoria	R máx Exterior vehículo (E)	R mín Interior Rueda (J)	Ángulo Máximo dirección
30°	13.76 m	10.17 m	20.2°
60°	14.09 m	8.68 m	30.0°
90°	14.24 m	7.96 m	34.9°



Nota. MTC (2018) – Elaboración Propia (2022).

El vehículo de diseño para el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en la intersección de la Av. Javier Prado con los Frutales será el Ómnibus de dos ejes (B2)

Tabla 90

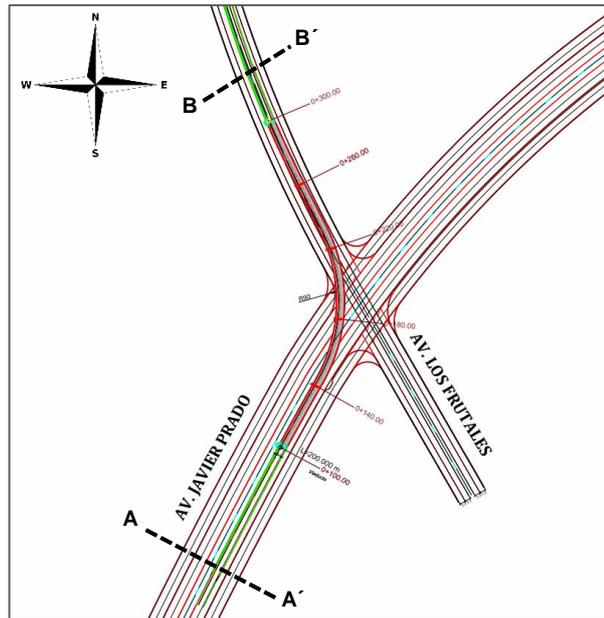
Consideraciones Geométricas para el Paso elevado de giro central a la izquierda

Consideraciones geométricas de diseño	
Parámetros	Magnitud
Vehículo de Diseño	Ómnibus de dos ejes B2 (13.2m)
Ancho de Carril de Paso Elevado	1 carril de 4.00 m
Radio de giro	90m
Velocidad de diseño	40 km/h
Altura de gálibo	5.50m

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 197

*Dibujo en Planta del Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda.
(Istram Ispol)*



Nota. Elaborado por los autores (2022). Exportado de Istram Ispol [Ver Anexo 7]

Tabla 91

Sección transversal de la Av. Javier Prado (CTOL)

Sección transversal Av. Javier Prado	
Elementos	Dimensión (m)
Vereda (zona comercial) mín.	1.50 m
Calzada derecha a nivel	12.80 (4 carriles de 3.20 m)
Calzada derecha a desnivel GI	4.00 (1 carriles de 4.00 m)
Barreras de seguridad	0.50m a cada lado
Calzada izquierda a nivel	12.80 (4 carriles de 3.20 m)

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 92

Sección transversal de la Av. Los Frutales (CTOL)

Sección transversal Av. Los Frutales	
Elementos	Dimensión (m)
Vereda (zona comercial) mín.	1.50 m
Calzada derecha	6.40 (2 carriles de 3.20 m)
Calzada derecha a desnivel GI	4.00 (1 carriles de 4.00 m)
Barreras de seguridad	0.50m a cada lado
Calzada izquierda	6.40 (2 carriles de 3.20 m)

Nota. Elaborado por los autores (2022).

En resumen, el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda logra adaptarse a la geometría vial existente de la intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales.

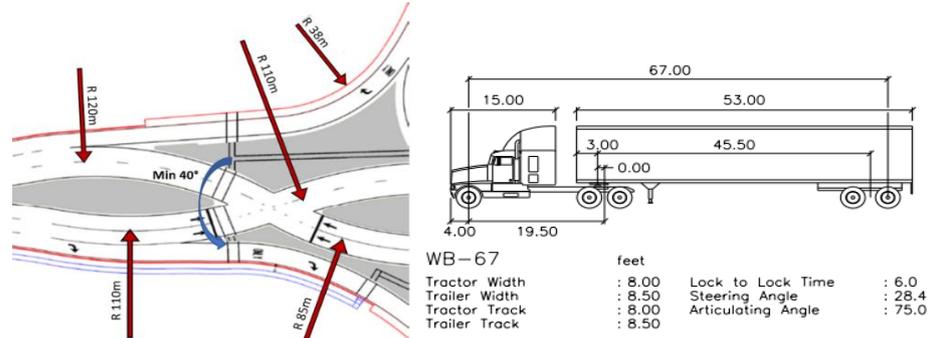
5.5.3. Parámetros Geométricos del Intercambio Diamante Divergente (Av. Javier Prado con la Av. La Molina)

Las consideraciones de diseño de un DDI aún no se encuentran normadas, sin embargo, se tiene el Informe de Intersecciones/Intercambios alternativos (AIIR) de la Administración Federal de Carreteras, de donde se resume:

Vehículo de diseño para DDI en Estados Unidos

Figura 198

Vehículo de diseño Camión WB-67



Nota. Radios y vehículo de diseño WB-67. Adaptado de la FHWA (2022)

Tabla 93

Consideraciones Geométricas para el DDI (vehículo de diseño 67m)

Vehículo de Diseño (DDI de Estados Unidos)	Camión WB-67 (longitud 67m)
Ancho de Carril	4.50 m
Ángulo de entrecruzamiento	Mínimamente 40°
Radio de giro externo de ingreso al entrecruzamiento	Aproximadamente 110m
Radio de giro interno de salida del entrecruzamiento	Aproximadamente 90m
Radio en el ramal	Aproximadamente 40m
Velocidad de entrecruzamiento	40-50 km/h

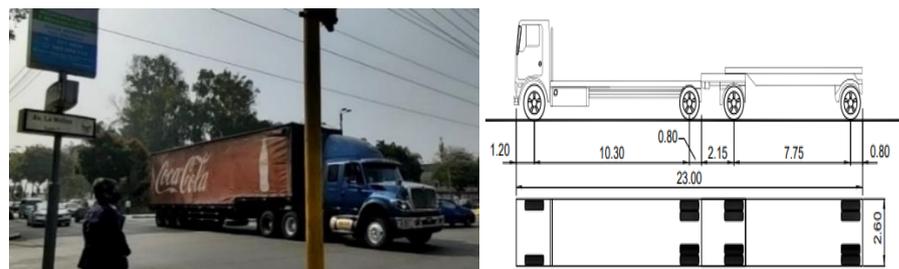
Nota. Vehículo de diseño, autobús rígido. Elaborado por los autores (2022)

Vehículo de diseño para DDI en Perú

De acuerdo con el estudio de tráfico realizado, en el tramo en estudio circulan gran cantidad de vehículos ligeros (particulares), y tan solo se tiene un 2% de vehículos pesados.

Figura 199

Vehículo de diseño Remolque Simple C2R1



Nota. Tomado del Formato de Conteo Vehicular del MTC (2018).

El vehículo de diseño para el Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina será el Remolque Simple C2R1

Tabla 94

Consideraciones Geométricas para el DDI (vehículo C2R1-23m)

Consideraciones geométricas de diseño en la Av. La Molina	
Av. La Molina	
Parámetro	Magnitud
Vehículo de Diseño (Propuesta DDI de Perú)	Remolque Simple C2R1 (23m)
Ancho de Carril	3.30 m
Vereda (zona comercial) mín.	1.50 m
Ángulo de entrecruzamiento	Mínimamente 40°
Velocidad de diseño	50 km/h
Radio de giro externo de ingreso al entrecruzamiento	100m
Radio de giro interno de salida del entrecruzamiento	100m
Radio en el ramal	40m
Pendiente min. y máx	0.5% - 5%
Bombeo	2%
Separador central	1.00 – 6.00m
Ramales	
Parámetro	Magnitud
Ancho de Carril (existente)	3.30 m
Ancho de Calzada	6.60 m
Ancho de berma (derecho)	2.60 m
Vereda (zona comercial) mín.	1.50 m
Longitud mín. de islas divisorias	30 m
Islas de canalización área mín.	4.50 – 7.00 m ²

Nota. Elaborado por los autores (2022)

Tabla 95

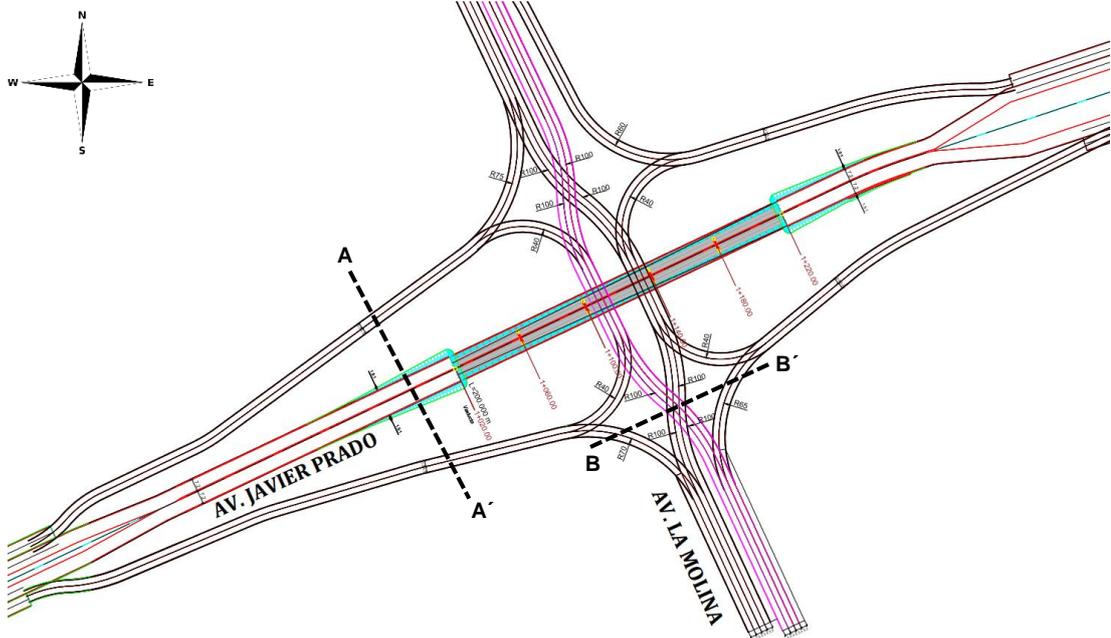
Consideraciones Geométricas para el DDI (vehículo C2R1-23m)

Consideraciones geométricas de diseño en la Av. La Molina	
Av. Javier Prado	
Parámetro	Magnitud
Vehículo de Diseño (Propuesta DDI de Perú)	Remolque Simple C2R1 (23m)
Velocidad de diseño	60km/h
Ancho de Carril	3.60 m
Gálibo	5.5
Capacidad por carril	1500 veh/h
Pendiente min.	0.50%
Bombeo	2%

Nota. Elaborado por los autores (2022)

Figura 200

Dibujo en Planta del Intercambio Diamante Divergente (Istram Ispol)



Nota. Elaborado por los autores (2022). Exportado de Istram Ispol. [Ver Anexo 7]

Tabla 96

Sección transversal de la Av. Javier Prado (DDI)

Sección Transversal Av. Javier Prado			
Elementos de vía		Dimensiones (m)	
Ramal Derecho	Giro a la derecha	2 carriles de	3.30 m
	Giro a la izquierda	2 carriles de	3.30 m
Área Verde			
Paso a desnivel Carril Izq. de 7.20m		carril 1	3.60 m
		carril 2	3.60 m
Paso a desnivel Carril Der. de 7.20m		carril 1	3.60 m
		carril 2	3.60 m
Área Verde			
Ramal izquierdo	Giro a la derecha	2 carriles de	3.30 m
	Giro a la izquierda	2 carriles de	3.30 m

Nota. Elaborado por los autores (2022).

Tabla 97

Sección transversal de la Av. Javier Prado (DDI)

Sección Transversal Av. La Molina		
Elementos de vía	Dimensiones (metros)	
Ramal izquierdo	2 carriles	3.30 m
Carril Izquierdo	4 carriles	3.30 m
Carril Derecho	4 carriles	3.30 m
Ramal derecho	2 carriles	3.30 m

Nota. Elaborado por los autores (2022).

El Intercambio Diamante Divergente logra adaptarse a la geometría vial existente de la intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina.

Después de haberse realizado el Diseño Conceptual en Istram Ispol, se exportó al programa Lumion. [Ver Anexo 9 y 10]

Figura 201

Renderizado de la Propuesta Vial Óptima (Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda e Intercambio Diamante Divergente) en Lumion



Nota. Elaborado por los autores (2022)

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Discusión de Hipótesis

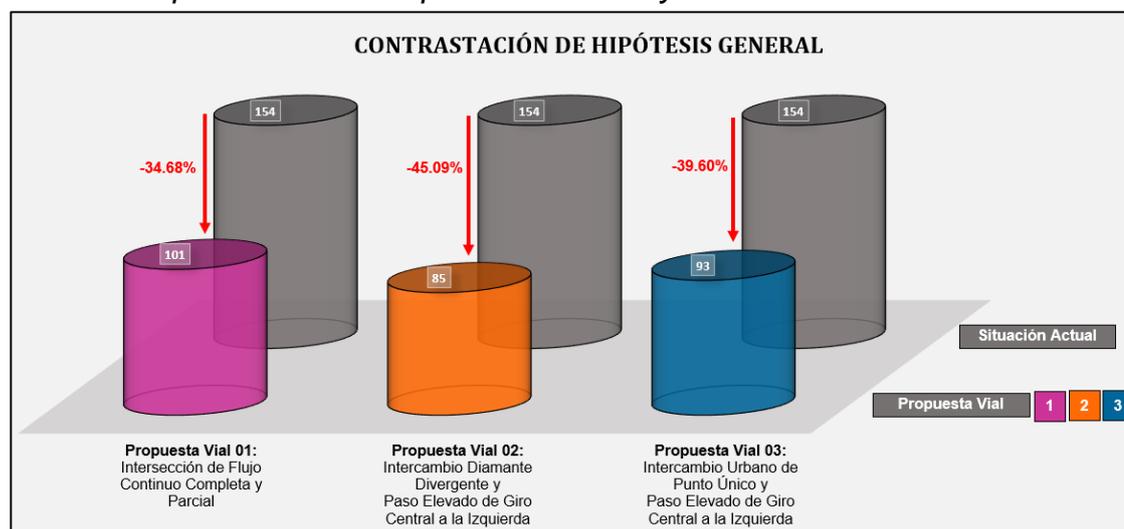
6.1.1. Contrastación de Hipótesis General

La propuesta vial optimiza en más del 40% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina ubicada en Lima Metropolitana.

La hipótesis general es válida ya que después de realizado el modelamiento y simulación, se determinó que las tres propuestas optimizan la transitabilidad notablemente; destacándose la Propuesta Vial 02 conformada por el Intercambio Diamante Divergente ubicado en la intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina y el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda ubicado en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales dado que optimiza en un 45.09% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor – Av. La Molina, reduciendo el tiempo de recorrido de 154 a 85 segundos. Asimismo, cabe precisar que se adecuan a la geometría vial existente de las intersecciones donde han sido propuestas.

Figura 202

Comparación de Tiempo de Recorrido y Nivel de Servicio



Movimientos Críticos	Nivel de Servicio			
	Situación Actual	Propuesta Vial 01	Propuesta Vial 02	Propuesta Vial 03
Punto Crítico 01: Av. Javier Prado con Av. Los Frutales	F	E	D	D
Punto Crítico 02: Av. Javier Prado con Av. La Molina	F	B	B	B

Nota. Elaborado por los autores (2022)

Tabla 98*Comparación de Tiempo de Recorrido*

Movimientos Críticos	Tiempo de Recorrido (seg)			
	Situación Actual	Propuesta Vial 01	Propuesta a Vial 02	Propuesta Vial 03
Av. Javier Prado (ByPass ↑ Av. La Molina)	317	219	167	176
Av. Javier Prado (Av. La Molina ↑ ByPass)	259	167	176	203
Av. La Molina (Norte ↑ Sur)	118	58	76	88
Av. La Molina (Sur ↑ Norte)	114	90	66	63
Av. Los Frutales (Norte ↑ Sur)	129	76	49	60
Av. Los Frutales (Sur ↑ Norte)	90	64	44	42
Av. La Molina (Sur) ← Av. Javier Prado (Este)	125	77	59	75
Av. Javier Prado (Oeste) ← Av. Los Frutales (Norte)	80	54	40	37
Promedio	154	101	85	93
% de Optimización		34.68%	45.09%	39.60%

Nota. Elaborado por los autores (2022)

Con el Intercambio Diamante Divergente, se pasó de una circulación completamente interrumpida que generaba la formación de largas colas vehiculares (Nivel de Servicio F) a una circulación estable con ligeras restricciones a la maniobrabilidad (Nivel de Servicio B)

Con el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda, se pasó de una circulación completamente interrumpida que generaba largas colas vehiculares (Nivel de Servicio F) a una circulación variable donde aún se forman colas vehiculares, pero únicamente en puntos localizados (Nivel de servicio D).

Tabla 99*Contrastación de Hipótesis General*

Hipótesis General	Métodos Aplicados	Resultados Obtenidos	Observaciones
La propuesta vial optimiza en más del 40% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina ubicada en Lima Metropolitana.	<ul style="list-style-type: none"> - Observación estructurada (puntos críticos) - Estudio de campo y tráfico - Revisión de Norma Extranjera y Nacional (Informes de la FHWA y DG-2018) - Modelamiento y simulación de propuestas en Synchro Studio 11 - Diseño geométrico conceptual en Istram Ispol - Renderizado en Lumion 	<p>Se obtuvo que la Propuesta 01 optimizó la transitabilidad en un 34.68%, reduciendo el tiempo de recorrido promedio de 154 a 101 segundos.</p> <p>Se obtuvo que la Propuesta 02 optimizó la transitabilidad en un 45.09%, reduciendo el tiempo de recorrido promedio de 154 a 85 segundos.</p> <p>Se obtuvo que la Propuesta 03 optimizó la transitabilidad en un 39.60%, reduciendo el tiempo de recorrido promedio de 154 a 93 segundos.</p>	<p>La hipótesis general es válida dado que con el modelamiento y simulación se obtuvo que las propuestas viales optimizan notablemente la transitabilidad del tramo en estudio, sobresaliendo la Propuesta vial 02.</p>

Nota. Elaborado por los autores (2022)

6.1.2. Contrastación de Hipótesis Específicas

6.1.2.1. Contrastación de hipótesis 01

H1: La identificación de puntos críticos contribuye con la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

La hipótesis 01 es válida ya que permitió plantear propuestas viales más eficientes y que mejor se adecuan a la geometría vial existente de aquellos puntos que presentan un elevado nivel de congestión vehicular, haciendo que se optimice la transitabilidad en los puntos críticos y por consecuencia en el tramo en estudio. Cabe precisar que el Punto Crítico N°01 está situado en la intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina y el Punto crítico 02 está situado en la intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales.

Tabla 100

Contrastación de Hipótesis Específica 01

Hipótesis específica	Métodos Aplicados	Resultados Obtenidos	Observaciones
<p>H1: La identificación de puntos críticos contribuye con la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión documental - Observación estructurada - Inspección visual - Observación estructurada 	<p>Se identificaron los siguientes puntos críticos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Intersección de Av. Javier Prado con Av. La Molina. 2. Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales <p>Se contribuyó a la optimización de la transitabilidad del tramo en estudio, ya que permitió:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Plantear propuestas viales más eficientes. 2. Plantear propuestas viales que mejor se adecuan a la geometría vial existente. 3. Permitted focalizar los estudios de campo y de tráfico. 	<p>La hipótesis específica 01 es válida ya que permitió plantear propuestas viales más eficientes y que mejor se adecuan a la geometría vial existente de las intersecciones críticas. Contribuyendo así a la optimización de la transitabilidad del tramo en estudio.</p>

Nota. Elaborado por los autores (2022)

Figura 203

Puntos críticos en el Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina



Nota. Elaborado por los autores (2022)

6.1.2.2. Contrastación de hipótesis 02

H2: La Propuesta Vial de Intersección de Flujo Continuo en los cruces de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la Av. La Molina optimiza en más del 30% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor-Av. La Molina.

La hipótesis 02 es válida, ya que se pudo evidenciar que la Propuesta Vial optimiza en un 34.68% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor – Av. La Molina, lo que se traduce en una reducción promedio del tiempo de recorrido de 154 a 101 segundos.

Con la Intersección de Flujo Continuo Parcial situado en el cruce de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales, se pasó de una circulación completamente interrumpida que generaba largas colas vehiculares (Nivel de Servicio F) a una circulación inestable, donde es imposible efectuar adelantamientos (Nivel de Servicio E).

Con la Intersección de Flujo Continuo Completa situada en el cruce de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina, se pasó de una circulación completamente interrumpida que generaba la formación de largas colas vehiculares (Nivel de Servicio F) a una circulación estable con ligeras restricciones a la maniobrabilidad (Nivel de Servicio B).

Tabla 101

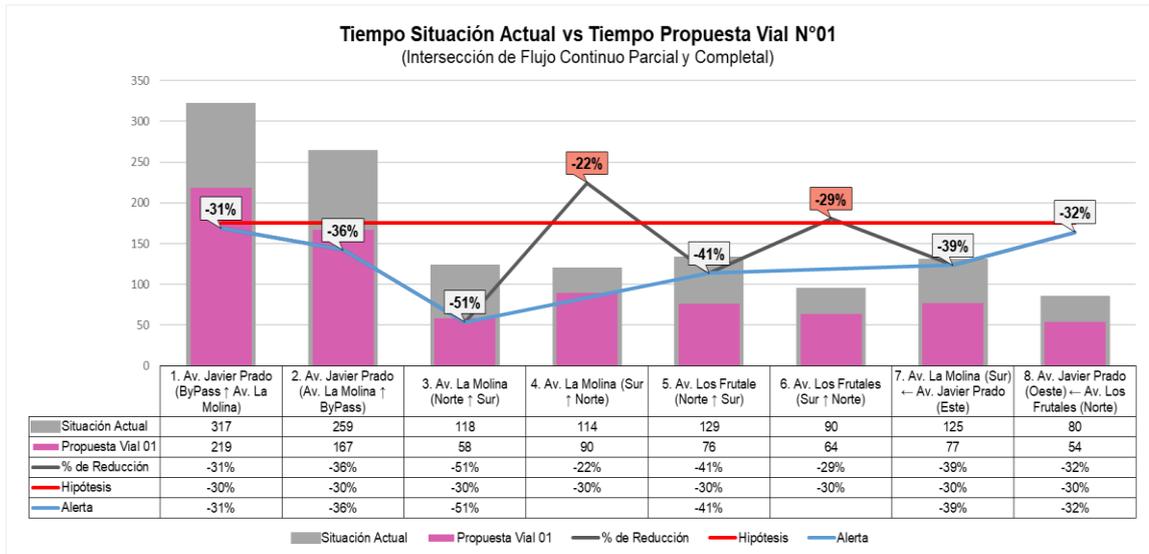
Contrastación de Hipótesis Específica 02

Hipótesis específica	Métodos Aplicados	Resultados Obtenidos	Observaciones
<p>H2: La Propuesta Vial de Intersección de Flujo Continuo en los cruces de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la Av. La Molina optimiza en más del 30% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de campo y tráfico - Revisión de Norma Extranjera y Nacional (Informes de la FHWA y DG-2018) - Modelamiento y simulación de propuestas en Synchro Studio 11 	<p>Se obtuvo que la Propuesta Vial optimizó la transitabilidad en un 34.68%, reduciendo el tiempo de recorrido promedio de 154 a 101 seg.</p> <p>El cruce de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales pasó de tener una circulación interrumpida a una inestable. (Nivel de servicio F a E)</p> <p>El cruce de la Av. Javier Prado con Av. La Molina pasó de tener una circulación interrumpida a una estable. (Nivel de servicio F a B)</p>	<p>La hipótesis específica 02 es válida dado que, con el modelamiento y simulación, se obtuvo que la Propuesta vial 01 optimiza notablemente la transitabilidad del tramo en estudio.</p>

Nota. Elaborado por los autores (2022)

Figura 204

Contrastación de Hipótesis Específica 02



Nota. Elaborado por los autores (2022).

6.1.2.3. Contrastación de hipótesis 03

H3: La Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina optimiza en más del 40% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

La hipótesis 03 es válida, ya que se pudo evidenciar que la Propuesta Vial optimiza en un 45.09% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor – Av. La Molina, lo que se traduce en una reducción promedio del tiempo de recorrido de 154 a 85 segundos.

Con el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda, se pasó de una circulación completamente interrumpida que generaba largas colas vehiculares (Nivel de Servicio F) a una circulación variable donde aún se forman colas vehiculares, pero únicamente en puntos localizados. (Nivel de Servicio D).

Con el Intercambio Diamante Divergente, se pasó de una circulación completamente interrumpida que generaba la formación de largas colas vehiculares (Nivel de Servicio F) a una circulación estable con ligeras restricciones a la maniobrabilidad (Nivel de Servicio B)

Tabla 102

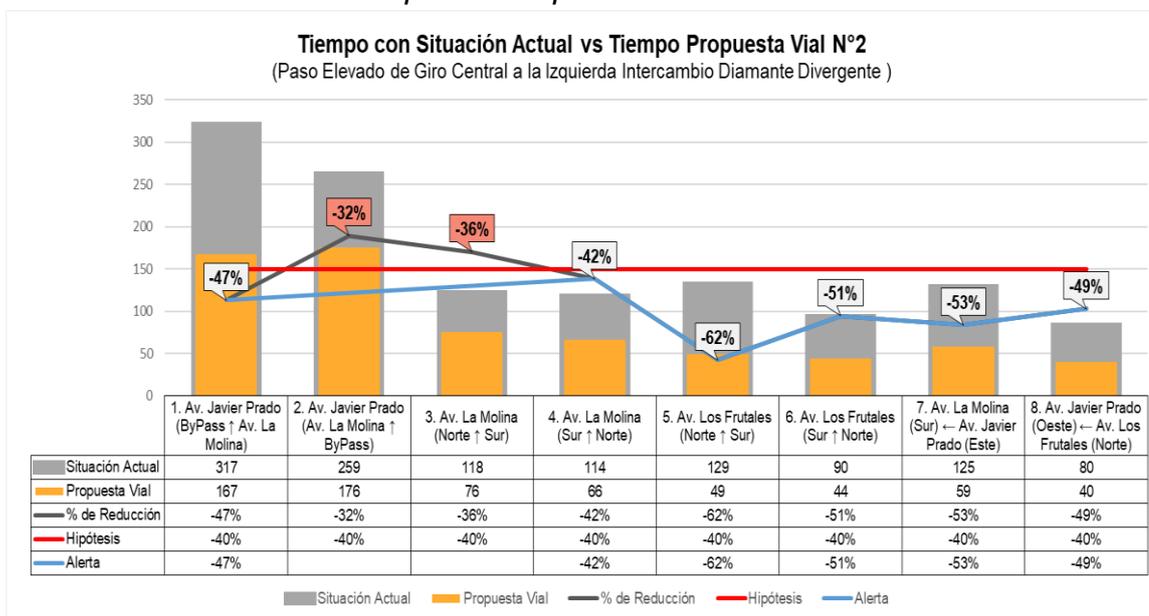
Contrastación de Hipótesis Específica 03

Hipótesis específica	Métodos Aplicados	Resultados Obtenidos	Observaciones
<p>H3: La Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina optimiza en más del 40% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de campo y tráfico - Revisión de Norma Extranjera y Nacional (Informes de la FHWA y DG-2018) - Modelamiento y simulación de propuestas en Synchro Studio 11 - Diseño geométrico conceptual en Istram Ispol - Renderizado en Lumion 	<p>Se obtuvo que la Propuesta Vial optimizó la transitabilidad en un 45.09%, reduciendo el tiempo de recorrido promedio de 154 a 85 seg. El cruce de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales pasó de tener una circulación interrumpida a una variable. (Nivel de servicio F a D) El cruce de la Av. Javier Prado con Av. La Molina pasó de tener una circulación interrumpida a una estable. (Nivel de servicio F a B)</p>	<p>La hipótesis específica 03 es válida dado que, con el modelamiento y simulación, se obtuvo que la Propuesta vial 02 optimiza notablemente la transitabilidad del tramo en estudio.</p>

Nota. Elaborado por los autores (2022)

Figura 205

Contrastación de Hipótesis Específica 03



Nota. Elaborado por los autores (2022).

6.1.2.4. Contrastación de hipótesis 04

H4: La Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina optimiza en más del 35% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

La hipótesis 04 es válida, ya que se pudo evidenciar que la Propuesta Vial optimiza en un 39.60% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor – Av. La Molina, lo que se traduce en una reducción promedio del tiempo de recorrido de 154 a 93 segundos.

Con el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda, se pasó de una circulación completamente interrumpida que generaba largas colas vehiculares (Nivel de Servicio F) a una circulación variable donde aún se forman colas vehiculares, pero únicamente en puntos localizados. (Nivel de Servicio D).

Con el Intercambio Urbano de Punto Único, se pasó de una circulación completamente interrumpida que generaba la formación de largas colas vehiculares (Nivel de Servicio F) a una circulación estable con ligeras restricciones a la maniobrabilidad (Nivel de Servicio B)

Tabla 103

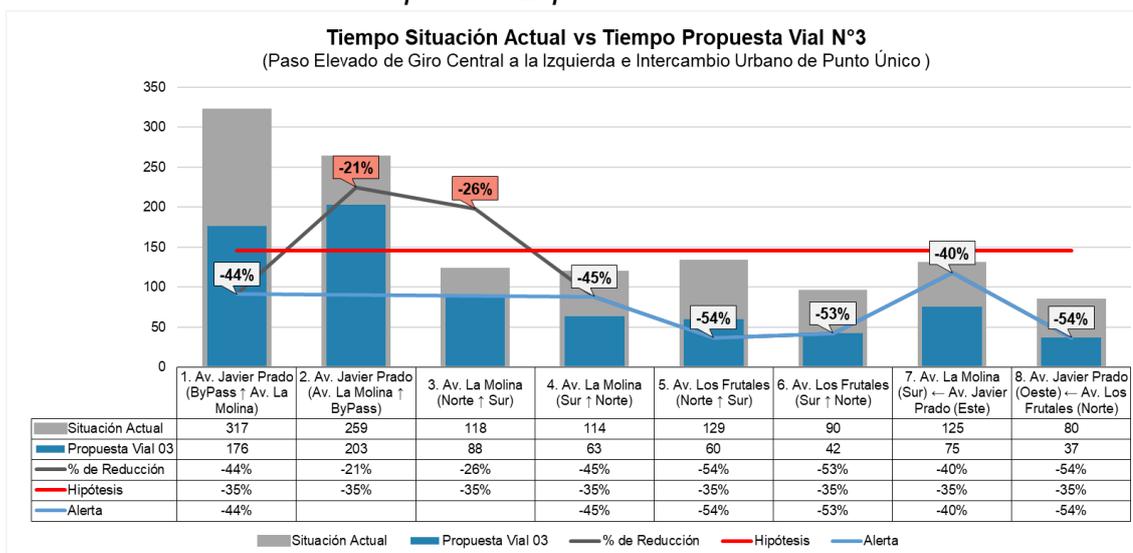
Contrastación de Hipótesis Específica 04

Hipótesis específica	Métodos Aplicados	Resultados Obtenidos	Observaciones
<p>H4: La Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina optimiza en más del 35% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de campo y tráfico - Revisión de Norma Extranjera y Nacional (Informes de la FHWA y DG-2018) - Modelamiento y simulación de propuestas en Synchro Studio 11 	<p>Se obtuvo que la Propuesta Vial optimizó la transitabilidad en un 39.60%, reduciendo el tiempo de recorrido promedio de 154 a 93 seg.</p> <p>El cruce de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales pasó de tener una circulación interrumpida a una variable. (Nivel de Servicio F a D)</p> <p>El cruce de la Av. Javier Prado con Av. La Molina pasó de tener una circulación interrumpida a una estable. (Nivel de servicio F a B)</p>	<p>La hipótesis específica 04 es válida dado que, con el modelamiento y simulación, se obtuvo que la Propuesta vial 03 optimiza notablemente la transitabilidad del tramo en estudio.</p>

Nota. Elaborado por los autores (2022)

Figura 206

Contrastación de Hipótesis Específica 04



Nota. Elaborado por los autores (2022).

6.1.2.5. Contrastación de hipótesis 05

H5: La elaboración del Diseño Geométrico Conceptual de la propuesta vial óptima contribuye con la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.

La hipótesis 05 es válida, dado que permitió evaluar y determinar la viabilidad de la propuesta ganadora en términos de geometría vial; ello mediante la elaboración de planos en planta, sección transversal y un renderizado 3D, donde se observa como la propuesta vial 02 tiene un diseño eficiente que se acomoda a la geometría vial existente y aprovecha las áreas de terreno disponible para su construcción, contribuyendo de esta manera con la optimización del tramo en estudio.

Tabla 104

Contrastación de Hipótesis Específica 05

Hipótesis específicas	Métodos Aplicados	Resultados Obtenidos	Observaciones
H5: La elaboración del diseño geométrico conceptual de la propuesta vial óptima contribuye con la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.	- Diseño geométrico conceptual con Istram Ispol - Revisión de Norma Extranjera y Nacional (Informes de la FHWA y DG-2018) - Visualización en Lumion	Se elaboró planos y render, donde se observó la adaptación de ambas propuestas a la geometría vial existente, el Intercambio Diamante Divergente utiliza los ramales existentes. Asimismo, el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda usa los separadores centrales como soporte principal.	La hipótesis específica 05 es válida dado que con el diseño geométrico se pudo comprobar que la Propuesta Vial 02 es óptima tanto en términos de transitabilidad como de geometría vial ya que logra adaptarse a la geometría vial existente y aprovecha las áreas de terreno disponible para su construcción.

Nota. Elaborado por los autores (2022)

6.2. Discusión de Resultados

6.2.1. Contrastación con antecedente nacional

Vertiz Zavaleta, J.C. & Ramon Avalos, V.E. (2020) en su tesis “Propuesta de mejora de niveles de servicio en la intersección vial entre la carretera Panamericana Sur km 37.5 y el puente Arica en la ciudad de Lima” estudio para optar el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, concluyeron que la propuesta de Intercambio Diamante Divergente obtuvo un nivel de servicio “A” para el sentido Este y “B” para el sentido Oeste, siendo más eficiente que la propuesta de intersección semaforizada con carril exclusivo de giro a la derecha.

Tabla 105

Contrastación con antecedentes nacionales

Antecedente Internacional	Métodos Aplicados	Resultados Obtenidos	Observaciones
Vertiz & Ramon (2020) en su tesis “Propuesta de mejora de niveles de servicio en la intersección vial entre la carretera Panamericana Sur km 37.5 y el puente Arica en la ciudad de Lima”	-Estudio de campo y tráfico -Estudio topográfico - Revisión de Norma Extranjera y Nacional (Informes de la FHWA y DG-2018) -Modelamiento y simulación de propuestas en Synchro Studio 8.0	Se realizó el modelamiento y simulación de una Intersección donde obtuvo un nivel de servicio F para la situación actual; con la propuesta Giro Exclusivo hacía la derecha obtuvo un nivel de servicio "A" en ambos sentidos, mientras que con la propuesta de Intercambio Diamante Divergente obtuvo un nivel de servicio "A" para el sentido Este y "B" para el sentido Oeste	Los resultados coinciden con los obtenidos en la presente investigación, dado que el nivel de servicio de la situación actual es F, asimismo, tanto para el sentido Oeste- Este, Norte-Sur y viceversa, se obtuvieron niveles de servicio entre "B" y "A", La diferencia radica en que Vertiz&Ramon propusieron esta alternativa de solución al ingreso de la ciudad de Lima, es decir donde se presentan flujos libres, sin embargo, en la presente investigación se realizó la propuesta en una zona urbana con flujos interrumpidos.

Nota. Elaborado por los autores (2022)

6.2.2. Contrastación con antecedente internacional

Ramadhan (2019) en su tesis “Comparación de Intercambio Urbano de Punto Único e Intercambio Diamante Divergente mediante simulación” Estudio para optar el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Civil, Universidad de Dayton- Estados Unidos, determinó la demora promedio para el: Intercambio Convencional CDI existente (261seg), Intercambio Convencional CDI modificado (35seg), Intercambio Urbano de Punto Único SPUI (29seg), Intercambio Diamante Divergente DDI (16seg) y finalmente como nivel de servicio se obtuvo CDI existente (D), CDI modificado (D), SPUI (C), DDI (B); concluyendo que la propuesta óptima fuese el Intercambio Diamante Divergente (DDI).

Cabe precisar que Ramadhan planteó las propuestas entre las carreteras I-75 y Austin Boulevard en la ciudad Miamisburg, EE.UU. donde los volúmenes vehiculares, la geometría vial y la operación por parte de los conductores es completamente diferente, es así como se demuestra la funcionabilidad del Intercambio Diamante Divergente en diferentes realidades.

Tabla 106

Contrastación con antecedentes internacionales

Antecedente Internacional	Métodos Aplicados	Resultados Obtenidos	Observaciones
Ramadhan (2019) en su investigación: “Comparación de Intercambio Urbano de Punto Único e Intercambio Diamante Divergente mediante simulación” Estados Unidos.	- Estudio de campo - Sistema de Gestión de Datos del Sistema de Transporte - Departamento de Transporte (ODOT) - Modelamiento y simulación de propuestas en Synchro Studio 10 y PTV Vissim	Concluyó que el Intercambio Diamante Divergente redujo el tiempo de recorrido de 261 a 16 seg, pasando de un nivel de servicio D a B. Por otra parte, el Intercambio Urbano de Punto Único redujo el tiempo de recorrido de 261 a 29 seg, pasando de un nivel de servicio D a C.	Los resultados coinciden con los obtenidos en la presente investigación, donde el Intercambio Diamante Divergente (DDI) redujo el tiempo de recorrido promedio de 154 a 85 seg, pasando de un nivel de servicio F a B. Intercambio Urbano de Punto Único (SPUI) redujo el tiempo de recorrido promedio de 154 a 93 seg, pasando de un nivel de servicio F a B.

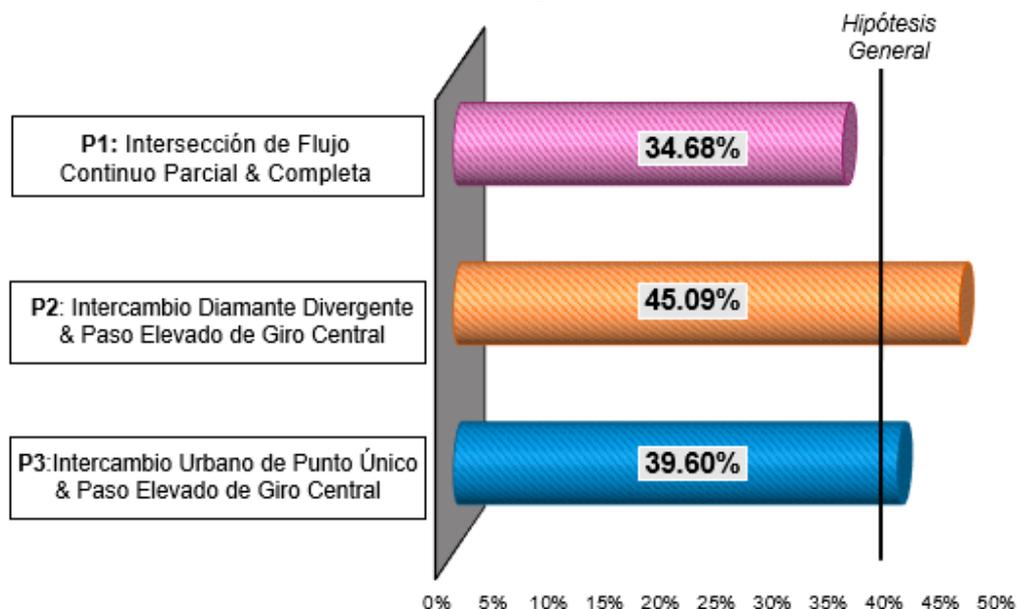
Nota. Elaborado por los autores (2022)

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con los resultados de la investigación, se determinó que las tres propuestas viales optimizan la transitabilidad notablemente, destacándose la Propuesta Vial 02 compuesta por el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda ubicado en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. Los Frutales y el Intercambio Diamante Divergente ubicada en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina, ya que optimiza en un 45.09% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor-Av. La Molina, disminuyendo el tiempo de recorrido de 154 a 85 segundos; Cabe precisar que la infraestructura de ambos diseños se adecúa a la geometría vial del terreno existente.

Figura 207

Determinación de Propuesta Vial ganadora



Nota. Elaborado por los autores (2022)

2. A través de la inspección visual, categorización de las vías, vuelos de dron para reconocimiento del lugar y análisis del tráfico, se identificaron dos puntos críticos:
 1. Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina
 2. Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales

3. La Propuesta Vial compuesta **por la Intersección de Flujo Continúo ubicada en los cruces de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y Av. La Molina** optimiza en un 34.68% la transitabilidad del tramo en estudio; permitiendo reducir el tiempo de recorrido de 154 a 101 segundos.

Con ello el cruce de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales pasó de tener una circulación completamente interrumpida (Nivel de servicio F) a una circulación inestable, donde es imposible efectuar adelantamientos (Nivel de servicio E).

Asimismo, el cruce de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina pasó de tener una circulación completamente interrumpida (Nivel de servicio F) a una circulación estable (Nivel de servicio B).
4. La Propuesta Vial compuesta por el Paso Elevado de Giro Central a la izquierda ubicada en la Av. Los Frutales y el Intercambio Diamante Divergente ubicada en el cruce de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina, optimiza en un 45.09% la transitabilidad del tramo en estudio; permitiendo reducir el tiempo de recorrido de 154 a 85 segundos.

Con ello el cruce de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales pasó de tener una circulación completamente interrumpida (Nivel de servicio F) a una circulación variable con formación de colas en puntos localizados (Nivel de servicio D).

Asimismo, el cruce de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina pasó de tener una circulación completamente interrumpida (Nivel de servicio F) a una circulación estable (Nivel de servicio B).
5. La Propuesta Vial compuesta por el Paso Elevado de Giro Central a la izquierda ubicada en la Av. Los Frutales y el Intercambio Urbano de Punto Único ubicada en el cruce de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina, optimiza en un 39.60% la transitabilidad del tramo en estudio; permitiendo reducir el tiempo de recorrido de 154 a 93 segundos.

Con ello el cruce de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales pasó de tener una circulación completamente interrumpida (Nivel de servicio F) a una circulación variable con formación de colas en puntos localizados (Nivel de servicio D).

Asimismo, el cruce de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina pasó de tener una circulación completamente interrumpida (Nivel de servicio F) a una circulación estable (Nivel de servicio B).

6. El Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda aprovecha los separadores centrales como soporte principal de la estructura, mientras tanto el Intercambio Diamante Divergente tiene un diseño geométrico que se adecua a la geometría vial existente; asimismo, ambos facilitan el desplazamiento de altos volúmenes vehiculares que giran a la izquierda, como consecuencia disminuyen los puntos de conflicto y tiempos de recorrido, logrando optimizar la transitabilidad de la Av. Javier Prado.
7. El diseño geométrico de la Propuesta Vial N°2 compuesta por el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda y el Intercambio Diamante Divergente se adecua al área de terreno disponible de la zona de estudio; asimismo, facilita el desplazamiento óptimo de vehículos que giran a la izquierda y disminuye los puntos de conflicto.
8. Se constató que la construcción del paso a desnivel del Óvalo Monitor Huáscar trajo consigo un incremento del volumen vehicular de las ya congestionadas Av. La Molina y Av. Los Frutales que intersecan con la Av. Javier Prado, particularmente en el sentido Oeste – Este, y con ello se justifica la modificación del diseño vial existente a través de propuestas viales innovadoras.

RECOMENDACIONES

1. Adaptar e implementar la Intersección de Flujo Continuo en cruces donde se presente un considerable volumen de giros a la izquierda, particularmente si no se cuenta con los fondos necesarios para la construcción de un Intercambio Vial, representa una solución a mediano plazo.
2. Adaptar e implementar el Intercambio Diamante Divergente en intersecciones donde se presenten grandes volúmenes de giro a la izquierda y de movimientos directos, particularmente si se requiere de soluciones a largo plazo, es ideal para reemplazar Intercambios Viales que ya superaron su capacidad vial.
3. Adaptar e implementar el Intercambio Urbano de Punto Único en intersecciones donde se presenten grandes volúmenes de giro tanto a la derecha como a la izquierda, particularmente si se cuenta con un área disponible bastante considerable, tomar en cuenta que de acuerdo con los antecedentes es uno de los más caros al momento de construir.
4. Adaptar e implementar el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda en Intersecciones donde se presenten altos volúmenes de giro a la izquierda, pero donde no se cuente con el área mínima para hacer un rediseño a nivel o desnivel, tomar en consideración que los separadores centrales son empleados como ingreso y salida del Paso Elevado.
5. Tomar en consideración los innovadores diseños viales propuestos por la Administración Federal de Carreteras en colaboración con el Departamento de Transporte de los Estados Unidos, como alternativa de solución a los problemas de congestión vehicular de la ciudad de Lima y demás regiones del Perú.
6. Actualizar el catálogo de diseño de intercambio viales que contempla el manual de DG- 2018 e integrar nuevas propuestas viales que son diseñados acorde con la problemática actual, asimismo se recomienda profundizar el tema de intercambios viales dentro del manual DG-2018.
7. Analizar los problemas de transitabilidad de manera integral, de modo que se identifique el impacto de las mejoras realizadas en un determinado sector.

8. Utilizar herramientas más actualizadas como el dron, ya que permite realizar los estudios de tráfico más exactos y en el menor tiempo posible, asimismo permite obtener ortofotos (información topográfica más exacta y de mayor detalle del lugar de estudio).
9. Continuar con el estudio estructural del proyecto para poder darle mayor profundidad a esta investigación y sirva como una alternativa de solución viable para reducir la congestión vehicular en las diferentes intersecciones con congestión vehicular.
10. Capacitar a los estudiantes de pregrado en programas como Synchro Studio, Istram Ispol y Lumion, dado que les permitirá agilizar la etapa de simulación, modelado, diseño geométrico y renderizado de infraestructura viales.
11. Firmar convenios entre la Universidad de San Martín de Porres y Empresas que ofrecen programas de vanguardia para la especialidad de trasportes e infraestructura vial, a fin de contribuir en la formación de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

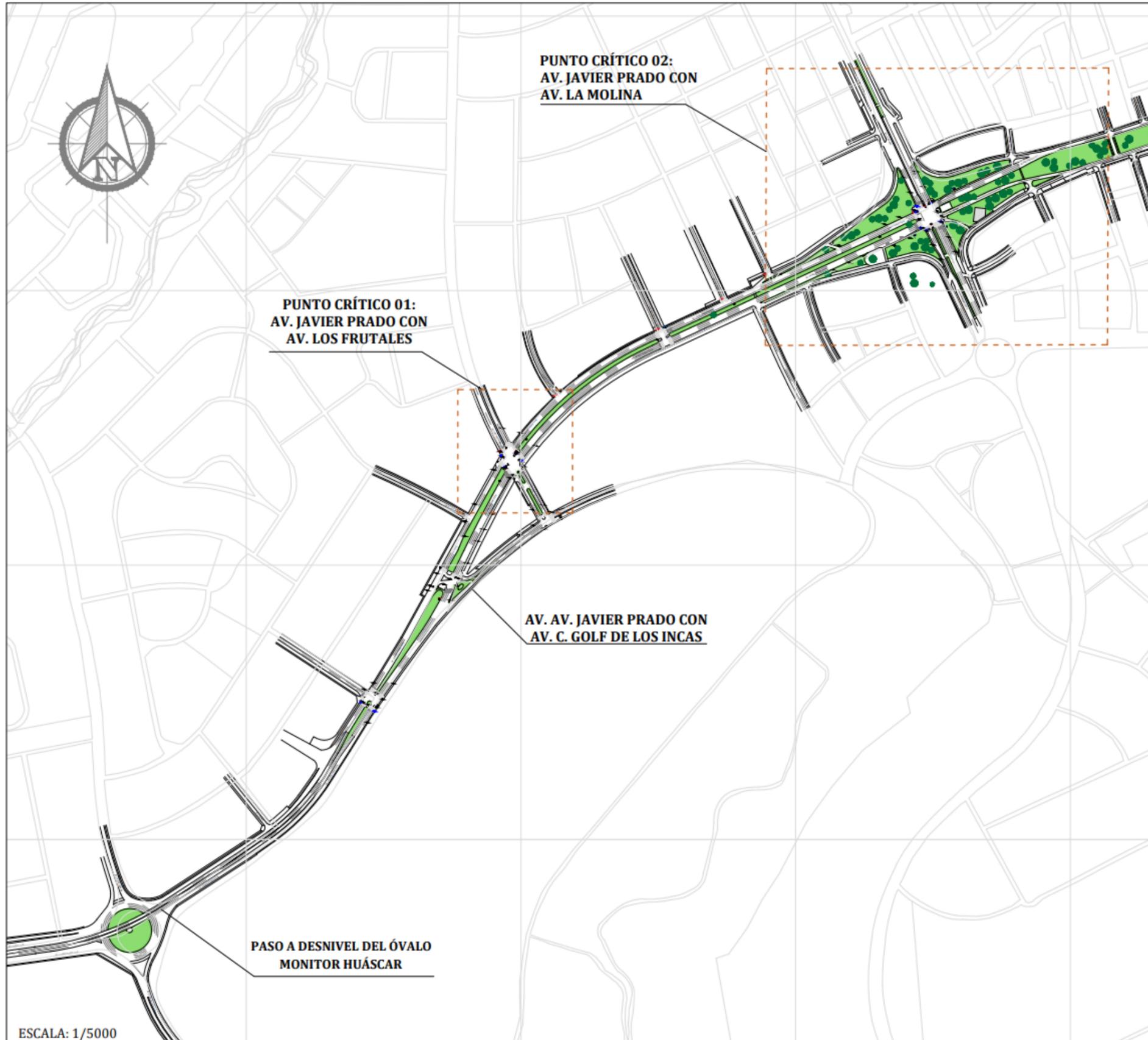
ANEXOS

	Página
Anexo 1. Matriz de Consistencia	238
Anexo 2. Puntos Críticos en la Av. Javier Prado	239
Anexo 3. Adaptación de Propuestas Viales Innovadoras	241
Anexo 4. Resultados de las Propuestas Viales Planteadas por nodos	248
Anexo 5. Proceso de Diseño Geométrico Conceptual de la Propuesta Vial ganadora (Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda e Intercambio Diamante Divergente) en el Programa Istram Ispol	254
Anexo 6. Progresivas de la Propuesta Vial ganadora	264
Anexo 7. Diseño Geométrico Conceptual en planta de la Propuesta Vial Ganadora	267
Anexo 8. Secciones Transversales de la Propuesta Vial Ganadora	270
Anexo 9. Proceso de Renderizado en Lumion de la Propuesta Vial Ganadora	273
Anexo 10. Renderizado en Lumion de la Propuesta Vial Ganadora	276
Anexo 11. Proyección de intercambios viales en el tramo en estudio	279
Anexo 12. Recorrido de la Futura Línea 04 de Lima	280

Anexo 1. Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
						
Título de Tesis: PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA						
Elaborado por: Jhan Maco Alcahua Juro Shauny Yerelin Yerba Mamani						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			
¿En qué medida la propuesta vial optimiza la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina ubicada en Lima Metropolitana?	Determinar en qué medida la propuesta vial optimiza la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina ubicada en Lima Metropolitana	La propuesta vial optimiza en más del 40% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina ubicada en Lima Metropolitana.	X: PROPUESTA VIAL	Puntos críticos en el Tramo en estudio	Categorización de vías Configuración geométrica Volumen vehicular	Enfoque Cuantitativo
				Propuesta vial 01: Intersección de Flujo Continuo en los cruces de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la Av. La Molina	Estudio de campo Estudio de tráfico Representación en planta Modelamiento y simulación	Tipo Aplicativa
				Propuesta vial 02: Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina.	Estudio de campo Estudio de tráfico Representación en planta Modelamiento y simulación	Nivel de Investigación Explicativo
				Propuesta vial 03: Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina	Estudio de campo Estudio de tráfico Representación en planta Modelamiento y simulación	Diseño de investigación Experimental
Diseño Geométrico Conceptual y Visualización 3D de la Propuesta Vial Óptima con Istram Ispol y Lumion	Plano en planta Modelamiento en 3D					
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	Dimensión	Indicador	Muestra
¿De qué manera la identificación de puntos críticos influye en la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina?	Identificar puntos críticos para optimizar la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.	La identificación de puntos críticos contribuye con la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.	Y: TRANSITABILIDAD	Parámetros de Eficiencia	Tiempo (seg)	La población está conformada por la Av. Javier Prado. La muestra consiste en 2km de la Av. Javier Prado que inicia en el Óvalo Monitor y culmina en la Av. La Molina, dentro del tramo se identificaron dos puntos críticos: 1. Av. Javier Prado con Av. La Molina 2. Av. Javier Prado con Av. Los Frutales Se utilizó el muestreo no probabilístico debido a que la elección fue intencional y en base al criterio de expertos e interés de los investigadores.
¿En qué medida la Propuesta Vial de Intersección de Flujo Continuo en los cruces de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y Av. La Molina influye en la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina?	Determinar en qué medida la Propuesta Vial de Intersección de Flujo Continuo en los cruces de las Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la Av. La Molina influye en la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina	La Propuesta Vial de Intersección de Flujo Continuo en los cruces de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la Av. La Molina optimiza en más del 30% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.				Instrumentos Para obtener datos: Durante el estudio preliminar y de campo se utiliza la técnica de la observación. El estudio de tráfico agrupa instrumentos mecánicos y electrónicos como las cámaras de video, contador manual, formatos del MTC y dron, mientras que para el levantamiento topográfico se utiliza la estación total. Para procesar los datos: Se utilizaron los Manuales del MTC, HCM 2010, Libro Verde de la AASHTO, Informes de la FHWA y los Departamentos de Transportes de los EE.UU. Asimismo la herramienta Excel, Paquete Synchro para la simulación vehicular, Autocad e Istram Ispol para el diseño geométrico.
¿En qué medida la Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina influye en la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina?	Determinar en qué medida la Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina influye en la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina	La Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina optimiza en más del 40% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.				Procedimiento 1. Estudios preliminares 2. Determinación de intersecciones críticas 3. Estudio de campo 4. Estudio de tráfico 5. Representación en planta del tramo en estudio 6. Representación en planta de las propuestas viales. 7. Modelamiento, simulación y evaluación de las propuestas viales en Synchro Studio 11 8. Representación en planta de las propuestas viales 9. Diseño geométrico de la propuesta vial óptima en Istram Ispol. 10. Visualización 3D en el Software Lumion
¿En qué medida la Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina influye en la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina?	Determinar en qué medida la Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina influye en la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina	La Propuesta Vial de Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina optimiza en más del 35% la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.				
¿En qué medida el diseño geométrico conceptual de la propuesta vial ganadora influye en la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina?	Elaborar el diseño geométrico conceptual de la propuesta vial ganadora para optimizar la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.	La elaboración del diseño geométrico conceptual de la propuesta vial ganadora contribuye con la optimización de la transitabilidad de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina.				

ANEXO 2.
PUNTOS CRÍTICOS EN LA AV. JAVIER PRADO



ESCALA: 1/5000



ESCALA: 1/25000


UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JA VIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 TRAMO ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

ESPECIALIDAD:
 DETALLE EN PLANTA DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA (PUNTOS CRÍTICOS)

TESISTAS:
 ALCCA HUA JURO JHAN MARCO (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA:
INDICADA

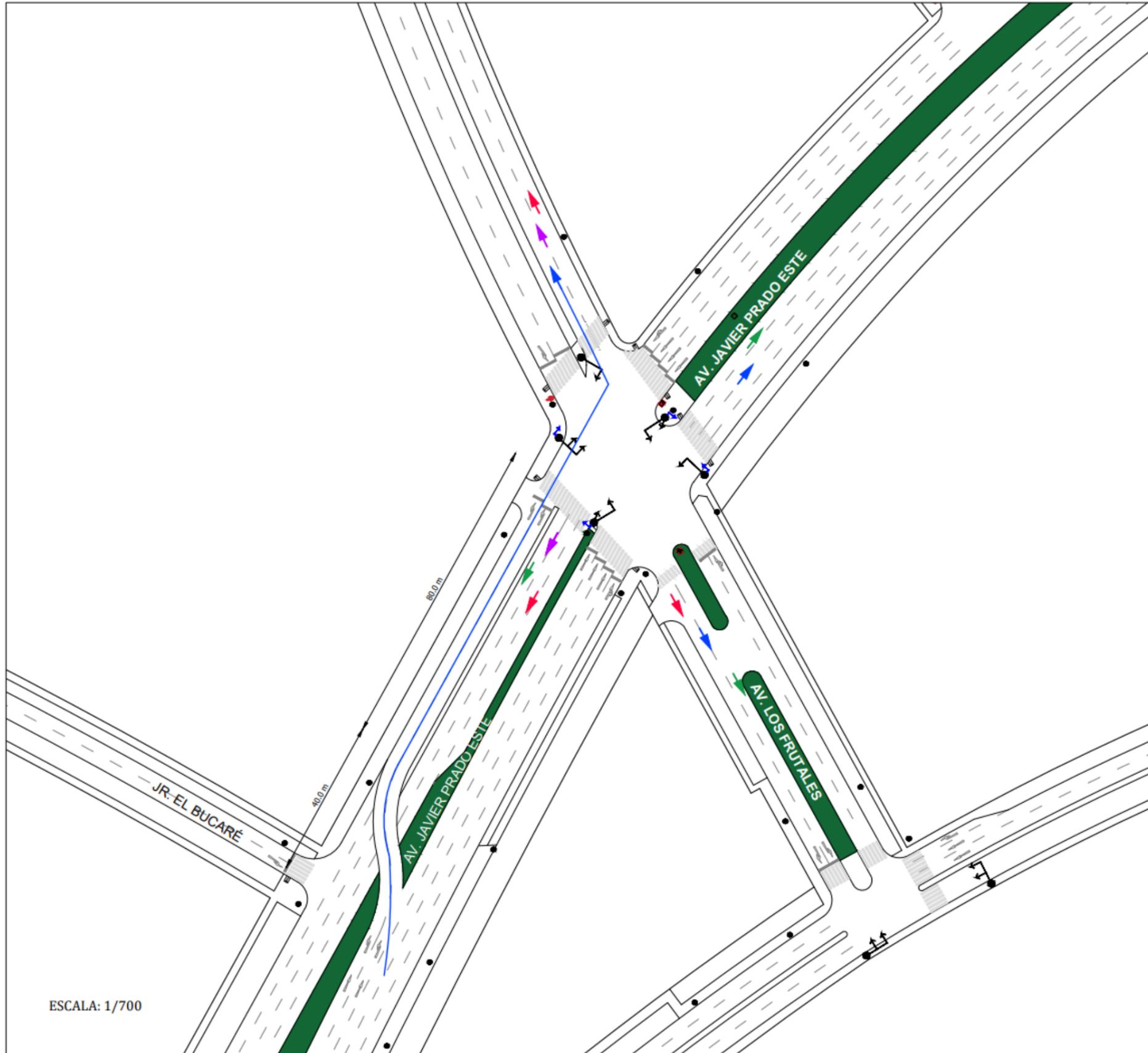
FECHA:
10/11/2022

VISTA:
PLANTA

LÁMINA:

A-1

ANEXO 3.
ADAPTACIÓN DE PROPUESTAS VIALES INNOVADORAS



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JA VIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 INTERSECCIÓN AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

ESPECIALIDAD:
 INTERSECCIÓN DE FLUJO CONTINUO PARCIAL SITUADO EN EL CRUCE DE LA AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

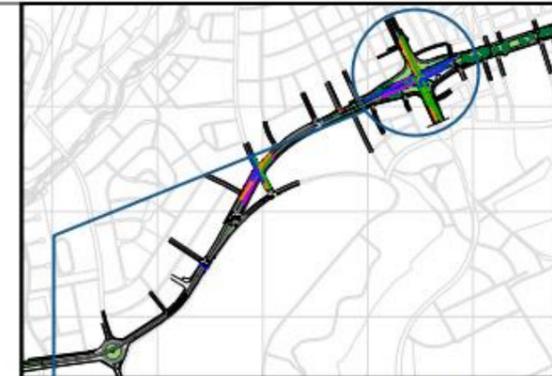
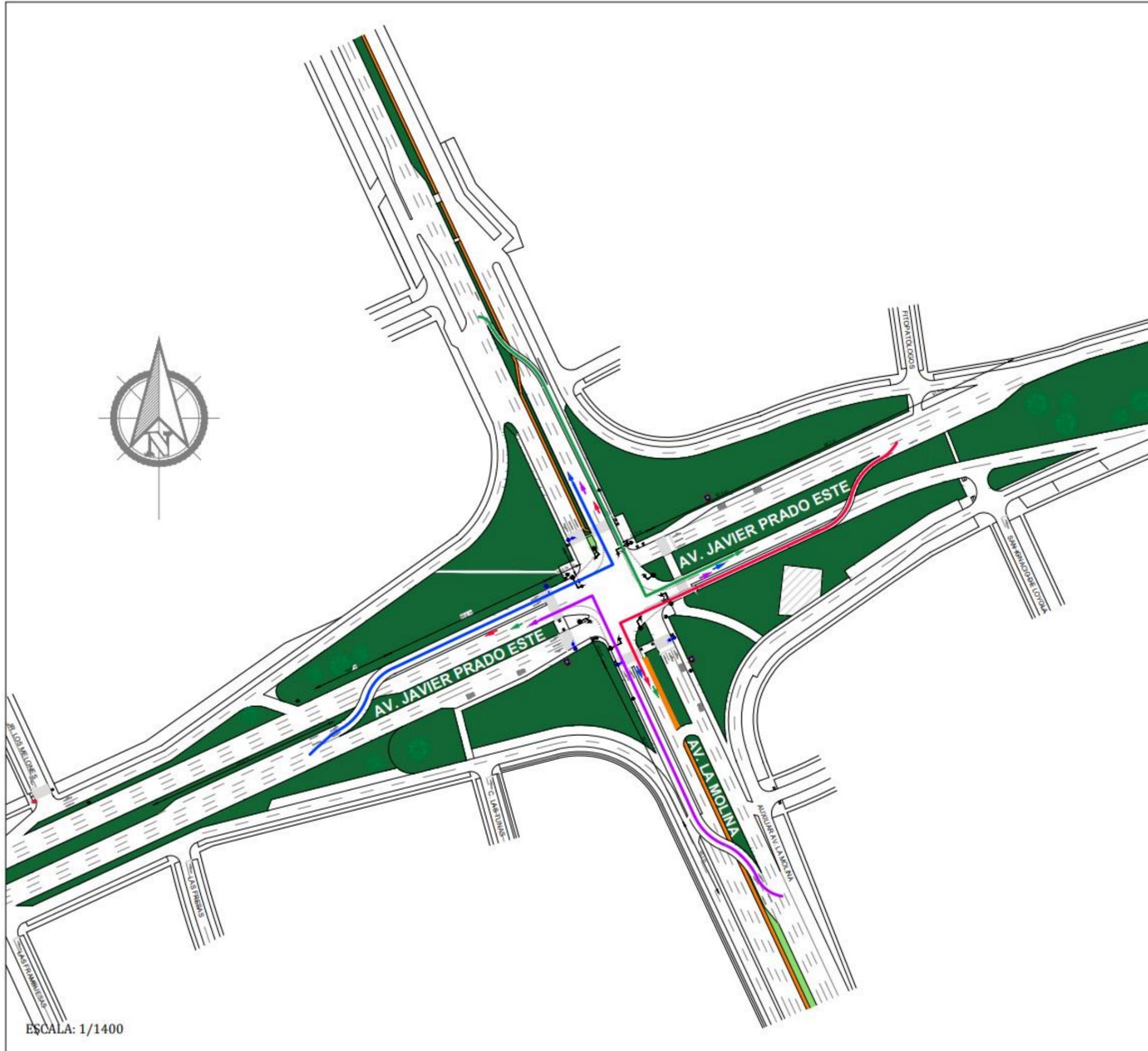
TESISTAS:
 ALCCA HUA JURO JHAN MARCO (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA:
 INDICADA

FECHA:
 10/11/2022

VISTA:
 PLANTA

LÁMINA:
PF-1



ESCALA: 1/6000



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JA VIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 INTERSECCIÓN AV. JAVIER PRADO CON AV. LA MOLINA

ESPECIALIDAD:
 DETALLE EN PLANTA DE LA PROPUESTA VIAL INTERSECCIÓN DE FLUJO CONTINUO SITUADO EN EL CRUCE DE LA AV. JAVIER PRADO CON AV. LA MOLINA

TESISTAS:
 ALCCAHA JURO JHAN MARCO (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA:
 INDICADA

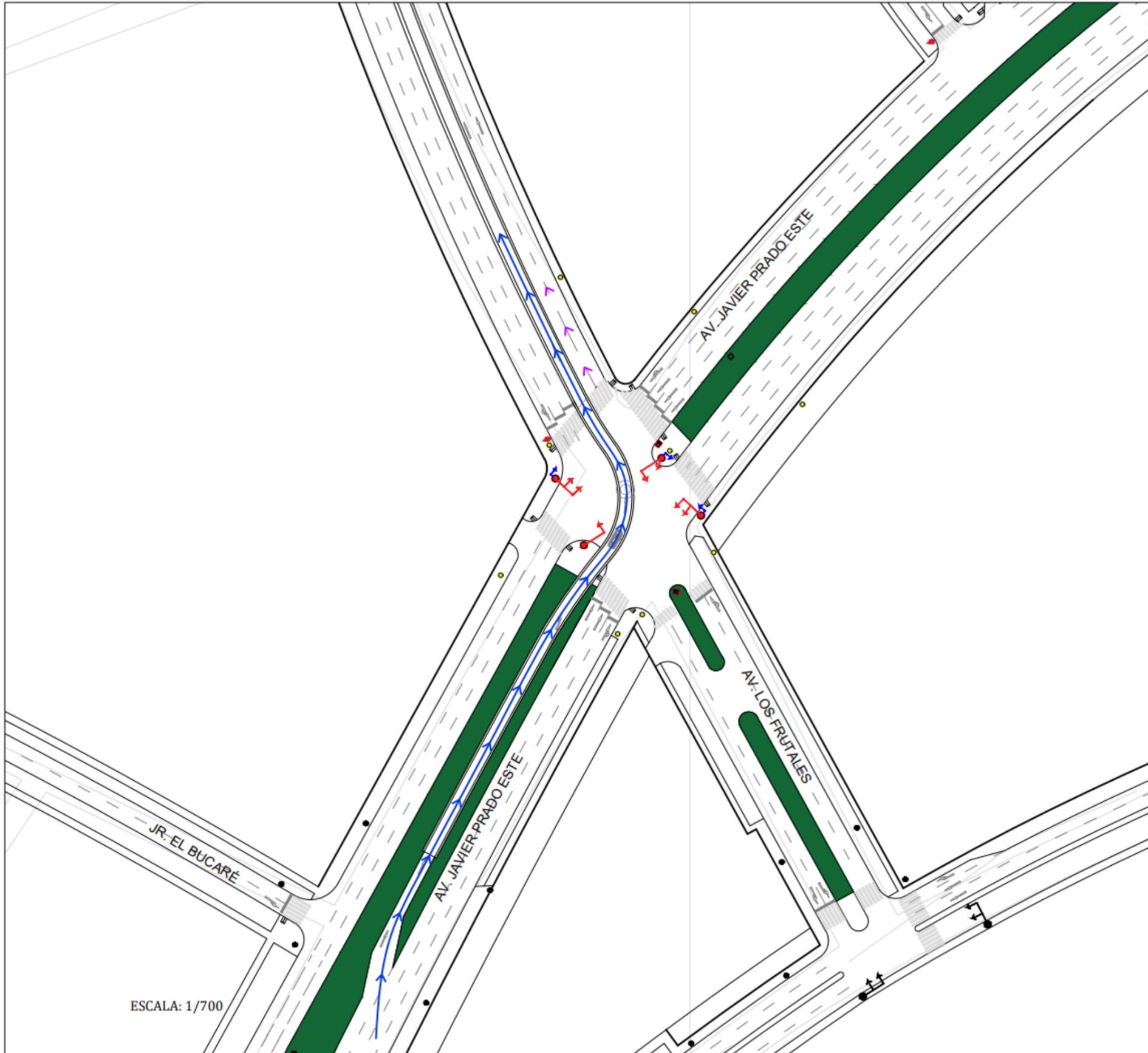
LÁMINA:

FECHA:
 10/11/2022

PM-1

VISTA:
 PLANTA

ESCALA: 1/1400



ESCALA: 1/6000



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JA VIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

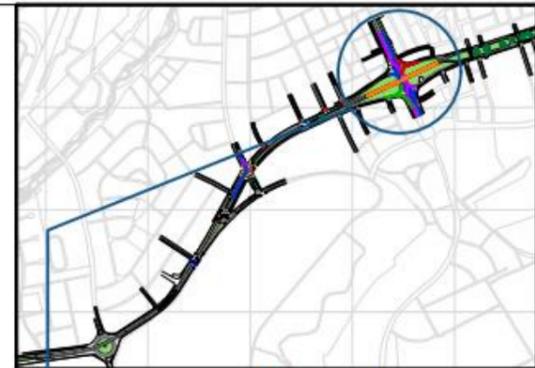
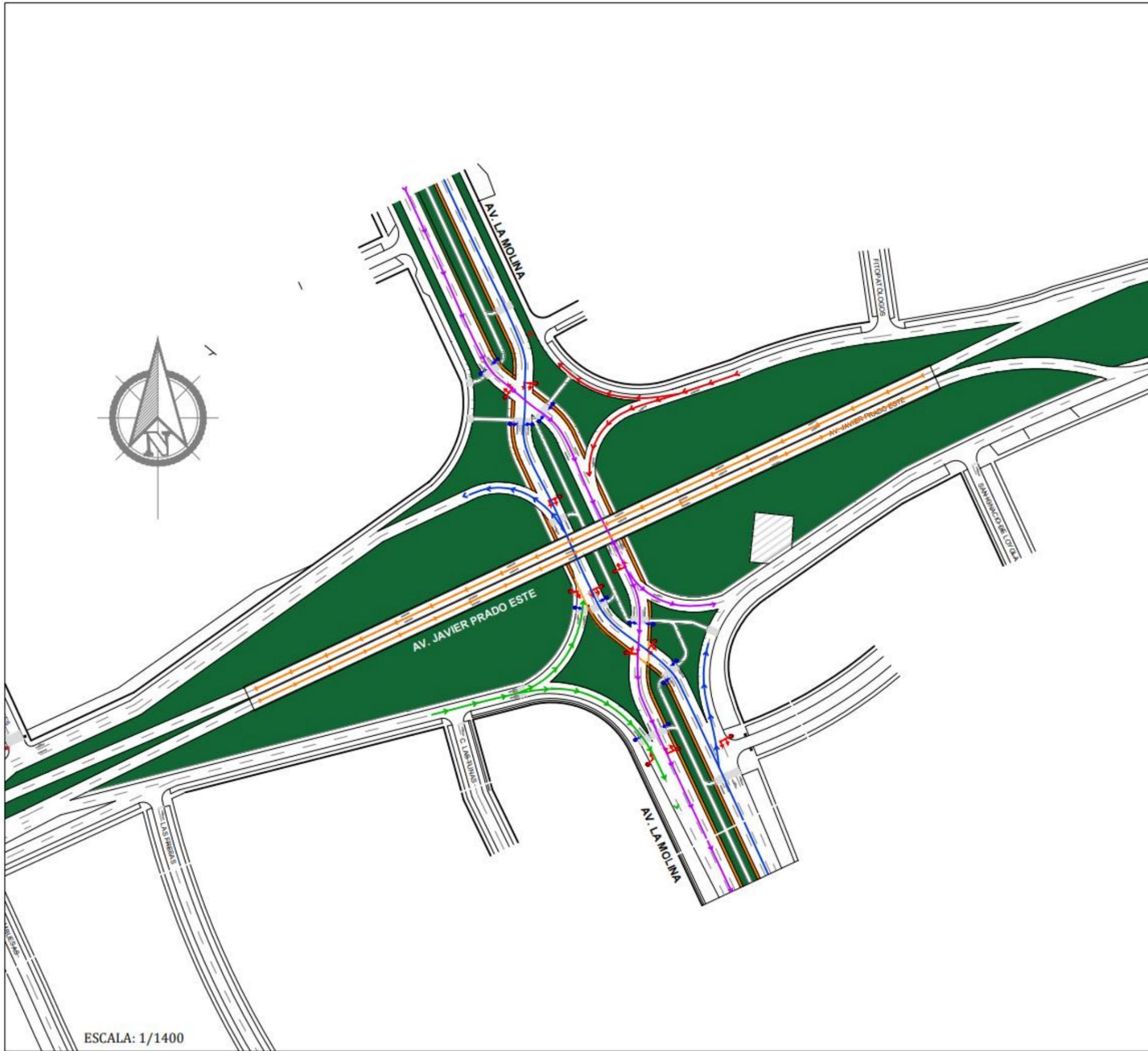
UBICACIÓN:
 INTERSECCIÓN AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

ESPECIALIDAD:
 DETALLE EN PLANTA DE LA PROPUESTA VIAL PASO ELEVADO DE GIRO CENTRAL A LA IZQUIERDA SITUADO EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

TESISTAS:
 ALCCA HUA JURO JHAN MARCO
 (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN
 (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA: INDICADA	LÁMINA: PF-2
FECHA: 10/11/2022	
VISTA: PLANTA	

ESCALA: 1/700



ESCALA: 1/6000


UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JA VIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

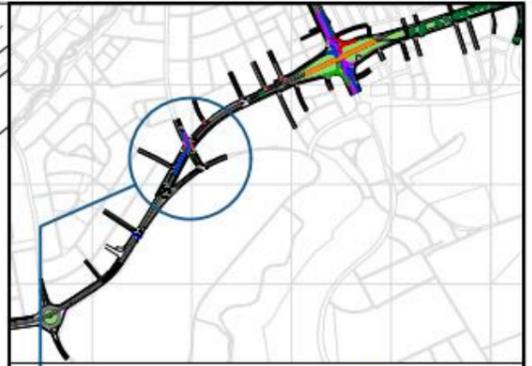
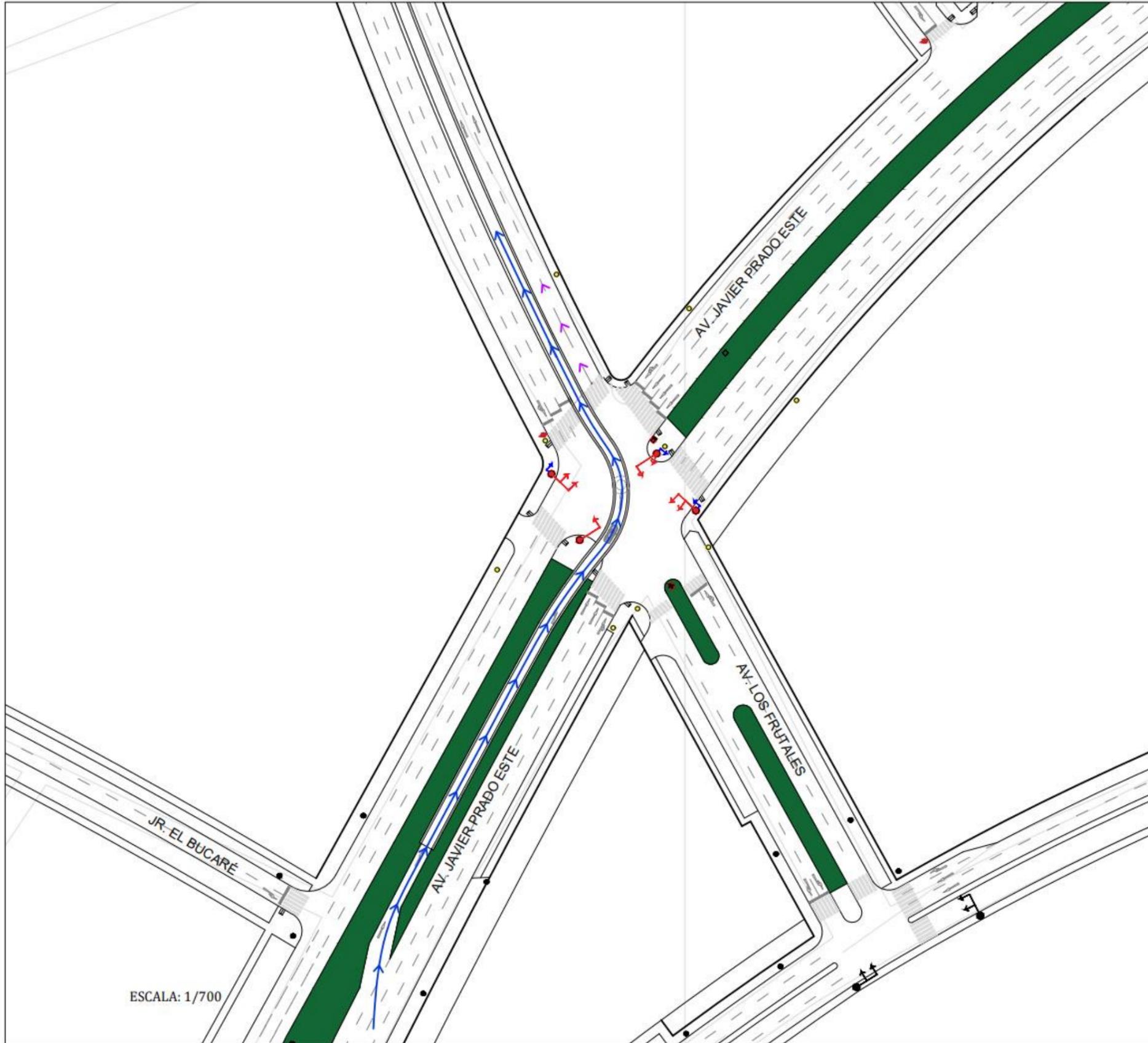
UBICACIÓN:
 INTERSECCIÓN AV. JAVIER PRADO CON AV. LA MOLINA

ESPECIALIDAD:
 DETALLE EN PLANTA DE LA PROPUESTA VIAL INTERCAMBIO DIAMANTE DIVERGENTE SITUADO EN EL CRUCE DE LA AV. JAVIER PRADO CON AV. LA MOLINA

TESISTAS:
 ALCCA HUA JURO JHAN MARCO
 (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN
 (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA: INDICADA	LÁMINA: PM-2
FECHA: 10/11/2022	
VISTA: PLANTA	

ESCALA: 1/1400



ESCALA: 1/6000



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 INTERSECCIÓN AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

ESPECIALIDAD:
 DETALLE EN PLANTA DE LA PROPUESTA VIAL PASO ELEVADO DE GIRO CENTRAL A LA IZQUIERDA SITUADO EN LA INTERSECCIÓN DE LA AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

TESISTAS:
 ALCCA HUA JURO JHAN MARCO (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA:
 INDICADA

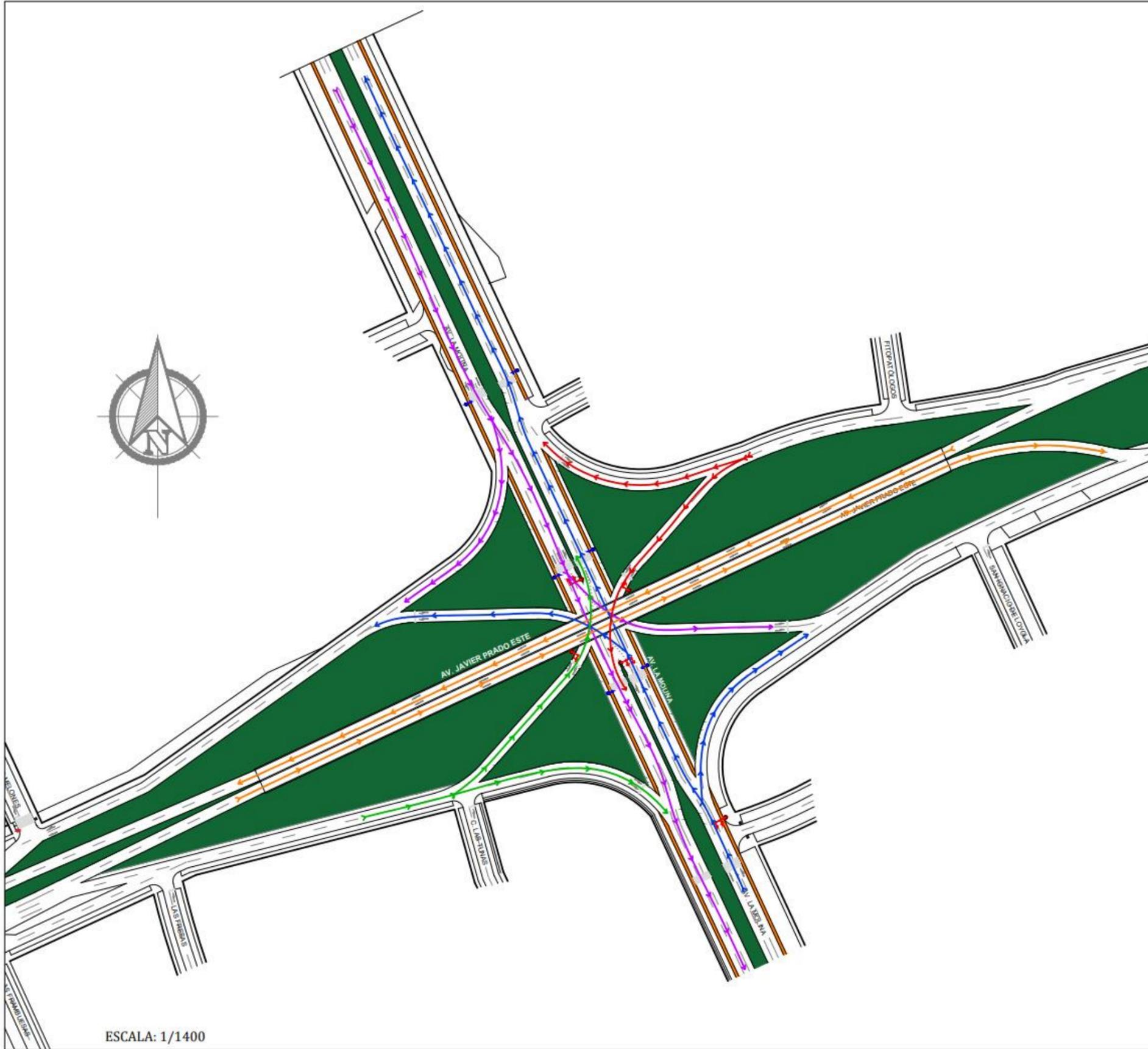
FECHA:
 10/11/2022

VISTA:
 PLANTA

LÁMINA:

PF-3

ESCALA: 1/700



ESCALA: 1/1400



ESCALA: 1/6000


UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JA VIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 INTERSECCIÓN AV. JAVIER PRADO CON AV. LA MOLINA

ESPECIALIDAD:
 DETALLE EN PLANTA DE LA PROPUESTA VIAL INTERCAMBIO URBANO DE PUNTO ÚNICO SITUADO EN EL CRUCE DE LA AV. JAVIER PRADO CON AV. LA MOLINA

TESISTAS:
 ALCCA HUA JURO JHAN MARCO (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA: INDICADA	LÁMINA: PM-3
FECHA: 10/11/2022	
VISTA: PLANTA	

ANEXO 4.
**RESULTADOS DE LAS PROPUESTAS VIALES PLANTEADAS
POR NODOS**

PROPUESTA VIAL N°1:

Intersección de Flujo Continuo en los cruces de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales y la Av. La Molina

Av. Javier Prado:

Movimiento Oeste- Este

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
62	34	0.274	29
18	73	0.204	10
42	53	0.118	8
78	19	0.202	38
9	13	0.164	46
14	12	0.159	48
4	81	0.362	16
19	18	0.199	40
17	13	0.086	23
Total	317.27	1.77	28.67

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
62	33	0.228	25
40	14	0.180	47
35	28	0.148	19
1	44	0.554	45
10	14	0.184	47
17	19	0.110	21
3	18	0.125	25
13	17	0.189	40
14	9	0.124	52
78	23	0.194	30
Total	218.81	2.04	35.10

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	317.27	218.81	-31.03%
Velocidad (km/h)	28.67	35.10	22.44%

Movimiento Este- Oeste

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
19	16.92	0.094	20
4	71.28	0.198	10
14	29.29	0.358	44
9	17.55	0.156	32
78	12.15	0.162	48
42	40.20	0.201	18
18	12.24	0.102	30
62	35.83	0.209	21
1	23.23	0.271	42
Total	258.69	1.75	29.44

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
14	19	0.191	37
13	18	0.127	25
3	5	0.035	25
17	4	0.031	25
10	7	0.108	58
1	14	0.185	47
35	53	0.562	38
40	20	0.147	27
62	4	0.047	40
29	22	0.223	36
Total	166.62	1.66	35.80

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	258.69	166.62	-35.59%
Velocidad (km/h)	29.44	35.80	21.58%

Av. La Molina

Movimiento Norte - Sur

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
4	99.00	0.220	8
6	19.26	0.214	40
Total	118.26	0.43	24.00

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
6	10	0.097	35
16	15	0.090	21
3	6	0.031	20
12	6	0.034	20
4	4	0.061	52
51	17	0.122	26
Total	58.22	0.44	29.00

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	118.26	58.22	-50.77%
Velocidad (km/h)	24.00	29.00	20.83%

Movimiento Sur - Norte

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
4.1	24	0.100	15
4	72	0.120	6
11	18	0.200	39
Total	114.46	0.42	20.00

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
4	15	0.122	29
12	33	0.100	11
3	8	0.034	15
16	7	0.031	15
6	9	0.100	39
49	17	0.100	21
Total	89.85	0.49	21.67

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	114.46	89.85	-21.51%
Velocidad (km/h)	20.00	21.67	8.33%

Av. Los Frutales

Movimiento Norte - Sur

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
42	114	0.158	5
69	15	0.123	30
Total	128.52	0.28	17.50

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
38	30	0.151	18
35	26	0.129	18
71	20	0.108	19
Total	76.46	0.39	18.33

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	128.52	76.46	-40.50%
Velocidad (km/h)	17.50	18.33	4.76%

Movimiento Sur - Norte

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
42	74	0.123	6
57	16	0.158	35
Total	90.05	0.28	20.50

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
35	18	0.108	22
38	26	0.121	17
28	21	0.149	26
Total	63.93	0.38	21.67

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	90.05	63.93	-29.01%
Velocidad (km/h)	20.50	21.67	5.69%

Giro a la izquierda

Giro a la Izquierda - Av. La Molina Sur - Av. Javier Prado Oeste

Situación Actual			
NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
4.1	24	0.100	15
4	72	0.120	6
11	29	0.358	44
Total	125.29	0.58	21.67

Con Propuesta			
NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
6	10	0.097	35.00
7	9	0.036	15
17	37	0.093	9
10	7	0.108	58
1	14	0.185	47
Total	76.69	0.52	32.80

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	125.29	76.69	-38.79%
Velocidad (km/h)	21.67	32.80	51.38%

Giro a la Izquierda - Av. Javier Prado Oeste - Av. Los Frutales

Situación Actual			
NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
18.1	10	0.029	10
42	53	0.118	8
57	16	0.158	35
Total	79.79	0.31	17.67

Con Propuesta			
NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
41	6	0.048	30
39	9	0.118	45
38	19	0.103	20
28	21	0.149	26
Total	54.37	0.42	30.25

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	79.79	54.37	-31.86%
Velocidad (km/h)	17.67	30.25	71.23%

PROPUESTA VIAL N°2:

Paso elevado de giro central a la izquierda en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Diamante Divergente en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina

Av. Javier Prado:

Movimiento Oeste- Este

Situación Actual			
Nodos	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
62	34.01	0.274	29
18	73.44	0.204	10
42	53.10	0.118	8
78	19.14	0.202	38
9	12.83	0.164	46
14	11.93	0.159	48
4	81.45	0.362	16
19	17.91	0.199	40
17	13.46	0.086	23
Total	317.27	1.77	28.67

Con Propuesta			
Nodos	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
62	24.35	0.230	34
13	10.94	0.079	26
50	11.34	0.063	20
56	9.94	0.069	25
42	13.50	0.075	20
63	18.09	0.196	39
66	12.37	0.158	46
20	15.80	0.215	49
15	15.12	0.126	30
16	10.16	0.127	45
18	9.88	0.140	51
19	6.72	0.097	52
17	8.70	0.116	48
Total	166.90	1.69	37.31

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	317.27	166.90	-47.40%
Velocidad (km/h)	28.67	37.31	30.14%

Movimiento Este- Oeste

Situación Actual			
Nodos	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
19	17	0.094	20
4	71	0.198	10
14	29	0.358	44
9	18	0.156	32
78	12	0.162	48
42	40	0.201	18
18	12	0.102	30
62	36	0.209	21
1	23	0.271	42
Total	258.69	1.75	29.44

Con Propuesta			
Nodos	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
19	12	0.103	30
18	7	0.098	48
16	10	0.139	51
15	9	0.128	50
29	11	0.106	34
66	19	0.224	42
63	13	0.158	45
42	32	0.197	22
56	13	0.116	32
13	15	0.129	30
62	12	0.084	25
1	21	0.233	40
Total	175.63	1.72	37.42

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	258.69	175.63	-32.11%
Velocidad (km/h)	29.44	37.42	27.08%

Av. La Molina

Movimiento Norte - Sur

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
4	99.00	0.220	8
6	19.26	0.214	40
Total	118.26	0.43	24.00

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
38	6	0.060	34
26	14	0.049	13
4	5	0.038	25
36	7	0.042	22
70	7	0.061	31
7	22	0.067	11
71	4	0.029	24
68	10	0.118	42
Total	75.74	0.46	25.25

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	118.26	75.74	-35.95%
Velocidad (km/h)	24.00	25.25	5.21%

Movimiento Sur - Norte

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
4.1	24	0.100	15
4	72	0.120	6
11	18	0.200	39
Total	114.46	0.42	20.00

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
9	12	0.118	35
7	9	0.030	12
69	12	0.074	23
6	6	0.057	35
5	6	0.043	25
26	10	0.038	14
27	8	0.060	28
78	4	0.046	44
Total	66.02	0.47	27.00

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	114.46	66.02	-42.32%
Velocidad (km/h)	20.00	27.00	35.00%

Av. Los Frutales

Movimiento Norte- Sur

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
42	114	0.158	5
69	15	0.123	30
Total	128.52	0.28	17.50

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
42	40	0.166	15
28	10	0.12	45
Total	49.44	0.29	30.00

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	128.52	49.44	-61.53%
Velocidad (km/h)	17.50	30.00	71.43%

Movimiento Sur - Norte

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
42	74	0.123	6
57	16	0.158	35
Total	90.05	0.28	20.50

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
42	33	0.166	18
83	11	0.12	40
Total	44.00	0.29	29.00

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	90.05	44.00	-51.14%
Velocidad (km/h)	20.50	29.00	41.46%

Giro a la izquierda

Giro a la Izquierda - Av. La Molina Sur - Av. Javier Prado Oeste

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
4.1	24	0.100	15
4	72	0.120	6
11	29	0.358	44
Total	125.29	0.58	21.67

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
9	12	0.118	35
7	9	0.030	12
69	12	0.074	23
6	6	0.057	35
32	8	0.085	39
29	12	0.098	29
Total	58.58	0.46	28.83

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	125.29	58.58	-53.24%
Velocidad (km/h)	21.67	28.83	33.08%

Giro a la Izquierda - Av. Javier Prado Oeste - Av. Los Frutales

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
18.1	10	0.029	10
42	53	0.118	8
57	16	0.158	35
Total	79.79	0.31	17.67

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
53	5	0.044	32
51	7	0.083	46
86	29	0.161	20
Total	40.40	0.29	32.67

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	79.79	40.40	-49.37%
Velocidad (km/h)	17.67	32.67	84.91%

PROPUESTA VIAL N°3:

Paso elevado de giro central a la izquierda en la Intersección de la Av. Javier Prado con la Av. Los Frutales e Intercambio Urbano de Punto Único en la intersección de la Av. Javier Prado con la Av. La Molina

Av. Javier Prado:

Movimiento Oeste- Este

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
62	34	0.274	29
18	73	0.204	10
42	53	0.118	8
78	19	0.202	38
9	13	0.164	46
14	12	0.159	48
4	81	0.362	16
19	18	0.199	40
17	13	0.086	23
Total	317.27	1.77	28.67

Movimiento Este- Oeste

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
19	16.92	0.094	20
4	71.28	0.198	10
14	29.29	0.358	44
9	17.55	0.156	32
78	12.15	0.162	48
42	40.20	0.201	18
18	12.24	0.102	30
62	35.83	0.209	21
1	23.23	0.271	42
Total	258.69	1.75	29.44

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
62	27	0.266	35
38	15	0.122	29
25	8	0.048	23
33	7	0.063	32
22	17	0.074	16
36	17	0.198	41
66	12	0.165	49
4	20	0.198	35
15	18	0.126	25
19	9	0.077	30
12	16	0.217	50
20	10	0.163	60
Total	176.39	1.72	35.42

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
12	15.28	0.174	41
19	16.02	0.218	49
15	5.82	0.076	47
29	7.27	0.107	53
66	21.60	0.216	36
36	14.76	0.164	40
22	42.35	0.200	17
33	14.80	0.074	18
38	14.40	0.108	27
62	16.40	0.123	27
51	34.46	0.268	28
Total	203.15	1.73	34.82

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	317.27	176.39	-44.40%
Velocidad (km/h)	28.67	35.42	23.55%

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	258.69	203.15	-21.47%
Velocidad (km/h)	29.44	34.82	18.25%

Av. La Molina

Movimiento Norte - Sur

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
4	99.00	0.220	8
6	19.26	0.214	40
Total	118.26	0.43	24.00

Movimiento Sur - Norte

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
4.1	24	0.100	15
4	72	0.120	6
11	18	0.200	39
Total	114.46	0.42	20.00

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
18	15.48	0.129	30
7	46.20	0.077	6
17	12.96	0.090	25
42	12.87	0.143	40
Total	87.51	0.44	25.25

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
17	23	0.143	22
7	22	0.090	15
18	8	0.077	35
35	10	0.129	46
Total	63.02	0.44	29.50

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	118.26	87.51	-26.00%
Velocidad (km/h)	24.00	25.25	5.21%

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	114.46	63.02	-44.95%
Velocidad (km/h)	20.00	29.50	47.50%

Av. Los Frutales

Movimiento Norte- Sur

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
42	114	0.158	5
69	15	0.123	30
Total	128.52	0.28	17.50

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
22	44.86	0.162	13
57	14.64	0.122	30
Total	59.50	0.28	21.50

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	128.52	59.50	-53.70%
Velocidad (km/h)	17.50	21.50	22.86%

Movimiento Sur - Norte

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
42	74	0.123	6
57	16	0.158	35
Total	90.05	0.28	20.50

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
22	26	0.122	17
61	17	0.162	35
Total	42.50	0.28	26.00

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	90.05	42.50	-52.81%
Velocidad (km/h)	20.50	26.00	26.83%

Giro a la Izquierda

Giro a la Izquierda - Av. La Molina Sur - Av. Javier Prado Oeste

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
4.1	24	0.100	15
4	72	0.120	6
11	29	0.358	44
Total	125.29	0.58	21.67

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
17	23.40	0.143	22
7	21.60	0.090	15
13	15.19	0.135	32
32	6.93	0.104	54
29	8.30	0.083	36
Total	75.42	0.56	31.80

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	125.29	75.42	-39.80%
Velocidad (km/h)	21.67	31.80	46.77%

Giro a la Izquierda - Av. Javier Prado Oeste - Av. Los Frutales

Situación Actual

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
18.1	10	0.029	10
42	53	0.118	8
57	16	0.158	35
Total	79.79	0.31	17.67

Con Propuesta

NODOS	Tiempo (seg)	Distancia (km)	Velocidad (km/h)
30	5	0.045	32
26	8	0.100	46
65	24	0.200	30
Total	36.89	0.35	36.00

Factores	Situación Actual	Propuesta Óptima	% Variación
Tiempo (seg)	79.79	36.89	-53.77%
Velocidad (km/h)	17.67	36.00	103.77%

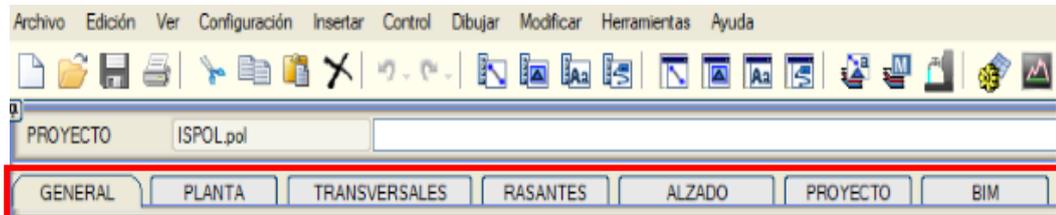
ANEXO 5.
**PROCESO DE DISEÑO GEOMÉTRICO CONCEPTUAL DE
LA PROPUESTA VIAL GANADORA EN EL PROGRAMA
ISTRAM ISPOL**

Proceso de Diseño Geométrico Conceptual en Istram Ispol

Para el diseño geométrico conceptual, se hará uso del software ISTRAM ISPOL, de manera que se definirá en términos generales los requerimientos del proyecto.

Figura 208

Fases del Proyecto en Istram



Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Georreferencia del Tramo Óvalo Monitor- Av. La Molina

Como primer paso se ingresa al Google Earth, donde se traza una ruta referencial del tramo en estudio, se guarda el archivo en formato KMZ.

En segundo lugar, se ingresa a Istram para referenciar el área donde se realizarán los trazos viales. Huso (Zona): -18 y CRS (Sistema): WGS 84

En seguida se importa el archivo KMZ de Google Earth, a fin de georreferenciar la zona de trabajo.

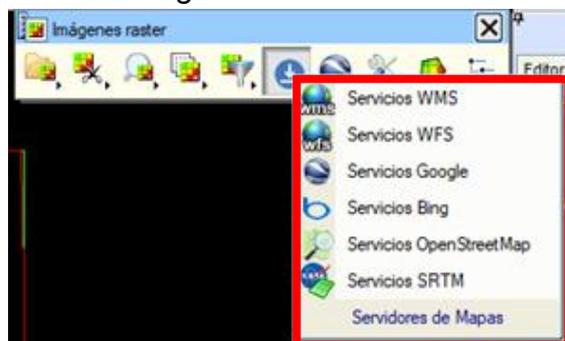
Modelo Digital de Terreno

En la presente investigación al desarrollarse un proyecto conceptual se utilizarán imágenes Ráster. Los servidores con los que cuenta Istram Ispol son:

Para imágenes GOOGLE EARTH (calidad 0.30), para terrenos SRTM (resolución 30 metros), para calles y avenidas OPENSTREETMAP.

Figura 209

Servidores en línea de Imagen Raster

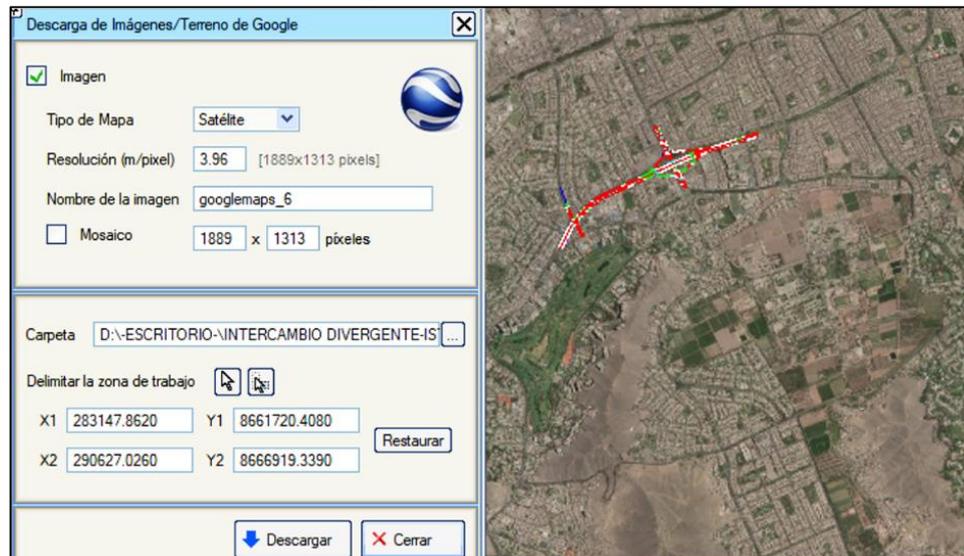


Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Para tener referencia de la ubicación del proyecto, se utilizará archivos KMZ de Google Earth para identificar la posición y de esa manera georreferenciar el lugar de estudio en la zona 18 sur y en el sistema WGS-84.

Figura 210

Servidor en línea- Google Earth

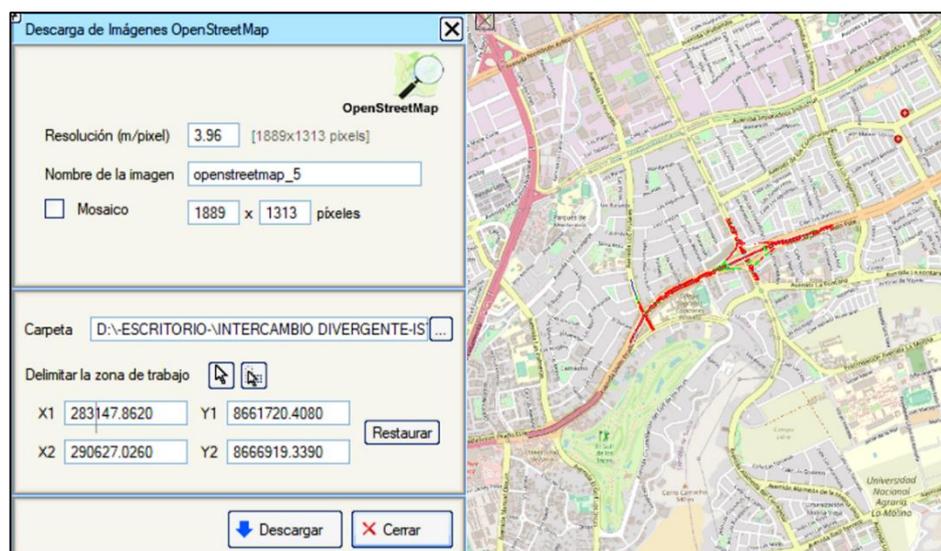


Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Para obtener las características y medidas más exactas de calles y demás elementos viales, se hará uso de las imágenes descargadas del servidor de OpenStreetMap:

Figura 211

Servidor en línea- Open Street Map

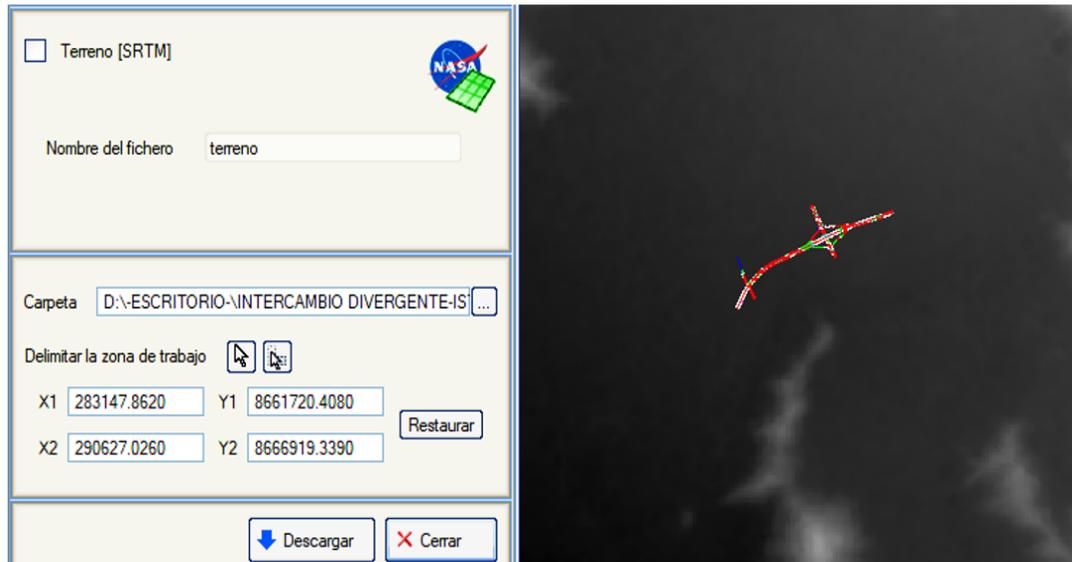


Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Finalmente, para la topografía del terreno se hará uso de modelos digitales de terreno RASTER y SRTM de libre distribución y finalmente un complemento de levantamiento topográfico del lugar de estudio; todo ello será necesario para colocar rasantes de los pasos a desnivel y demás componentes.

Figura 212

Servidor en línea- NASA

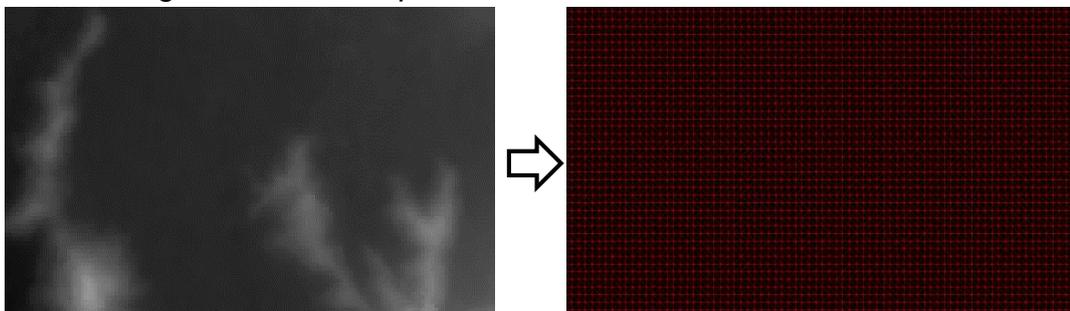


Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Una vez importadas las imágenes necesarias, se inicia con el trazado de ejes. La imagen o topografía ráster obtenida de servidores en línea se convertirán en topografía de tipo malla, dado que este último tiene la ventaja de realizar presentaciones de la superficie en 3D. Para ello primeramente se realiza la triangulación de la superficie, tal como se muestra a continuación:

Figura 213

Triangulación de la superficie



Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

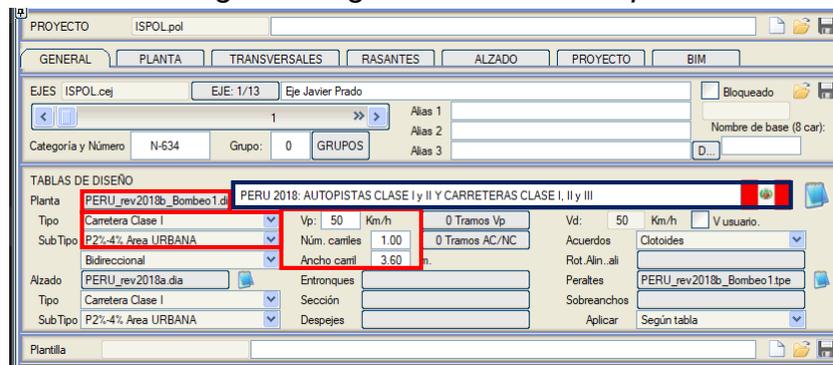
Generalidades

En primer lugar, es muy importante contar con el Manual de carreteras dentro de la librería de ISTRAM, de esa manera los parámetros utilizados para una obra vial son controlados de manera automática mediante un aviso que Istram realiza si es que los parámetros no se están cumpliendo.

Asimismo, se ingresa las características y parámetros generales de la vía a trazar, tales como el tipo de carretera, la velocidad de diseño, el número/ancho de carriles y entre otros; todos ellos se insertan en el apartado de Tablas de diseño; para el trazo de ejes de la Av. Javier Prado tramo Óvalo Monitor – Av. La Molina se considera los siguientes parámetros:

Figura 214

Ventana de configuración general en Istram Ispol.



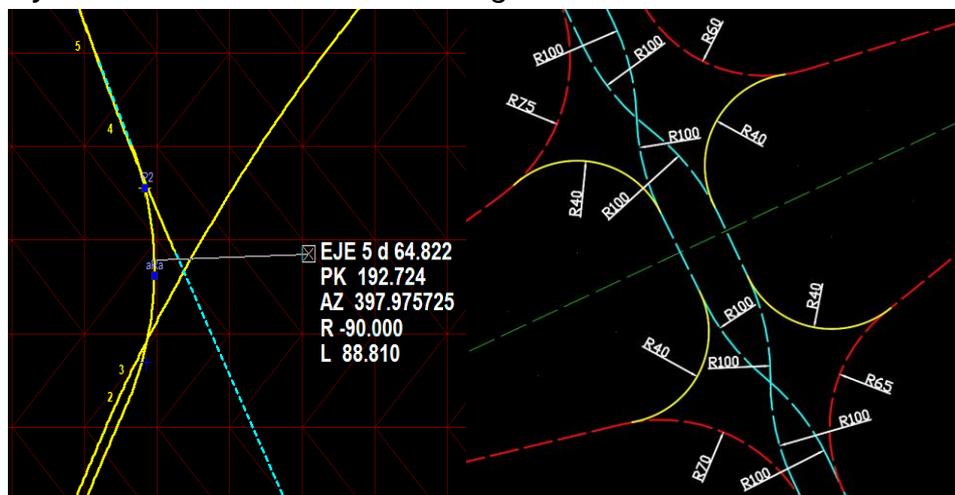
Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Trazo del eje vial

Los radios considerados para las curvas horizontales del intercambio Diamante Divergente son los siguientes:

Figura 215

Radio de curvatura en el Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda y el Intercambio Diamante Divergente



Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Dibujo de carril

Una vez completado el trazo de los ejes, se comienza a dibujar los carriles considerando el número y ancho de cada uno; para el trazo del tramo de la Av. Javier Prado en estudio, se considera los siguientes valores:

Tabla 107

Anchos de carril según normativa

Avenida Javier Prado	
En tramos rectos	4 carriles por sentido de 3.60 m de ancho
Paso a denivel	2 carriles por sentido de 3.60 m de ancho
Avenida La Molina	
En tramos rectos	4 carriles por sentido de 3.30 m de ancho
Entrecruzamiento	3 carriles por sentido de 3.30 m de ancho
Avenida Los Frutales	
En tramos rectos	2 carriles por sentido de 3.20 m de ancho
Pase elevado de giro central a la izquierda	1 carril de ida de 4 m de ancho

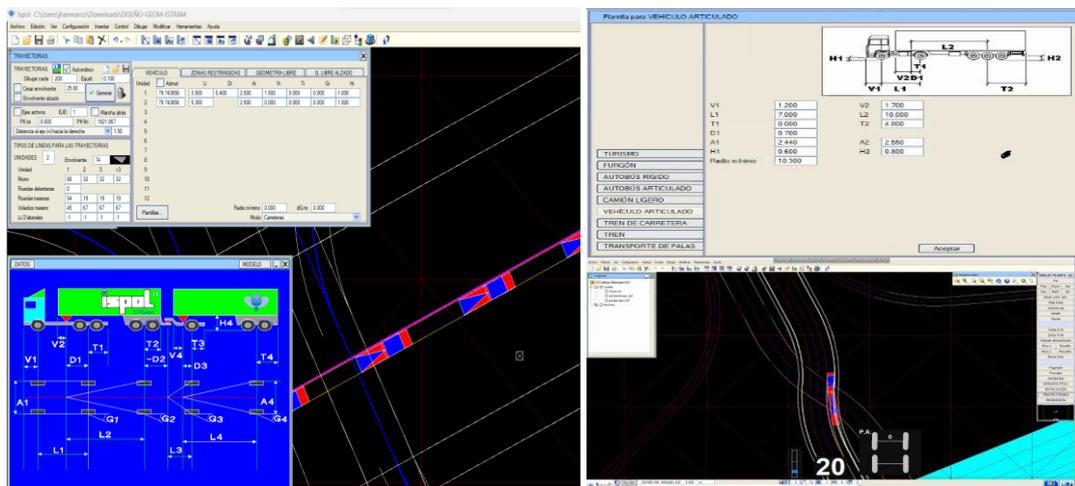
Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Sobreanchos

Para saber los sobreanchos, se usará la herramienta “trayectoria” que consta básicamente en un recorrido virtual del vehículo de diseño por los ejes trazados, de esa manera se puede ver si es necesario un sobreancho, principalmente en las curvas horizontales.

Figura 216

Herramienta Trayectoria para verificar anchos y sobreanchos



Nota. Adaptado de Istram. Vehículo de diseño Remolque Simple para el Intercambio Diamante Divergente (2022)

Cálculo de anchos de vía

Istram pueda recalcular los anchos de carril que se ingresaron al inicio, de esta forma automáticamente añada sobreamchos a tramos donde los radios de curvatura son mínimos y los vehículos invaden al carril contario.

Figura 217

Tabla de configuración de anchos de calzada

IZQUIERDA		PK	eje	Ancho 2	Ancho 1	Ancho 0			Ancho 0	Ancho 1	Ancho 2	eje	PK	DERECHA
1	0.0000	0	7.2000	7.2000	0.0000	Int.	Int.	0.0000	7.2000	7.2000	0	0.0000	1	
2	780.0000	0	7.2000	7.2000	0.0000	Int.	Int.	0.0000	7.2000	7.2000	0	752.0000	2	
3	780.0010	0	0.0000	7.2000	0.0000	Int.	Int.	0.0000	7.2000	0.0000	0	752.0010	3	
4	1364.0000	0	0.0000	7.2000	0.0000	Int.	Int.	0.0000	7.2000	0.0000	0	1392.0000	4	
5	1364.0010	0	7.2000	7.2000	0.0000	Int.	Int.	0.0000	7.2000	7.2000	0	1392.0010	5	

Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Figura 218

Ejemplo de cálculo de ancho de calzada



Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Cálculo de Peralte

También se realiza un cálculo del peralte en curvas y del bombeo en tangentes.

Figura 219

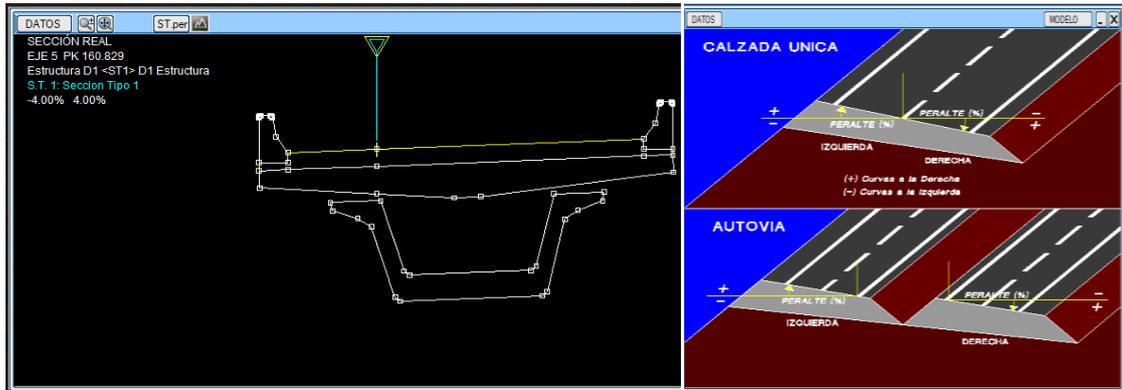
Tabla de configuración de peralte y bombeo de calzada

DATO	PK	PERALTE (%)	PK	PERALTE (%)
1	0.0000	-2.0000	0.0000	2.0000
2	166.2305	-2.0000	169.7192	2.0000
3	174.7192	4.0000	174.7192	4.0000
4	176.9521	4.0000	176.9521	4.0000
5	186.9521	2.9000	186.9521	2.9000
6	560.8473	2.9000	560.8473	2.9000
7	573.0973	-2.0000	563.0973	2.0000
8	1244.7076	-2.0000	1254.7076	2.0000

Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Figura 220

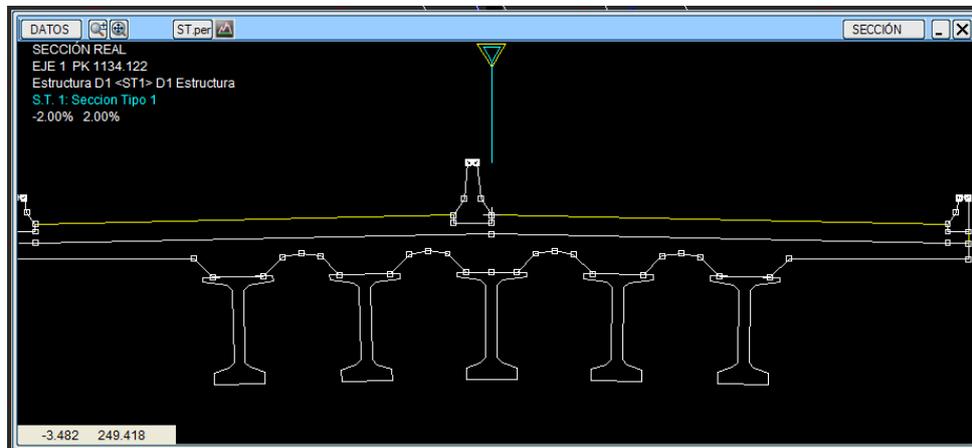
Calculo del peralte de una calzada



Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Figura 221

Cálculo del bombeo de una calzada

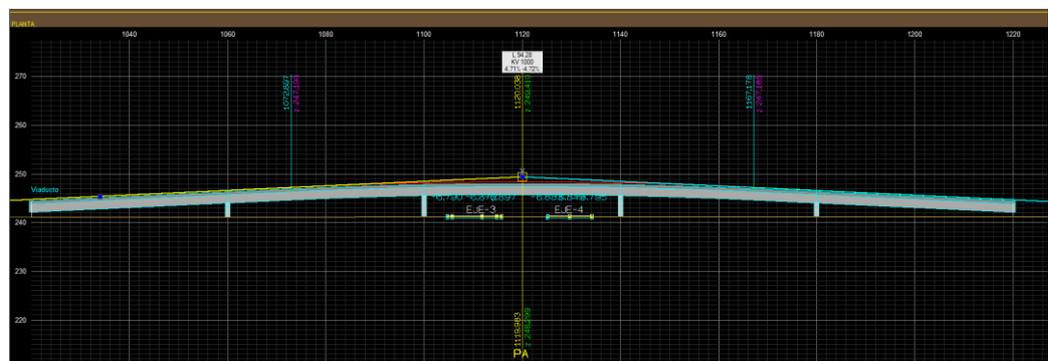


Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Producto del diseño en el Software Istram, se tienen las siguientes vistas en planta y en 3D.

Figura 222

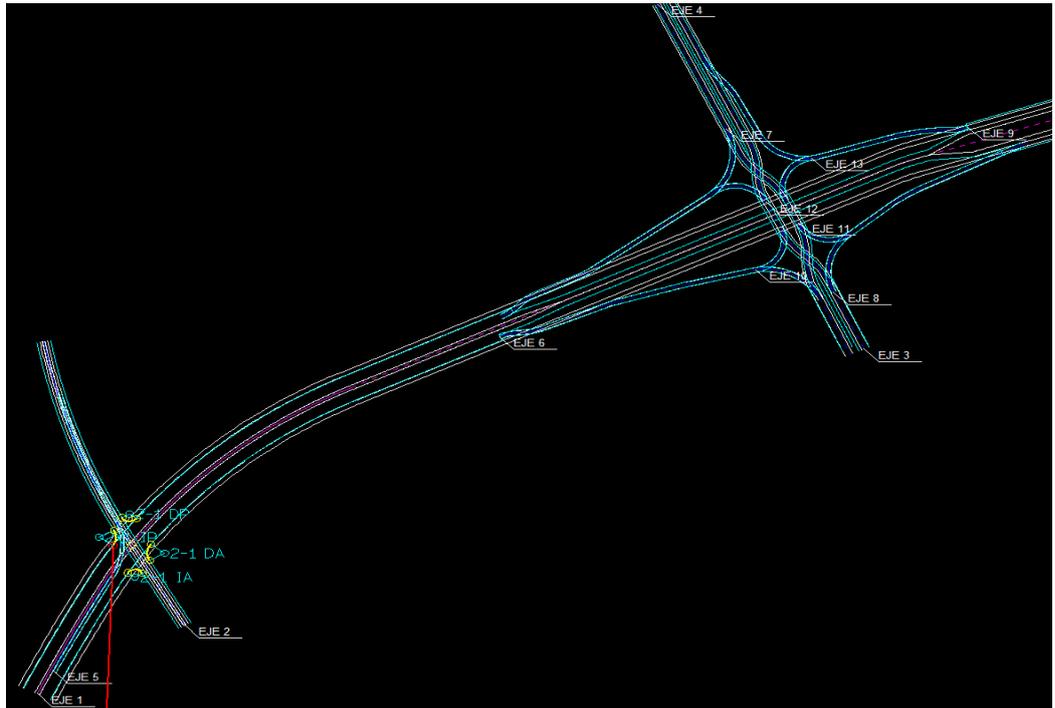
Perfil longitudinal del Intercambio Diamante Divergente



Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Figura 223

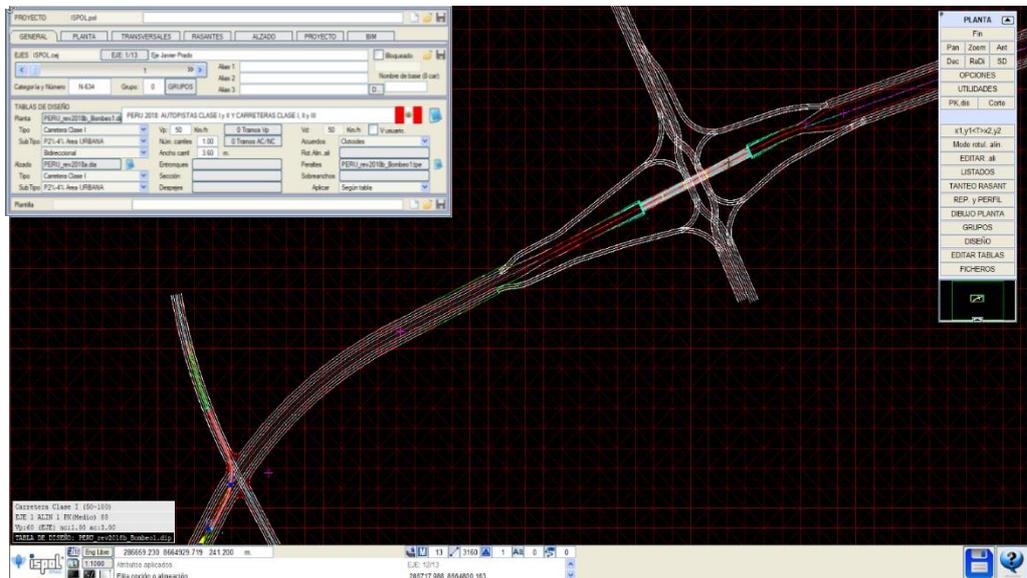
Anchos de calzada de los ejes trazados



Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Figura 224

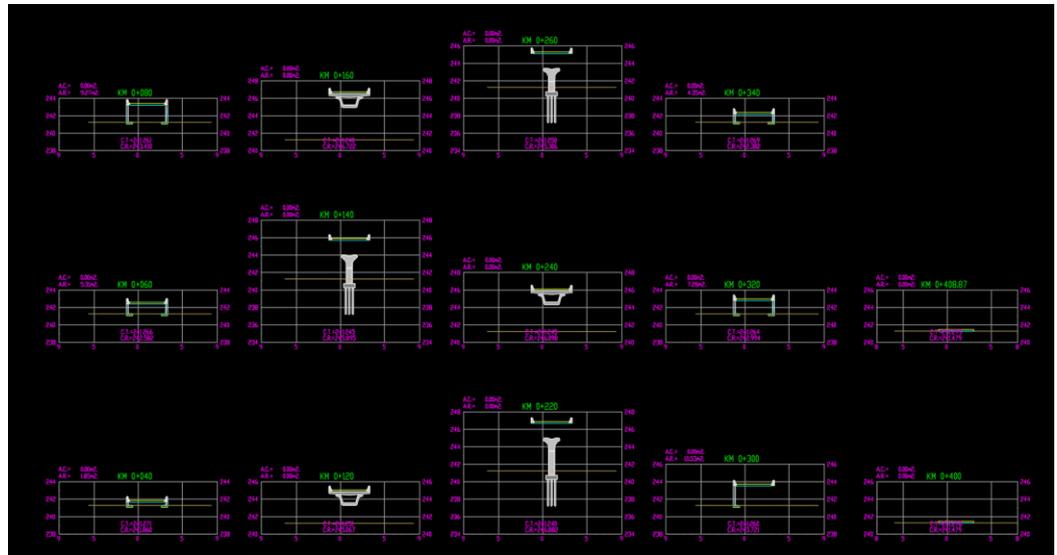
Vista en planta del tramo en estudio



Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Figura 225

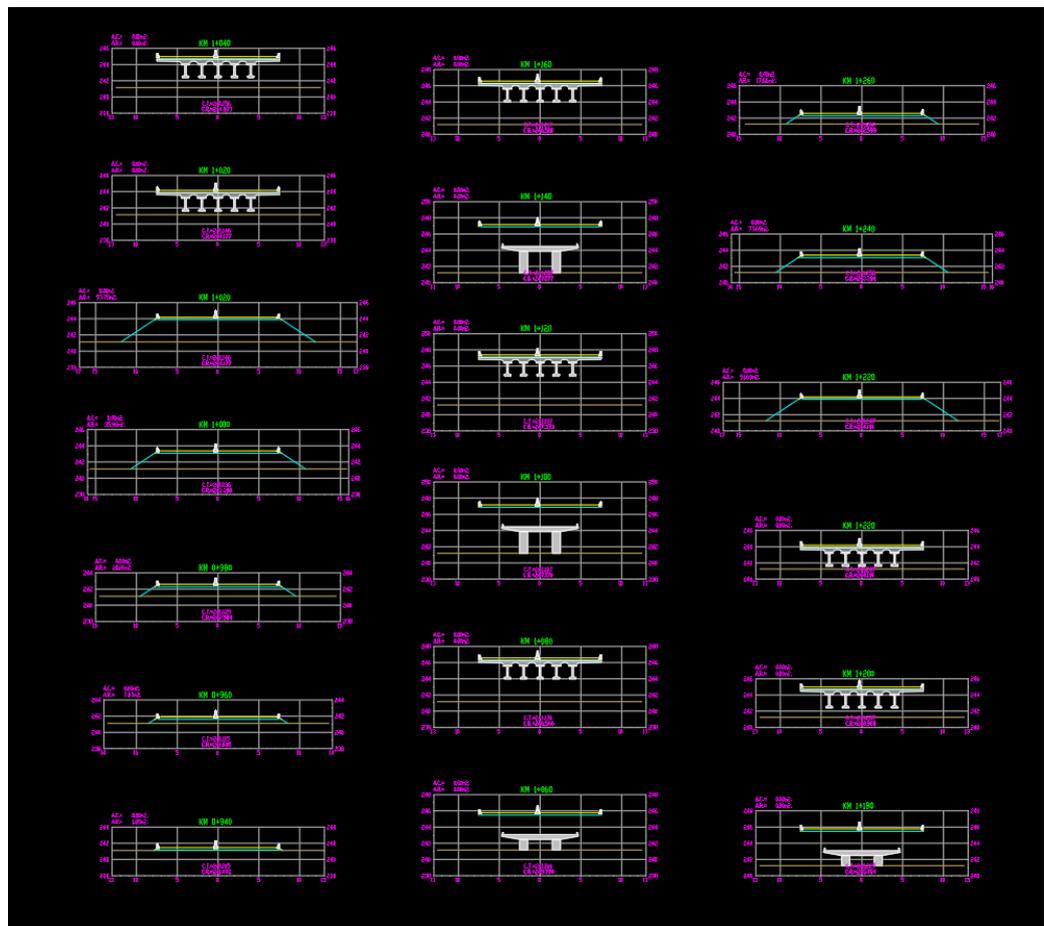
Sección transversal del Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda



Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

Figura 226

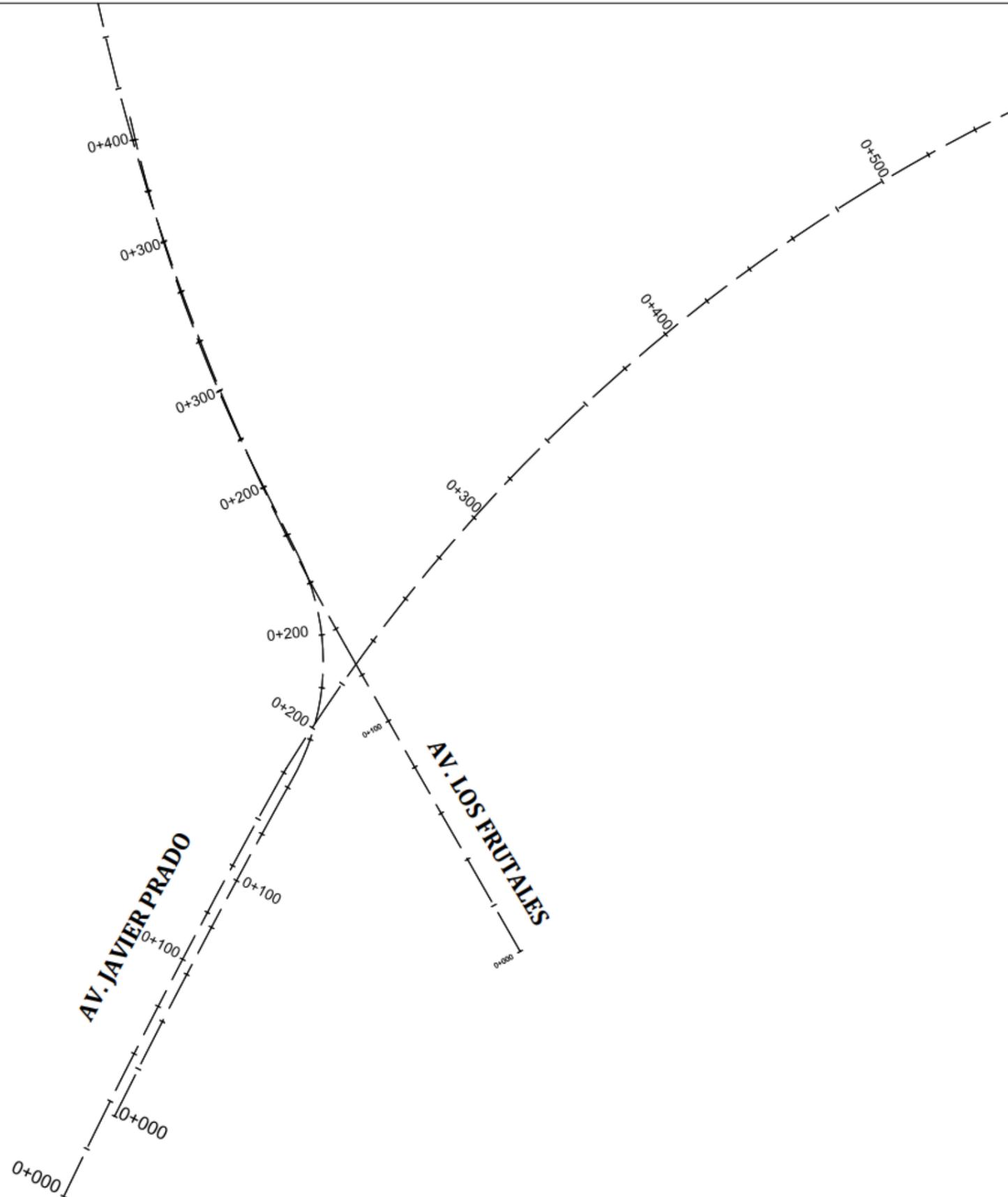
Sección Transversal del Intercambio Diamante Divergente



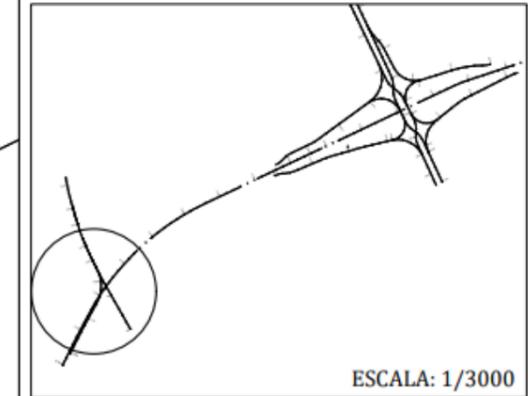
Nota. Adaptado de Istram Ispol (2022).

ANEXO 6.

**PROGRESIVAS DE LA PROPUESTA VIAL GANADORA (PASO
ELEVADO DE GIRO CENTRAL A LA IZQUIERDA E
INTERCAMBIO DIAMANTE DIVERGENTE)**



ESCALA: 1/1200



ESCALA: 1/3000


UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JA VIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

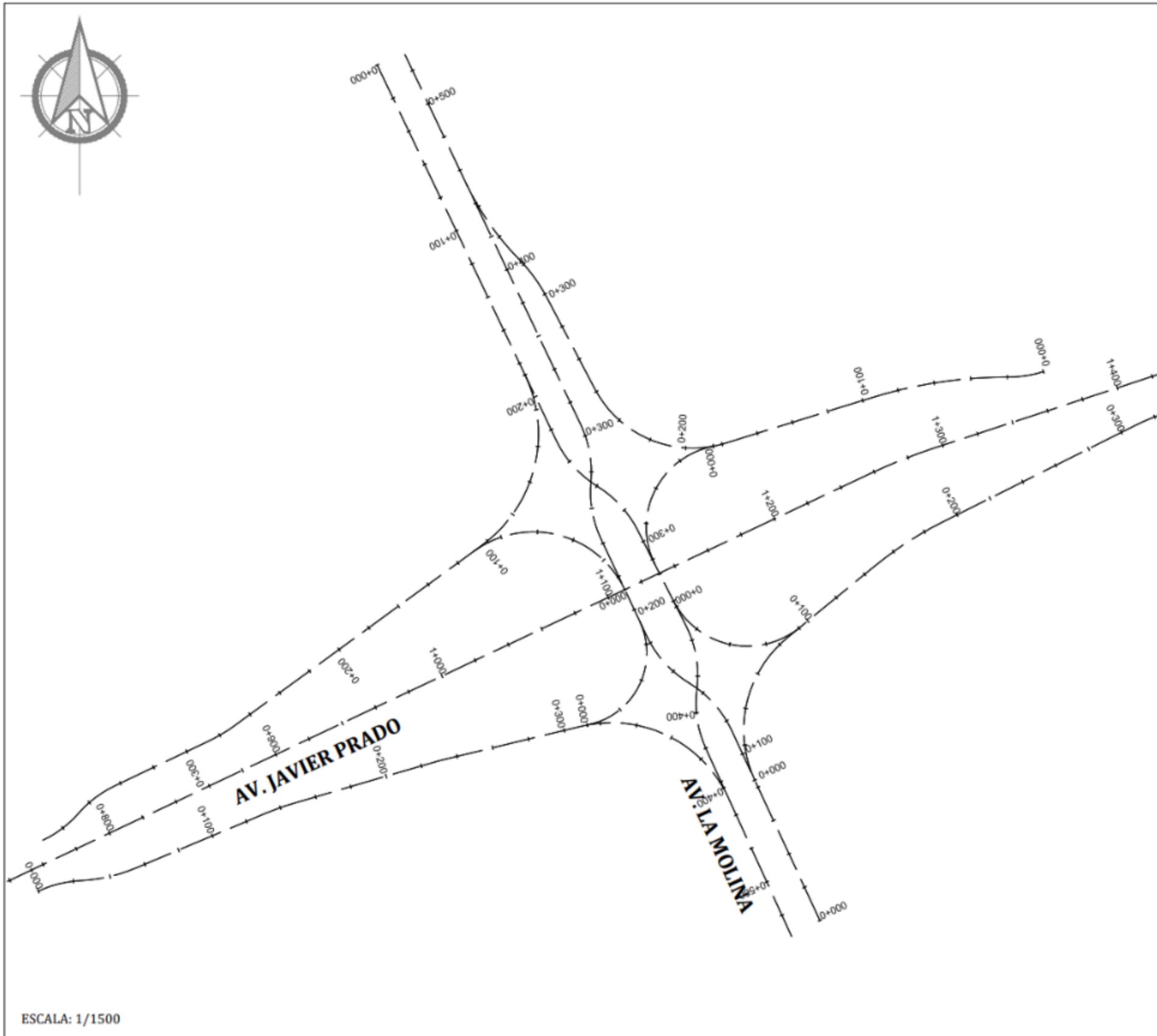
UBICACIÓN:
 AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

ESPECIALIDAD:
 PROGRESIVAS EN LA PROPUESTA VIAL GANADORA PASO ELEVADO DE GIRO CENTRAL A LA IZQUIERDA (CTOL) EXPORTADO DEL SOFTWARE ISTRAM ISPOL

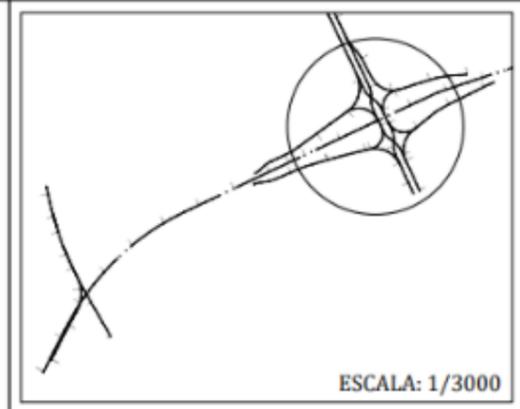
TESISTAS:
 ALCCA HUA JURO JHAN MARCO (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA:
 INDICADA
FECHA:
 25/11/2022
VISTA:
 PLANTA

LÁMINA:
PF-1



ESCALA: 1/1500



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 AV. JAVIER PRADO CON AV. LA MOLINA

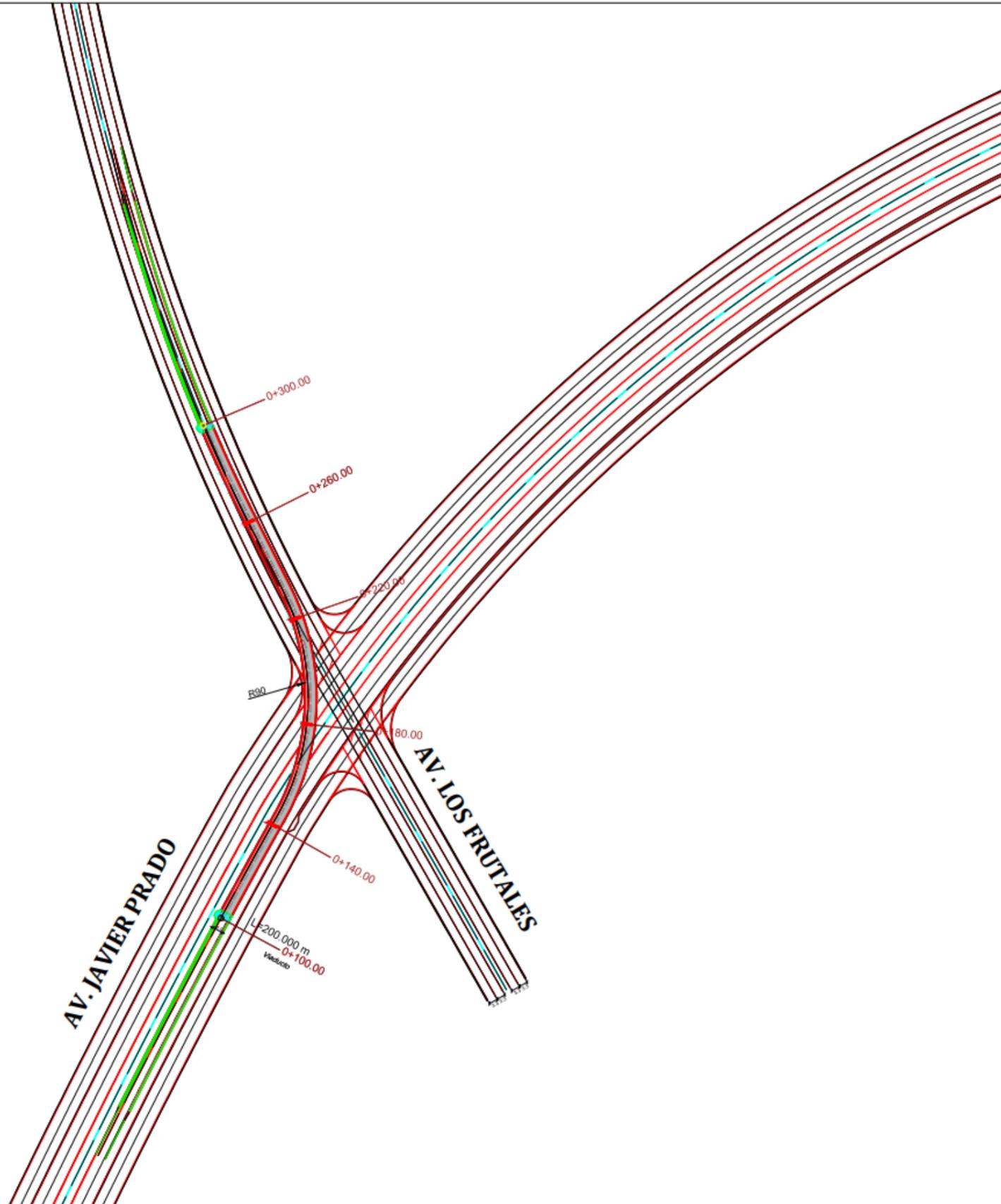
ESPECIALIDAD:
 PROGRESIVAS
 EN LA PROPUESTA VIAL GANADORA INTERCAMBIO DIAMANTE DIVERGENTE (EXPORTADO DEL SOFTWARE ISTRAM ISPOL)

TESISTAS:
 ALCCAHA JURO JHAN MARCO (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

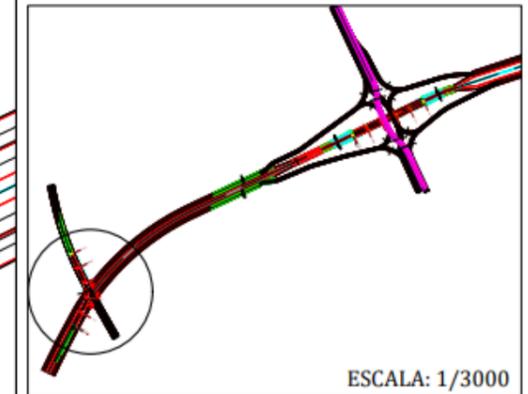
ESCALA: INDICADA	LÁMINA: PM-1
FECHA: 25/11/2022	
VISTA: PLANTA	

ANEXO 7.

**DISEÑO GEOMÉTRICO CONCEPTUAL EN PLANTA DE LA
PROPUESTA VIAL GANADORA (PASO ELEVADO DE GIRO
CENTRAL A LA IZQUIERDA E INTERCAMBIO DIAMANTE
DIVERGENTE)**



ESCALA: 1/1200



ESCALA: 1/3000


UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JA VIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

ESPECIALIDAD:
 DISEÑO GEOMÉTRICO CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA VIAL GANADORA
 PASO ELEVADO DE GIRO CENTRAL A LA IZQUIERDA (CTOL)
 EXPORTADO DEL SOFTWARE ISTRAM ISPOL

TESISTAS:
 ALCCAHA JURO JHAN MARCO
 (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN
 (shauny_yerba@usmp.pe)

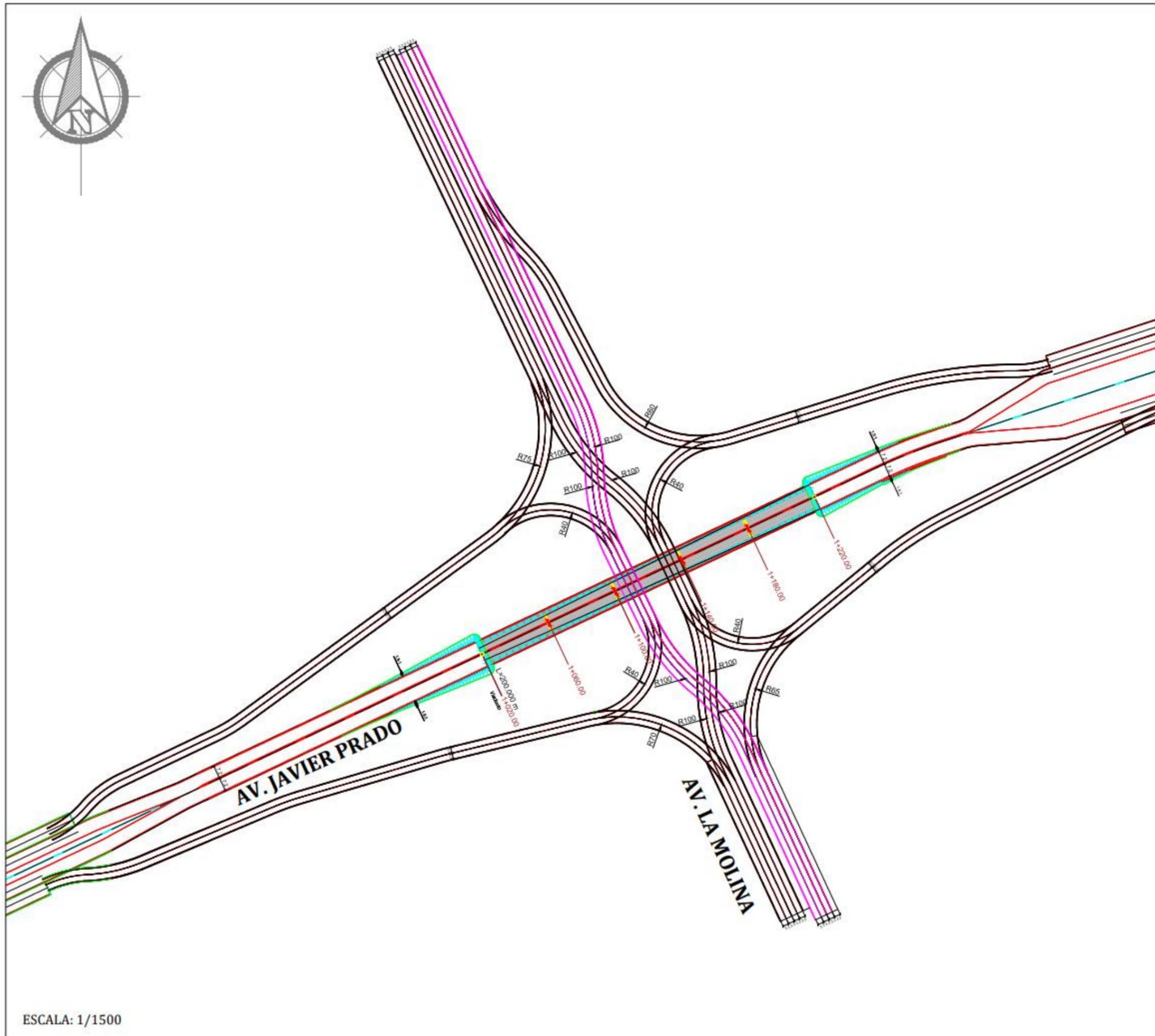
ESCALA:
 INDICADA

FECHA:
 25/11/2022

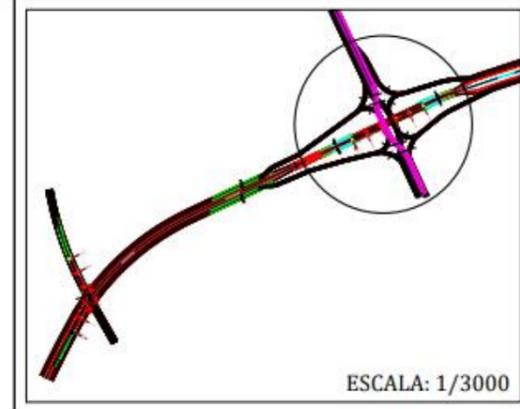
VISTA:
 PLANTA

LÁMINA:

DF-1



ESCALA: 1/1500




UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 AV. JAVIER PRADO CON AV. LA MOLINA

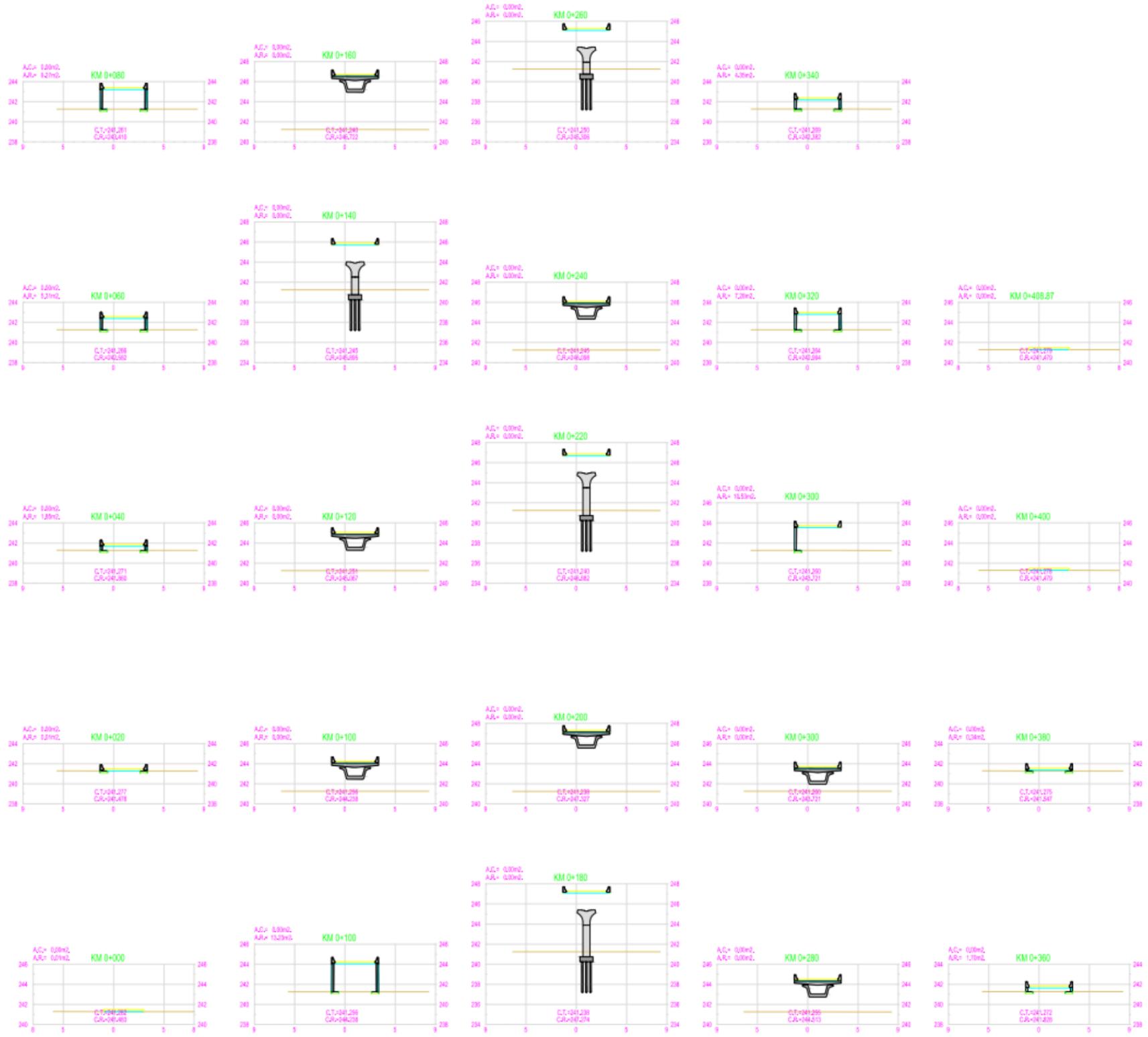
ESPECIALIDAD:
 DISEÑO GEOMÉTRICO CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA VIAL GANADORA INTERCAMBIO DIAMANTE DIVERGENTE (EXPORTADO DEL SOFTWARE ISTRAM ISPOL)

TESISTAS:
 ALCCAHA JURO JHAN MARCO (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

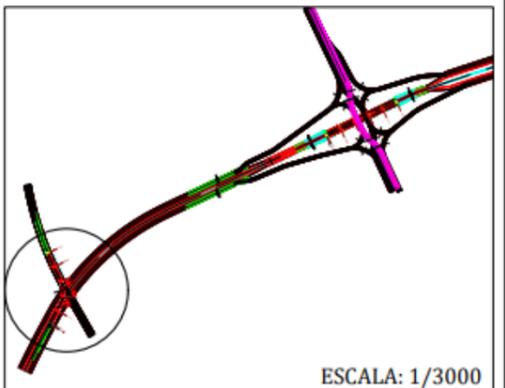
ESCALA: INDICADA	LÁMINA:
FECHA: 25/11/2022	DM-1
VISTA: PLANTA	

ANEXO 8.

SECCIONES TRANSVERSALES DE LA PROPUESTA VIAL GANADORA (PASO ELEVADO DE GIRO CENTRAL A LA IZQUIERDA E INTERCAMBIO DIAMANTE DIVERGENTE)



ESCALA: 1/1500



ESCALA: 1/3000


UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JA VIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 AV. JAVIER PRADO CON AV. LOS FRUTALES

ESPECIALIDAD:
 SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PASO ELEVADO DE GIRO CENTRAL A LA IZQUIERDA (EXPORTADO DEL SOFTWARE ISTRAM ISPOL)

TESISTAS:
 ALCCA HUA JURO JHAN MARCO (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

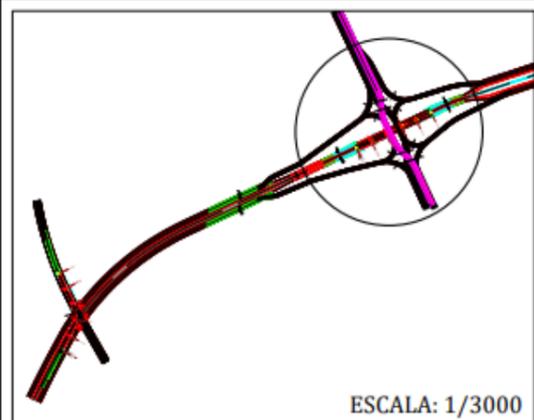
ESCALA:
 INDICADA

LÁMINA:

FECHA:
 25/11/2022

SF-1

VISTA:
 PLANTA



ESCALA: 1/3000


UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA VIAL PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD DE LA AV. JA VIER PRADO TRAMO ÓVALO MONITOR- AV. LA MOLINA UBICADA EN LIMA METROPOLITANA

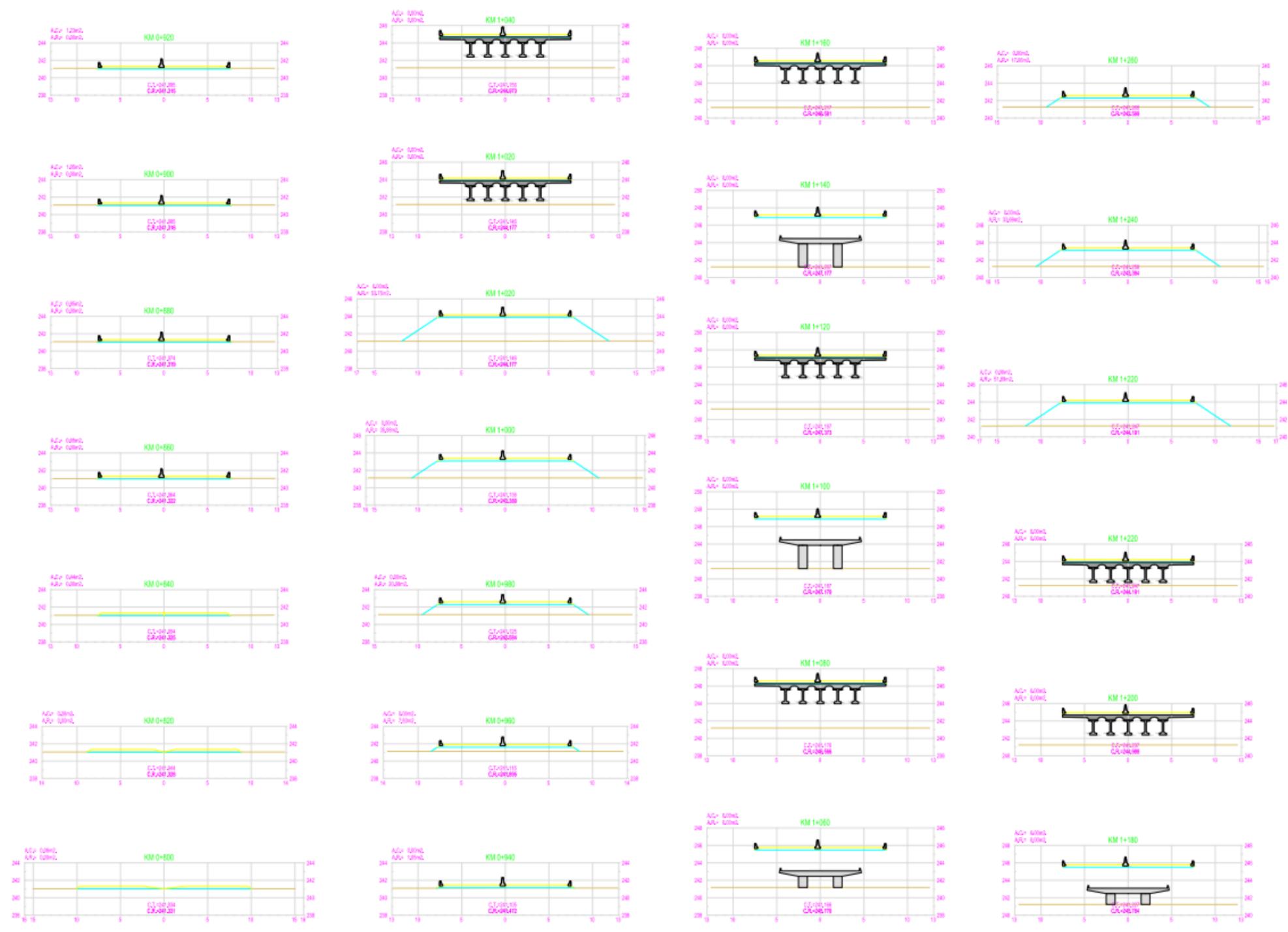
LOCALIZACIÓN:
 DEPARTAMENTO : LIMA
 PROVINCIA : LIMA
 DISTRITO : LA MOLINA
 TRAMO : ÓVALO MONITOR - AV. LA MOLINA

UBICACIÓN:
 AV. JAVIER PRADO CON AV. LA MOLINA

ESPECIALIDAD:
 SECCIÓN TRANSVERSAL DEL INTERCAMBIO DIAMANTE DIVERGENTE (CORTE EN EL PASO A DESNIVEL DE LA AV. JAVIER PRADO) (EXPORTADO DEL SOFTWARE ISTRAM ISPOL)

TESISTAS:
 ALCCAHAUA JURO JHAN MARCO (jhan_alccahua@usmp.pe)
 YERBA MAMANI SHAUNY YERELIN (shauny_yerba@usmp.pe)

ESCALA: INDICADA	LÁMINA: SM-1
FECHA: 25/11/2022	
VISTA: PLANTA	



ESCALA: 1/1800

ANEXO 9.

**PROCESO DE RENDERIZADO EN LUMION DE LA
PROPUESTA VIAL GANADORA (PASO ELEVADO DE GIRO
CENTRAL A LA IZQUIERDA E INTERCAMBIO DIAMANTE
DIVERGENTE)**

Proceso de Renderizado en Lumion

Primero, se importa el modelo tridimensional de la propuesta óptima en formato OBJ, como se aprecia en la Figura N°224 y seguidamente se hace los retoques añadiendo texturas realistas al modelo importado de Istram:

Figura 227

Modelo del Intercambio Diamante Divergente importado de Istram



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Figura 228

Modelo del paso elevado de giro central importado de Istram

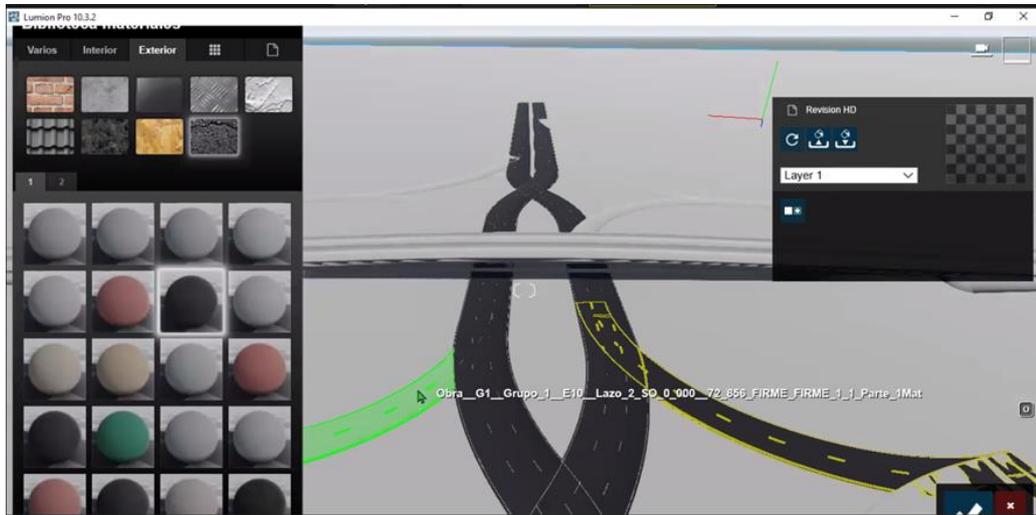


Nota. Elaborado por los autores (2022).

Seguidamente se añade todos los elementos que le den contexto al lugar de estudio y a la propuesta óptima, por ejemplo, se añade la señalización de las vías, áreas verdes, edificaciones, vehículos, peatones, entre otros; asimismo se añaden texturas hasta obtener un render lo más realista posible:

Figura 229

Aplicación de texturas al modelado en 3D del Intercambio Diamante Divergente.



Nota. Elaborado por los autores (2022).

Asimismo, se añade los materiales necesarios para construir en contexto de la Av. Javier Prado Tramo Óvalo Monitor- Avenida La Molina:

Figura 230

Aplicación del tránsito vehicular al lugar de estudio



Nota. Elaborado por los autores (2022).

ANEXO 10.

**RENDERIZADO EN LUMION DE LA PROPUESTA VIAL
GANADORA (PASO ELEVADO DE GIRO CENTRAL A LA
IZQUIERDA E INTERCAMBIO DIAMANTE DIVERGENTE)**

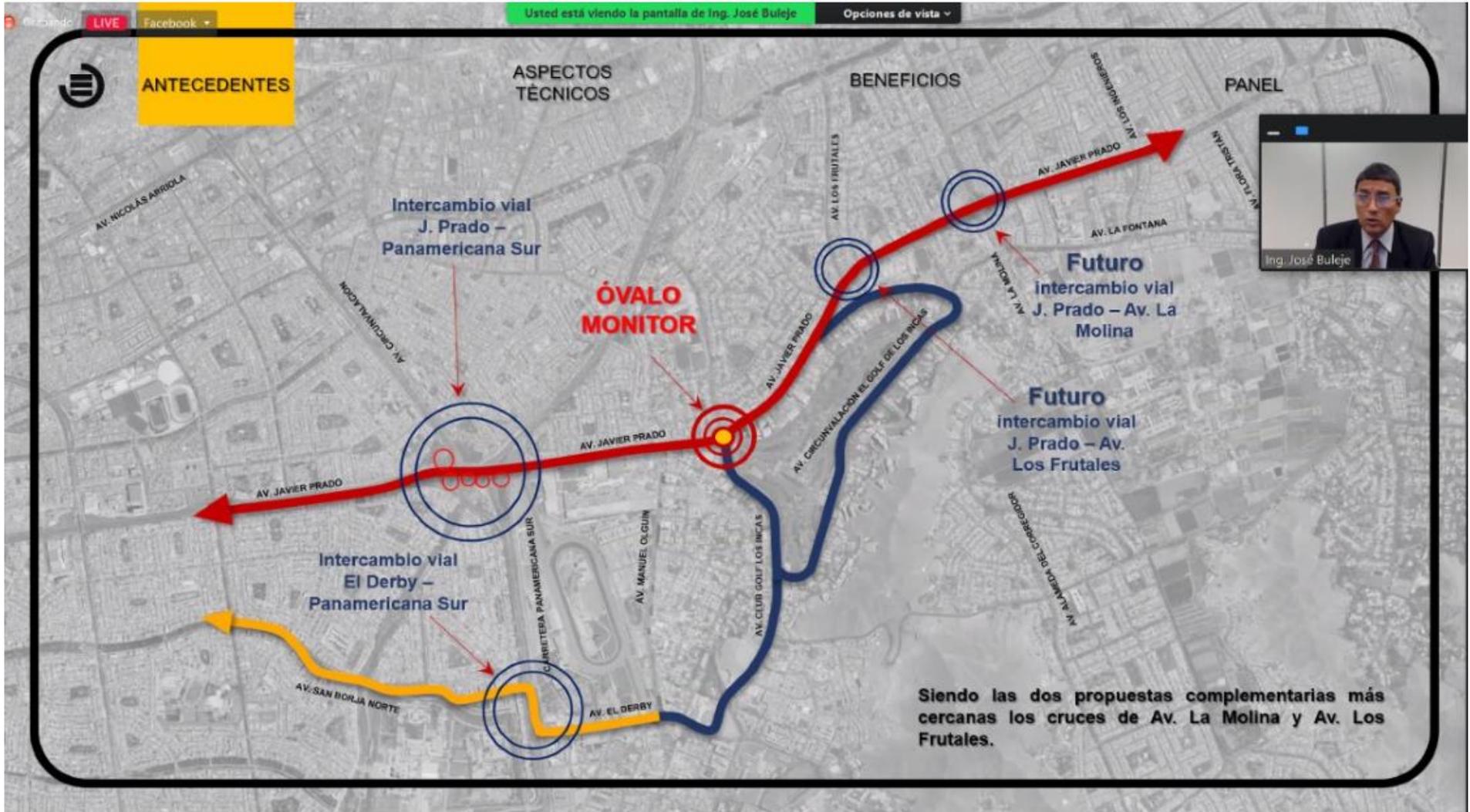
Propuesta Vial N°2 (Ganadora): Paso Elevado de Giro Central a la Izquierda ubicado en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina



Propuesta Vial N°2 (Ganadora): Intercambio Diamante Divergente ubicado en la Intersección de la Av. Javier Prado con Av. La Molina



Anexo 11. Proyección de intercambios viales en el tramo en estudio.



Nota. Tomado de EMAPE (2022)

Anexo 12. Recorrido de la Futura Línea 04 de Lima



Nota. Tomado de EMAPE (2022). Nótese la presencia de las Estaciones Los Frutales y La Molina, razón por la que las propuestas viales planteadas en la presente investigación serán a desnivel más no subterráneas.

REFERENCIAS

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 6TH Edition.*
https://www.academia.edu/33524500/AASHTO_Green_Book_2011_PDF

Antequera, M., Poblet, A., & González, R. (2013). Intersecciones Innovadoras: Implementación del Diamante Divergente, 6(2013), 38-50.
<https://docplayer.es/85785767-Interseccioness-innovadoras-implementation-del-diamante-divergente.html>

Assina, W., & Masias, J. (2020). *"Propuesta de un modelo con velocidad variable como mejora de la congestión vehicular en la vía expresa Javier Prado, entre el óvalo Monitor Huáscar y Paseo de la República". [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]*
<http://hdl.handle.net/10757/650404>

Ayala, A. (2012). *"Simulación de Trafico en el Tramo de la Av. Interoceánica Comprendido entre la Calle González Suárez y Francisco Pizarro. [Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito].*
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3783/1/103450.pdf>

Castillo, C., & Olaya, Y. (2021). *Estudio y propuesta de mejora de la transitabilidad vehicular y peatonal en la Av. Ignacia Schaeffer, del distrito de Tambogrande – Piura – Piura. [Tesis de maestría, Universidad Privada Antenor Orrego].* <https://hdl.handle.net/20.500.12759/7017>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2003). *Congestión y tránsito: El problema y como enfrentarlo.*
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27813/S0301049_es.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Cerquera, F. (2007). *Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial.*
<https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1222/1/RED-1.pdf>

Chávez, V. (2005). *Manual de diseño geométrico de vías urbanas.*

[Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas \(Libro-PDF\) - Civil21](#)

Chuco, B., & Perez, C. (2020). *"Análisis experimental de intersecciones amplias tipo cruz en base a la metodología de flujo continuo, caso avenida república de Venezuela con la avenida Aurelio García y García". [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]*
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/653433>

Diario El Peruano. (2022). *Policía se encargará de las multas por exceso de velocidad que alcanzarán hasta los 2,300 soles. Diario Oficial del Bicentenario El Peruano.* [https://elperuano.pe/noticia/177303--policia-estara-a-cargo-de-las-multas-por-exceso-de-velocidad-que-alcanzaran-hasta-s-2300#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20Reglamento%20Nacional%20de,eran%2060%20km%2Fh\).](https://elperuano.pe/noticia/177303--policia-estara-a-cargo-de-las-multas-por-exceso-de-velocidad-que-alcanzaran-hasta-s-2300#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20Reglamento%20Nacional%20de,eran%2060%20km%2Fh).)

Federal Highway Administration. (2009). *Displaced Left-Turn Intersection.*
<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/09055/09055.pdf>

Felizia, J., & Felizia, L. (2018). *Highway Capacity Manual 2016. Universidad de Buenos Aires.*
https://aulavirtual.fio.unam.edu.ar/pluginfile.php/262008/mod_resource/content/0/2.%20Autopistas%20apunte.pdf

Federal Highway Administration. (2010). *Alternative Intersections/Interchanges: Informational Report (AIIR).*
<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/09060/09060.pdf>

Federal Highway Administration. (2020). *Intercambio Diamante Divergente, solución innovadora para mejorar la seguridad y movilidad. (A. F. (FHWA), Ed.)* <https://safety.fhwa.dot.gov/intersection/crossover/fhwas14039.pdf>

Federal Highway Administration. (2020). *An Innovative, proven solution for improving safety and mobility at Interchanges.*

<https://safety.fhwa.dot.gov/intersection/crossover/fhwas14039.pdf>

Freyre, J. (2014). *Lima en Tránsito. Semáforos (más) inteligentes: evitando el caos en tiempo real:*

<https://limaentransito.blogspot.com/2014/03/semaforos-mas-inteligentes-evitando-el.html>

Gibson, J. (2001). *Teoría de Flujos Vehiculares Apuntes de Clase. División Ingeniería de Transporte.*

https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/2/CI43C/1/material_docente/bajar?id=203201&bajar=1

Guavita, C., López, L., & Garzón, N. (2016). *Capacidad en intersecciones a desnivel para zonas urbanas: Un estado del arte. Revista Ingeniería Gran Colombiana.*

<https://n9.cl/sqc4m>

Hernández, S. R. (2014). *metodología de la investigación. (6ta edición). Mc Graw Hill.*

<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). *Instituto Nacional de Estadística e Informática.*

<http://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>

Ingeneering Policy Guide. (2022). *Single Point Urban Interchanges (SPUIs).*

[https://epg.modot.org/index.php/234.4_Single_Point_Urban_Interchanges_\(SPUIs\)](https://epg.modot.org/index.php/234.4_Single_Point_Urban_Interchanges_(SPUIs))

Ingeniería Tv. (2021). *Microsimulación para el análisis de la movilidad.*

[Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=CNs8d0cmmbg&t=1473s>

Jerick, F. (2013). *Lima en Transito: El giro a la izquierda.*

<https://limaentransito.blogspot.com/2013/07/el-giro-la-izquierda.html>

Jewel J., Imalka M., Trinh H., & Amit K. (2022). *A Comparative Analysis of Innovative Interchanges: Single Point Interchange, Displaced Left-Turn Interchange, and Diverging Diamond Interchange.*
<https://ascelibrary.org/doi/epdf/10.1061/9780784484340.008>

Lima, M. (2001). *Aprueban el Plano del Sistema Vial Metropolitano de Lima.*
https://apcvperu.gob.pe/files/marcolegal/ORDENANZA_Nro_341.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño geométrico DG-2018.*
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/19538/1_0_4038.pdf

Mogalli, M., Al-Mansour, A., & Mark Lee, S. (2019). *Comparison between Diverging Diamond.* *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 13(2), 109 -114. <https://core.ac.uk/download/pdf/211843072.pdf>

Morales, J., & Tantalean, K. (2021). *Propuesta de diseño de una intersección doble diamante modificada multimodal en el cruce de las Avenidas Salaverry-Cádiz y Jirón Huiracocha, Lima. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]* <http://hdl.handle.net/10757/658729>

Mozo, S. J. (2011). *Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio de Segmentos Básicos de Autopistas, Segmentos Trenzados y Rampas de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras HCM2000 aplicando MathCad [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México].*
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/417>

Muchlisin, M. (2019). *Modeling an Unconventional Intersection by Using Single-Point Urban Interchange with PTV.VISSIM.* *Atlantis Press.*
<https://www.atlantis-press.com/proceedings/icosite-19/125919779>

Park, S. (2017). *Sensitivity Analysis of Operational Performance Under Conventional Diamond Interchange and Diverging Diamond Interchange.* [Tesis de maestría, Georgia Institute of Technology]. <https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/59287/PARK-THESIS-2017.pdf>

Permanent International Association of Road Congresses. (2020). *Ficha de términos.* <https://acortar.link/jS1vLz>.

Posada, C. (2018). *Aumento continuo del parque automotor, un problema que urge solucionar. La Cámara de Comercio Exterior de Lima, Sección: Comercio Exterior,* 24. https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r816_3/comercio%20Exterior.pdf

Provias Descentralizado. (2009). *Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera EMP. PE-3S (Puno) - Vilque – Mañazo – EMP. PE-34^a* (Huataquita). <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5094/ANEXO%20C%20-%20estudio%20de%20trafico.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Ramadhan, R. (2019). *Comparison of Single Point Urban Interchange and Diverging Diamond Interchange Through Simulation.* [Degree Thesis, University of Dayton] . https://ecommons.udayton.edu/graduate_theses/6724/

Rios, E. (2018). *Modelación del tránsito y propuesta de solución vial a la Av. Cáceres con INFRAWORKS y SYNCHRO 8.* [Tesis de grado, Universidad de Piura] <https://hdl.handle.net/11042/3513>

Strebel, I. (2018). *APP "Voz Veloz" ¿Qué puntos de Lima presentan mayor congestión vehicular? Andina, p. 1.* <https://andina.pe/AGENCIA/noticia-que-puntos-lima-registran-mayor-congestion-vehicular-723538.aspx>

Thomson, I., & Bull, A. (2001). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales.* Editorial Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6381/1/S01060513_es.pdf

Vara, A. (2012). *7 pasos para una tesis exitosa.* <https://n9.cl/2h31>.

Vertiz Zabaleta, J. C., & Ramos Avalos, V. E. (2020). "Propuesta de mejora de niveles de servicio en la intersección vial entre la carretera Panamericana Sur km 37.5 y el puente Arica en la ciudad de Lima" [Tesis de grado, Universidad de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/648867>

Vijayendra R, L., Park, B., Garber, J., Nicholas, D., Michael, E., & Fontaine, M. (2004). *Development of left-turn lane guidelines for signalized and unsignalized intersections.* <https://acortar.link/FLGnn6>

Virginia Department of Transportation. (2022a). *Distribuidor en diamante divergente (DDI, Diverging Diamond Interchange, por sus siglas en inglés)* https://www.virginiadot.org/images/innovate/DDI_Final_082417_rotate_Spanish.pdf

Virginia Department of Transportation. (2022b). *Giro a la izquierda desplazado (DLT, Displaced Left Turn, por sus siglas en inglés).* https://www.virginiadot.org/images/innovate/DLT_Final_082417_Spanish.pdf

Virginia Department of Transportation. (2022c). *Single-Point Urban and Interchanges.* https://www.virginiadot.org/info/innovative_intersections_and_interchanges/s_pui.asp

