



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Diseño geométrico de una intersección vial entre la Avenida 25 de Junio y la  
Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala**

**AGUIRRE CALVAS CHRISTIAN JOAO  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2025**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Diseño geométrico de una intersección vial entre la Avenida 25 de Junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala**

**AGUIRRE CALVAS CHRISTIAN JOAO  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2025**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**Diseño geométrico de una intersección vial entre la Avenida 25 de  
Junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de  
Machala**

**AGUIRRE CALVAS CHRISTIAN JOAO  
INGENIERO CIVIL**

**MEDINA SANCHEZ YUDY PATRICIA**

**MACHALA  
2025**



# TESIS Christian Aguirre Calvas

6%  
Textos sospechosos



2% Similitudes  
0% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas  
4% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS Christian Aguirre Calvas.docx  
ID del documento: 9da708ca442adb02dfd73b0aa9ddf37d8583894e  
Tamaño del documento original: 6,38 MB

Depositante: YUDY PATRICIA MEDINA SANCHEZ  
Fecha de depósito: 29/7/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 29/7/2025

Número de palabras: 17.354  
Número de caracteres: 118.705

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes de similitudes

### Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://jlacolectivo.com">jlacolectivo.com</a> https://jlacolectivo.com/revistas/index.php/YUYAY/article/view/70 3 fuentes similares	< 1%		📄 Palabras idénticas: < 1% (44 palabras)
2	<a href="https://www.mendeley.com">www.mendeley.com</a>   El congestionamiento vehicular, a... preview & related info... https://www.mendeley.com/catalogue/2da94d05-a8e2-32f3-a596-2673b32b8bc4/	< 1%		📄 Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
3	<a href="https://doi.org/10.3390/su14031506">doi.org</a>   Intersection Signal Timing Optimization: A Multi-Objective Evolutionary A... https://doi.org/10.3390/su14031506	< 1%		📄 Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
4	<a href="https://doi.org/10.3390/app13074484">doi.org</a>   Urban Traffic Signal Control under Mixed Traffic Flows: Literature Review https://doi.org/10.3390/app13074484	< 1%		📄 Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #657af8 👤 Viene de de otro grupo	< 1%		📄 Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
2	Trabajo de Titulación Final-Chuquirima D.docx   Trabajo de Titulación ... #730711 👤 Viene de de mi grupo	< 1%		📄 Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
3	<a href="https://www.machala.gob.ec">www.machala.gob.ec</a> https://www.machala.gob.ec/SIL/2022/ter/plate/PDOT_Machala.pdf	< 1%		📄 Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
4	<a href="https://doi.org/10.3390/su17073254">doi.org</a>   Smart Intersections and Connected Autonomous Vehicles for Sustainabl... https://doi.org/10.3390/su17073254	< 1%		📄 Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	<a href="https://doi.org/10.14500/aro.10915">doi.org</a>   Synchro Software-Based Alternatives for Improving Traffic Operations at... https://doi.org/10.14500/aro.10915	< 1%		📄 Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)

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

1	<a href="https://doi.org/10.1016/j.treng.2021.100052">https://doi.org/10.1016/j.treng.2021.100052</a>
2	<a href="https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss45.2022pp74-83">https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss45.2022pp74-83</a>
3	<a href="https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2022.03.001">https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2022.03.001</a>
4	<a href="https://doi.org/10.59343/yuyay.v3i2.70">https://doi.org/10.59343/yuyay.v3i2.70</a>
5	<a href="https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1732">https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1732</a>

## Puntos de interés



□

□ UTMACH (@utmach1969) / X

UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

VIL

Diseño geométrico de una intersección vial entre la Avenida 25 de Junio y la facultad de agronomía de la Universidad Técnica de Machala

CHRISTIAN J. AGUIRRE CALVAS  
INGENIERO CIVIL

MACHALA

□

2025

□ UTMACH (@utmach1969) / X

UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño geométrico de una intersección vial entre la Avenida 25 de Junio y la facultad de agronomía de la Universidad Técnica de Machala

CHRISTIAN J. AGUIRRE CALVAS  
INGENIERO CIVIL

MACHALA

2025

□ UTMACH (@utmach1969) / X

UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño geométrico de una intersección vial entre la Avenida 25 de Junio y la facultad de agronomía de la Universidad Técnica de Machala

CHRISTIAN J. AGUIRRE CALVAS  
INGENIERO CIVIL

MEDIA SANCHEZ YUDY PATRICIA

MACHALA

2025

DEDICATORIA

A mis padres, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida. A mi mamá, por su paciencia, sus consejos oportunos y por estar siempre presente, incluso en los momentos de mayor dificultad.

A mi papá, por su ejemplo de responsabilidad y dedicación, y por motivarme a seguir adelante cada vez que las circunstancias parecían complicarse.

Ambos me han enseñado, más con hechos que con palabras, que el compromiso y el esfuerzo constante son la base para alcanzar cualquier meta. Gracias por confiar en mí y por darme el espacio para aprender de mis propios errores, siempre brindando su apoyo cuando lo he necesitado.

Este trabajo representa no solo mi esfuerzo, sino también el de ustedes, que han estado acompañándome de forma silenciosa pero decisiva en cada paso del camino.

A ustedes dedico este logro, como muestra de mi gratitud y reconocimiento.

Atentamente:

Christian J. Aguirre Calvas

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a mis padres. Su apoyo incondicional ha sido la base de cada paso que he dado a lo largo de mi formación.

Gracias por su esfuerzo, paciencia y por enseñarme que la constancia y el trabajo honesto son la mejor manera de alcanzar cualquier meta. No solo me brindaron la oportunidad de estudiar, sino que siempre confiaron en mis decisiones, acompañándome tanto en los momentos de avance como en los de dificultad. Todo lo logrado en este proceso es, en gran parte, reflejo del ejemplo y los valores que me han transmitido. A ustedes les debo mucho más que una titulación; les debo la motivación y la fortaleza para no rendirme.

Agradezco también a todas las personas que me acompañaron durante este camino, aportando su tiempo, palabras de aliento o amistad en los distintos momentos de este proceso.

Incluso a quienes tomaron otros rumbos, les reconozco el lugar que ocuparon en mi vida y en mi crecimiento.

De manera especial, extiendo mi agradecimiento a mi tutora de proyecto de titulación, la ingeniera Yudy Medina. Aprecio enormemente la oportunidad que me brindó al confiar en mi capacidad para asumir este desafío. Su orientación, paciencia y compromiso fueron clave para que pudiera culminar este trabajo con seguridad y responsabilidad. Gracias por creer en mí y acompañarme en cada etapa de este proyecto.

A todos, mi gratitud más sincera.

Atentamente:

Christian J. Aguirre Calvas

## RESUMEN

En la ciudad de Machala, la conexión directa entre la avenida 25 de Junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica presenta deficiencias funcionales que afectan la movilidad urbana y la seguridad vial. La falta de una intersección adecuada obliga a realizar maniobras riesgosas y recorridos prolongados, especialmente para los usuarios que provienen del cantón Santa Rosa o se dirigen al centro urbano, lo que incrementa los tiempos de viaje y genera conflictos operacionales. Frente a esta problemática, se plantea el diseño geométrico de una intersección canalizada y semaforizada que restablezca la conectividad y optimice el flujo vehicular en el sector.

El estudio inició con un levantamiento topográfico detallado, empleando estación total y GPS, para definir los parámetros geométricos del área. Se realizaron aforos vehiculares sobre la Av. 25 de Junio y en el acceso a la Facultad, complementados con un aforo origen-destino, con el fin de caracterizar la demanda y los patrones de movimiento. Posteriormente, se calcularon los radios mínimos de giro, ancho de carril y sobreecho, y se diseñaron los ramales de acceso, salida y retorno, utilizando criterios técnicos de la normativa NEVI-12 y el software AutoCAD Civil 3D.

Se elaboró una propuesta de semaforización multietapa, basada en el cálculo de tiempos amarillos, todo rojo, ciclo óptimo (Co) y reparto proporcional del verde, mediante las fórmulas del HCM y validación en hojas de cálculo. La propuesta fue ingresada en el software Synchro, donde se configuraron las fases semafóricas y se evaluó el desempeño operativo de la intersección. Los resultados reflejan una mejora sustancial en el nivel de servicio (LOS A, B y C), reducción de demoras, maniobras seguras y eliminación de giros improvisados.

El rediseño propuesto demuestra ser una solución técnicamente viable y normativamente sustentada para resolver los problemas de conectividad en la zona académica, mejorando la eficiencia vial y la seguridad para todos los usuarios.

Palabras claves:

Intersección vial, aforo vehicular, levantamiento topográfico, Synchro, semaforización, NEVI-12, trazado geométrico, movilidad urbana, Av. 25 de Junio, Facultad de Agronomía.

## ABSTRACT



In the city of Machala, the lack of a proper intersection between Avenida 25 de Junio and the Faculty of Agronomy at the Technical University has resulted in significant functional deficiencies affecting urban mobility and traffic safety. The absence of a dedicated connection forces users—especially those coming from Santa Rosa or heading downtown—to make risky maneuvers and take long detours, increasing travel time and operational conflicts. To address this issue, a geometric design for a channelized and signalized intersection is proposed, aimed at restoring connectivity and optimizing vehicular flow in the area.

The study began with a detailed topographic survey using total station and GPS equipment to define the geometric parameters of the site. Traffic counts were conducted on Av. 25 de Junio and at the access point to the Faculty, complemented by an origin-destination survey to understand travel demand and movement patterns. Turning radii, lane width and widening requirements were calculated, and the access, exit, and return ramps were designed in compliance with NEVI-12 standards, using AutoCAD Civil 3D.

A multi-phase traffic signal plan was developed based on the calculation of yellow and all-red intervals, optimal cycle time (Co), and proportional green time allocation, applying HCM formulas and spreadsheet validation. The proposal was modeled in Synchro software, where signal phases were configured and the operational performance of the intersection was evaluated. Results showed a significant improvement in Level of Service (LOS A, B, and C), reduced delays, safer maneuvers, and elimination of informal turning patterns.

The proposed redesign proves to be a technically feasible and normatively sound solution to solve the current connectivity problems in this academic zone, improving traffic efficiency and user safety.

Keywords:

Intersection design, traffic counts, topographic survey, Synchro, signal timing, NEVI-12, geometric layout, urban mobility, Av. 25 de Junio, Faculty of Agronomy.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA I

AGRADECIMIENTO II

RESUMEN III

ABSTRACT IV

INDICE DE TABLAS VI

INTRODUCCIÓN I

IMPORTANCIA DEL TEMA 1

ACTUALIDAD DE LA PROBLEMÁTICA 2

ESTRUCTURA DEL TRABAJO 3

1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4

1.



1.1 POBLACIÓN 4

1.1.1 Situaciones turísticas 4

1.1.2 Educación y Salud 5

1.1.3 Alcantarillado 6

1.1.4 Agua potable 7

1.1.5 Hidrografía 7

1.1.6 Topografía 8

1.1.7 Topografía 8

1.1.8 Uso del suelo 9 Amenazas y/o riesgos 9

1.1.9 Intensidad sísmica 9

1.1.10 Susceptibilidad a la erosión 10

1.1.11 Inundaciones 10

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLÉMICA (CAUSAS Y EFECTOS) 12

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 13

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO 14

1.5 JUSTIFICACIÓN 15

1.6 OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS 16

1.6.1 Objetivo general 16

1.6.2 Objetivos específicos 16

- 2.CAPITULO II: MARCO TEÓRICO17
- 2.1ANTECEDENTES CONTEXTUALES17
- 2.2ANTECEDENTES CONCEPTUALES20
- 2.2.1Clasificación de intersecciones21
- 2.2.2Volumen de tráfico23
- 2.2.3Capacidad23
- 2.2.4Nivel de servicio24
- 2.2.5Velocidad de circulación26
- 2.2.6Ensanchamientos en curvas horizontales27

- 2.
- 2.7Distancia de visibilidad de detención28
- 2.



- 2.8Señalización vial30
- 2.2.9Señalización vial horizontal30
- 2.
- 2.10Categorización de las señales horizontales según su forma31
- 2.



- 3ANTECEDENTES REFERENCIALES31
- 3.CAPITULO III. METODOLOGÍA35
- 3.1ENFOQUE METODOLÓGICO35
- 3.2ETAPAS METODOLÓGICAS35

- 3.
- 2.1Diagnóstico inicial de la vía existente35
- 3.2.2Levantamiento topográfico y aforos vehiculares35
- 3.2.3Clasificación y análisis funcional de la intersección36
- 3.2.4Cálculo de los tiempos semafóricos36
- 3.2.5Diseño geométrico de la propuesta36
- 3.



- 2.6Evaluación técnica y recomendaciones37
- 3.
- 2.7Herramientas e instrumentos a emplearse37
- 3.2.8Criterios de validación y normativa aplicada37
- 3.2.9Métodos y técnicas para cada objetivo38
- 4.



- CAPITULO IV. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS39
- 4.1Condiciones actuales de la vía39
- 4.1.1Levantamiento topográfico39

- 4.
- 1.1.1Planificación y preparación del equipo40
- 4.1.1.2Planificación y preparación del equipo42
- 4.



- 1.1.3Establecimiento de puntos de control42
- 4.
- 1.2Instalación y orientación de la estación total43
- 4.1.2.1Levantamiento de puntos en terreno43
- 4.1.2.2Verificación de calidad y cierre43
- 4.



- 1.3Aforo vehicular44
- 4.1.4Identificación de conflictos y deficiencias44
- 4.2Propuesta de rediseño geométrico45
- 4.
- 2.1Plano base del rediseño46
- 4.2.2Calculo de elementos geométricos50
- 4.2.2.1Radio mínimo de giro50
- 4.



- 2.3Vehículo Pesado – CITY BUS51
- 4.2.4Vehículo Liviano – PASSENGER CAR52
- 4.
- 2.5Ancho de carril y sobrecarril54
- 4.2.6Longitud de almacenamiento y visibilidad55
- 4.2.7Diseño de ramales de acceso y salida56
- 4.



2.8 Ramales de ingreso 57

4.2.9 Ramales de salida 57

4.

2.10 Giros protegidos y retornos 57

4.3.1 Ubicación y función de las islas 58

4.3.2 Dimensiones geométricas 58

4.4 Justificación funcional y normativa 60

4.5 Diseño semafórico 61

4.5.1 Descripción de fases y movimientos vehiculares 61

4.5.2 Asignación de fases semafóricas 61

4.5.3 Determinación del tiempo de ciclo y reparto de tiempos semafóricos 63

4.5.3.1 Cálculo del tiempo amarillo ( $A_i$ ) y all-red (TR) 63

4.5.3.2 Parámetros básicos 64

4.5.3.3 Relación de flujo ( $Y_i$ ) 64

4.5.3.4 Cálculo del ciclo óptimo ( $C_o$ ) 64

4.5.3.5 Reparto proporcional del verde efectivo ( $g_i$ ) 64

4.5.3.6 Ajuste a tiempos reales por fase ( $G_i$ ) 65

4.6 Simulación operativa del diseño propuesto 65

4.6.1 Modelación Synchro y Nivel de servicio por movimiento y por carril 65

4.7 Comparación de situación actual 67

4.7.1 Análisis comparativo de indicadores operativos 67

4.7.2 Validación técnica según normativa NEVI-12 y guía técnica 68

4.7.3 Validación del diseño 69

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 70

5.1 Conclusiones respecto a los objetivos 70

5.



2 Conclusión general 70

5.3 Recomendaciones 71

Referencias 72

ANEXOS 76

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1:

Población del cantón Machala 4

Tabla 2: Situación turística del cantón Machala 4

Tabla 3: Educación y salud del cantón Machala 5

Tabla 4: Establecimientos de salud en el cantón Machala 6

Tabla 5: Alcantarillado en el cantón Machala 6

Tabla 6: Agua potable en el cantón Machala 7

Tabla 7: Uso del suelo en el cantón Machala 9

Tabla 8: Clasificación funcional de las vías en base del TPDA 24

Tabla 9: Niveles de servicio según el tipo de vía 24

Tabla 10: Nivel de servicio 25

Tabla 11: Velocidades de diseño del MTOP según la clasificación de la vía 26

Tabla 12: Velocidades de diseño para intersecciones 26

Tabla 13: Relaciones entre velocidades de circulación y de diseño 27

Tabla 14: Sobre ancho de la calzada en curvas circulares 28

Tabla 15: Distancia de parada 28

Tabla 16: Herramientas e instrumentos a emplearse 37

Tabla 17: Métodos y técnicas según el objetivo 38

Tabla 18: Aforo vehicular principal 44

Tabla 19: Aforo vehicular origen - destino 44

Tabla 20: Flujos de fases 61

Tabla 21: Relación para distribución de verde en fases 64

Tabla 22: Verde efectivo 65

Tabla 23: Verde Real 65

Tabla 24:



ICU LOS Synchro 66

Tabla 25: Análisis comparativo 68

Tabla 26:

Criterios de validación NEVI 12 68

Tabla 27: Criterios de diseño en la propuesta 69

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Red hídrica del cantón Machala 8

Ilustración 2: Topografía del cantón Machala 8

Ilustración 3: Susceptibilidad a la erosión en el cantón Machala 10

Ilustración 4: Sectores susceptibles a inundaciones del cantón Machala 11

Ilustración 5: Árbol de problemas 13

Ilustración 6: Alcance del proyecto 14

Ilustración 7: Levantamiento topográfico 41

Ilustración 8: Ubicación de puntos referenciales 42

Ilustración 9: Inicio de proyecto en Civil 3D 46

Ilustración 10: Configuración del sistema de referencia47  
Ilustración 11: Inserción de puntos tomados en topografía47  
Ilustración 12: Icono de perfiles48  
Ilustración 13: Creación de alineamientos48  
Ilustración 14: Icono para corredores viales49  
Ilustración 15: Creación de corredores viales49  
Ilustración 16: Trazado geométrico del estado actual del tramo de vía50  
Ilustración 17: Datos técnicos de vehículo diseño 151  
Ilustración 18: Radios de giro para bus de vehicle tracking52  
Ilustración 19: Datos técnicos de vehículo de diseño 252  
Ilustración 20: Radios de giro para vehículo liviano de vehicle tracking53  
Ilustración 21: Geometría de isla 158  
Ilustración 22: Geometría de isla 259  
Ilustración 23: Geometría de isla 359  
Ilustración 24: Geometría de isla 459  
Ilustración 25: Distribución semafórica FASE 162  
Ilustración 26: Distribución semafórica FASE 262  
Ilustración 27: Distribución semafórica FASE 363  
Ilustración 28: Distribución de tráfico en Synchro65

## INTRODUCCIÓN

### IMPORTANCIA DEL TEMA

A nivel urbano, las deficiencias en el diseño de intersecciones generan problemas de conectividad, incremento de tiempos de traslado y conflictos en el flujo vehicular, afectando directamente la funcionalidad de las redes viales. Estas condiciones se presentan con frecuencia en ciudades intermedias del Ecuador, donde el crecimiento urbano supera la capacidad operativa de la infraestructura existente.

En el caso particular de la ciudad de Machala, la falta de un empalme directo entre la avenida 25 de Junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica ha provocado una circulación vehicular poco eficiente, obligando a los usuarios a realizar recorridos largos o maniobras inseguras. Esta situación impacta negativamente en la movilidad de estudiantes, docentes y ciudadanía en general, dificultando el acceso a un sector educativo de gran importancia.

Frente a esta problemática, resulta necesario proponer soluciones técnicas que contemplen el diseño geométrico de una intersección funcional, adaptada a las condiciones actuales del entorno. Este estudio permitirá disponer de una alternativa viable para mejorar la circulación y la accesibilidad urbana, alineada con criterios normativos de seguridad y eficiencia vial.

### ACTUALIDAD DE LA PROBLEMÁTICA

Debido al crecimiento urbano acelerado y al incremento del parque automotor en la ciudad de Machala, se ha generado una mayor demanda de infraestructura vial que responda de forma eficiente a las necesidades de conectividad entre diferentes zonas de la ciudad. Sin embargo, algunos sectores aún presentan deficiencias en su estructura vial, como es el caso de la conexión entre la avenida 25 de Junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala.

En comparación con otras ciudades que han logrado implementar soluciones de conectividad más directas y funcionales, en este sector persiste la ausencia de una intersección que permita una circulación vehicular fluida y segura. Esta carencia afecta la accesibilidad hacia instalaciones académicas y genera recorridos prolongados, congestión vehicular y riesgo de maniobras indebidas, especialmente en horarios de alta demanda. A pesar del avance en otras áreas del sistema vial urbano, este punto continúa siendo un nodo conflictivo que requiere intervención técnica específica.

### ESTRUCTURA DEL TRABAJO

En el desarrollo del presente trabajo de titulación, el Capítulo I se centra en aspectos fundamentales como la formulación del problema, la delimitación del área de estudio, la definición de los objetivos generales y específicos, así como la justificación técnica del proyecto. Este capítulo tiene como propósito ofrecer una visión detallada de la situación actual de la vía Panamericana E25 en el Cantón Camilo Ponce Enríquez, la cual presenta una condición de flujo libre sin control interseccional, generando conflictos operativos y riesgos en los movimientos de acceso y retorno.

El Capítulo II recoge los antecedentes teóricos necesarios para contextualizar y fundamentar el diseño geométrico de intersecciones. Se abordan conceptos clave desde tres niveles de análisis: macro, meso y micro, abarcando los fundamentos del funcionamiento de las intersecciones, sus tipologías, criterios normativos y los aportes técnicos más relevantes obtenidos de literatura científica.



Este capítulo incorpora antecedentes contextuales, conceptuales y referenciales que permiten sustentar la propuesta con base en normativas como la NEVI-12 y experiencias documentadas en investigaciones similares.

En el Capítulo III se desarrolla la metodología utilizada para el diagnóstico y planteamiento de la propuesta. Se describen los instrumentos técnicos aplicados, como el levantamiento topográfico, los aforos vehiculares origen-destino, el análisis geométrico normativo y el uso de herramientas especializadas como AutoCAD Civil 3D y el software Synchro para la simulación del comportamiento del tráfico.

El Capítulo IV está destinado al análisis de resultados, donde se presentan de forma ordenada los cálculos geométricos esenciales: radios mínimos de giro, anchos de carril, sobrecanchos, diseño de ramales, semaforización y tiempos de ciclo. Asimismo, se incluye la evaluación de la capacidad de la intersección y del nivel de servicio, con base en los datos de simulación. Finalmente, se expone una propuesta de rediseño geométrico y operativo que optimiza la seguridad vial y mejora la eficiencia del flujo vehicular en el sector estudiado.

### CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ANTECEDENTES (LÍNEA BASE DEL PROYECTO)

#### POBLACIÓN

El Censo de Población y Vivienda del Cantón Machala decía que existían 256.022 habitantes. Sin embargo, según una proyección de la población (INEC, 2017), el taso de Machala a 2020

sería de 289.141 personas, 49,08% hombres y 50,92% mujeres, lo que indica una ligera diferencia en el número de mujeres frente a hombres. El 96% del Cantón se encuentran en el Área rural (Zonas Rurales: Parroquia MACHALA and de la Parroquia El Retiro), mientras que el 4% se encuentran en el área urbana del Cantón, la Ciudad de Machala.

Tabla 1: Población del cantón Machala

□

Fuente: Elaboración propia

#### Situaciones turísticas

Hay un comportamiento errático en la industria turística de Machala sobre el tipo de visitantes a la provincia y al cantón. El Censo Económico 2010 indica que más de 1.200 localidades son más propensas a ser destinos turísticos.

Tabla 2: Situación turística del cantón Machala

□

Fuente: Elaboración propia

#### Educación y Salud

En 2010 había 217.696 alumnos matriculados en las escuelas de Cantón, la mayoría en educación básica y primaria, tanto en zonas urbanas como rurales. La educación debe considerarse un deber cívico y no sólo un servicio.

El Bachillerato General Unificado (con sus tres niveles) tuvo una tasa neta de asistencia del 72,89% en 2017, mientras que el nivel de Educación General Básica (que abarca del primero al décimo grado) tuvo una tasa neta de asistencia del 97,11% en el cantón Machala, según datos del Ministerio de Educación. Estas cifras muestran un aumento de la asistencia en todos los niveles educativos.

Tabla 3: Educación y salud del cantón Machala

□

Fuente: Elaboración propia

Actualmente, Machala cuenta con 72 establecimientos de salud, dos de ellos en la parroquia rural de El Retiro. De ellos, 70 están repartidos por el sistema metropolitano de la ciudad, lo que significa que el 99% de los establecimientos se encuentran en la zona urbana.

Tabla 4: Establecimientos de salud en el cantón Machala

□

Fuente: Elaboración propia

#### Alcantarillado

La parroquia Machala cuenta con una red de alcantarillado con una cobertura del 75% de conexión a la red pública, seguido del tipo fosa séptica con un 13% y un 3% sin conexión alguna, según datos del Censo de Población y Vivienda 2010. De los 1 074 casos de la parroquia El Retiro, el 23% tiene conexión a la red pública de alcantarillado, el 35% tiene pozo séptico y el 11% no tiene ninguna conexión.

Tabla 5: Alcantarillado en el cantón Machala

 [www.machala.gob.ec](https://www.machala.gob.ec)  
[https://www.machala.gob.ec/SIL/2022/ter/plate/PDOT\\_Machala.pdf](https://www.machala.gob.ec/SIL/2022/ter/plate/PDOT_Machala.pdf)

#### Tipo de servicio higiénico o excusado Casos %

Conectado a red pública de alcantarillado 47.790 74,49%

Conectado a pozo séptico 8.581 13,37%

Conectado a pozo ciego 2.104 3,28%

Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada 3.211 5,00%

Letrina 372 0,58%

No tiene 2.102 3,28%

Total 64.160 100,00%

Fuente: Elaboración propia

#### Agua potable

El 18% de la población recibía agua para uso humano a través de la red pública; los pozos suministraban el 10% del agua; los ríos, manantiales y acequias contribuían con el 8%; y otras fuentes suministraban el 1%. El veinte por ciento de los habitantes de la parroquia rural de El Retiro se abastecían a través de la red pública.

Tabla 6: Agua potable en el cantón Machala

#### Procedencia principal del agua recibida Casos %

De red pública 52.010 81,06%

De pozo 6.631 10,34%

Canal 311 0,48%

De carro repartidor 4.420 6,



89%

Otro (Agua lluvia/ albarrada) 788 1,

23%

Total 64.160 100,00%

Fuente: Elaboración propia

#### Hidrografía

La superficie total de Machala es de 13.429 hectáreas, es decir, el 36,06%, de las cuales se encuentran en la cuenca del estero Guajabal, que está en el centro del cantón. Estos lugares se denominan Los Ceibales,



Nuevo Pajonal, Corralitos, Cañas Viejas,

Km 15, San Luis, Sur de Machala y La Unión.

Por otro lado, los sitios de La Primavera, El Limón, La Iberia, El Portón y la porción norte de Machala se ubican al norte del cantón y abarcan 11.960 hectáreas (32,09% de la superficie total del cantón) en la subcuenca y cuenca del río Jubones.

Con una extensión de 11.885 ha, es decir el 31,89% de la superficie total del cantón, la parte sur del cantón se sitúa en las subcuencas de los ríos Santa Rosa, Buenavista y Motuche, todos ellos parte de la cuenca del río Santa Rosa. Los principales poblados del cantón son La



María, La Y del Enano, San José, El Retiro, El Recreo, Motuche y Guarumal.

Ilustración 1: Red hídrica del cantón Machala

□

Fuente: (MACHALA, 2019)

Topografía

El terreno del cantón Machala se define por su planicie; el 94,17% del terreno se encuentra entre 0 y 20 metros sobre el nivel del mar. El terreno del cantón se distribuye según la altura en el mapa.

Ilustración 2: Topografía del cantón Machala

□

Fuente: (MACHALA, 2019)

Uso del suelo

Se utilizó la interpretación de fotos satelitales de los años 2000, 2008 y 2011 para comprender la dinámica del uso del suelo en la zona. Esta investigación permitió observar un aumento del manglar (vegetación arbórea/arbustiva), que pasó del 8,73% en 2008 al 10,76% en 2011. Sin embargo, la superficie utilizada para la producción de camarón disminuyó del 24,57% en 2008 al 22,10% en 2011. De los análisis de estos dos indicios, se puede deducir que en la zona utilizada para producir camarón aumentó la vegetación de manglar. Este fenómeno puede explicarse por los procedimientos de reforestación de manglares descritos en el Decreto Ejecutivo 1391 y llevados a cabo por las autoridades competentes.

Tabla 7: Uso del suelo en el cantón Machala

Cobertura y uso del suelo	2000	2008	2011			
Área (ha) %	Área (ha) %	Área (ha) %	Área (ha) %			
Arbórea/arbustiva	3.488,03	9,36	3.252,90	8,73	4.011,44	10,8
Camaroneras	7.914,59	21,2	9.160,17	24,6	8.236,66	22,1
Cuerpos de agua	1.778,74	4,77	1.778,74	4,77	1.778,74	4,77
Otras tierras	542,05	1,45	459,09	1,23	0	0
Tierras agropecuarias	18.755,50	50,3	19.890,86	53,4	19.452,81	52,2
Vegetación arbustiva y herbácea	2.943,23	7,9	89,93	0,24	0	0
Áreas urbanas	1.853,09	4,97	2.643,54	7,09	3.795,58	10,2
Total	37.275,23	100	37.275,23	100	37.275,23	100

Fuente: Elaboración propia

Amenazas y/o riesgos

Los peligros actuales en Machala se examinan según el componente biofísico. Este componente considera los siguientes factores: movimientos en masa, vulnerabilidad a la erosión y las inundaciones, e intensidad sísmica.

Intensidad sísmica

La fuerza con la que se siente un terremoto en distintos lugares de la zona afectada se conoce como intensidad sísmica. El deslizamiento de grandes bloques de roca a ambos lados de la zona de fractura (de centímetros a metros) libera energía que viaja largas distancias en forma de ondas. Estos terremotos son movimientos y sacudidas de la tierra provocados por la ruptura o acomodación de rocas sometidas a tensión en el subsuelo. La intensidad sísmica de un lugar aumenta con su proximidad a esta zona de fractura.

Susceptibilidad a la erosión

El proceso de identificación de las regiones más vulnerables a la erosión se conoce como susceptibilidad a la erosión. La erosión es un proceso natural en el que el suelo es desplazado de un lugar a otro por el viento o la dinámica fluvial. Este proceso es crucial porque transfiere elementos de un suelo a otro, permitiendo que esos otros suelos recuperen su fertilidad gracias a esos aportes.

Ilustración 3: Susceptibilidad a la erosión en el cantón Machala

□

Fuente: (MACHALA, 2019)

Inundaciones

Las inundaciones se producen por el desbordamiento de agua sobre terrenos adyacentes causado por la descarga de un río que supera la capacidad de contención dentro de las orillas de su cauce habitual. Las zonas amplias y llanas que bordean el cauce principal por una o ambas orillas se conocen como llanuras de inundación, y se encuentran lateralmente en la mayoría de los ríos, normalmente en la cuenca media o baja. Por la riqueza de los suelos y la proximidad del río, estos lugares se ven favorecidos para asentamientos humanos con fines domésticos, agrícolas, industriales y de transporte.



Ilustración 4: Sectores susceptibles a inundaciones del cantón Machala

□

Fuente: (MACHALA, 2019)

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLÉMICA (CAUSAS Y EFECTO

S)

Toda ciudad requiere de una infraestructura vial adecuada que permita una circulación segura, continua y eficiente, especialmente en zonas donde confluyen actividades académicas, administrativas y de servicio público. La capacidad de respuesta ante la demanda vehicular, la reducción de tiempos de traslado y la mejora de la seguridad vial dependen en gran medida del diseño y estado funcional de las intersecciones que articulan el sistema urbano.

En este contexto, la conexión entre la avenida 25 de junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala carece actualmente de una intersección adecuada que garantice accesos directos y seguros. La deficiencia no solo afecta a quienes se desplazan desde el cantón Santa Rosa hacia la facultad, sino también a quienes, una vez dentro del campus universitario, deben realizar recorridos excesivamente largos para retornar hacia el centro de la ciudad, viéndose obligados a dirigirse hasta la Y de El Cambio para ejecutar un giro en U.

Esta situación provoca pérdidas de tiempo, incremento en el consumo de combustible, saturación en puntos lejanos de retorno y riesgo de maniobras no autorizadas en tramos intermedios. Además, genera molestias para estudiantes, docentes y personal administrativo que utilizan diariamente esta vía, evidenciando la necesidad urgente de una solución técnica que optimice el trazado geométrico del sector.

Investigaciones recientes resaltan que el diseño geométrico de la intersección influye de forma decisiva en la congestión y los tiempos de viaje. (Alnawmasi, Jashami, & Cai, 2025) compararon el desempeño de rotondas tradicionales con el de intersecciones de retorno en U protegido y observaron que, aunque las rotondas reducen la gravedad de los accidentes, en condiciones de tráfico elevado generan colas de vehículos y tiempos de espera más largos. Por el contrario, los Uturns protegidos —donde el giro se realiza más adelante en el eje principal y se retorna mediante carriles segregados— demostraron una notable capacidad para gestionar altos volúmenes de tránsito, reduciendo la congestión y mejorando la capacidad operativa de la intersección. Estos hallazgos subrayan la necesidad de considerar soluciones de diseño no tradicionales que optimicen los desplazamientos y minimicen los tiempos de espera en el acceso a la Facultad de Agronomía.

#### FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Ilustración 5: Árbol de problemas

□

Fuente: Elaboración propia

¿Qué efectos genera la falta de una intersección adecuada entre la avenida 25 de junio y la Facultad de Agronomía de la UTMACH en la movilidad universitaria?

¿Por qué no existe un empalme vial directo ni una planificación vial adecuada en el acceso a la zona universitaria?

¿Cómo influye la falta de estudios técnicos en el diseño y funcionamiento del cruce entre la Av. 25 de junio y la UTMACH?

#### ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto se desarrollará en el sector comprendido entre la avenida 25 de Junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala. El alcance incluye la identificación del problema de conectividad vial, el análisis de la situación actual del tránsito, el levantamiento topográfico del área de influencia, y el planteamiento de alternativas de diseño geométrico para una intersección que permita optimizar la movilidad entre estos dos puntos estratégicos.

El estudio abordará el análisis del flujo vehicular existente, la determinación de los movimientos predominantes, y la aplicación de normativa vigente para el diseño de intersecciones urbanas. Con base en los resultados, se propondrá una solución técnica que contemple aspectos como radios de giro, carriles de incorporación, señalización y seguridad vial.

El proyecto se limitará a la etapa de diseño técnico, sin contemplar ejecución de obra ni presupuestos de construcción, pero brindará los insumos necesarios para una futura intervención por parte de las autoridades competentes.

□

Ilustración 6: Alcance del proyecto

□

Fuente: Elaboración propia

#### JUSTIFICACIÓN

La conexión vial entre la avenida 25 de junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala constituye un punto estratégico para la movilidad urbana de estudiantes, docentes y usuarios en general. Actualmente, esta zona carece de una intersección adecuadamente diseñada que permita el acceso y retorno de forma directa, segura y eficiente, tanto desde el cantón Santa Rosa como desde el centro de Machala.

Como resultado de esta deficiencia, los usuarios se ven obligados a realizar recorridos extensos o utilizar rutas indirectas, lo cual incrementa los tiempos de traslado, genera congestión y expone a los conductores a maniobras peligrosas. Esta situación compromete la funcionalidad de la red vial urbana y evidencia la necesidad de una intervención técnica que restablezca la conectividad eficiente entre dos sectores clave de alto valor académico y operativo.

Frente a este escenario, se plantea el diseño geométrico de una nueva intersección canalizada y semaforizada, con el objetivo de optimizar el acceso desde la avenida 25 de junio y facilitar el retorno seguro hacia el centro de Machala. La propuesta busca mejorar la seguridad vial y reducir los tiempos de desplazamiento de quienes se dirigen o retornan desde la Facultad de Agronomía.

#### OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS

##### Objetivo general

Diseñar una intersección vial mediante criterios geométricos, para mejorar la conectividad, reducir tiempos de desplazamiento y garantizar seguridad en la zona académica de Machala.

##### Objetivos específicos

Realizar una investigación bibliográfica y contextual sobre el diseño geométrico vial, recopilando normativas técnicas, estudios previos y experiencias similares que sirvan de base teórica para el análisis del acceso a la facultad

Formular una propuesta geométrica de mejora vial, que optimice los movimientos de entrada y salida, garantizando seguridad, fluidez y cumplimiento de las normas técnicas vigentes.

Validar la efectividad del diseño propuesto mediante herramientas especializadas de simulación, comparando su desempeño frente a las condiciones actuales en términos de tiempo, seguridad y eficiencia operativa.

#### CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

##### ANTECEDENTES CONTEXTUALES

Cada año, más de un millón de personas pierden la vida en accidentes de tránsito, siendo los peatones, ciclistas y otros usuarios vulnerables los más afectados. Estos grupos representan un alto porcentaje de las víctimas en Europa y Reino Unido, lo que evidencia una debilidad estructural en los entornos urbanos actuales (Sudhakaran et al., 2025). Para enfrentar este desafío, se vuelve indispensable rediseñar las intersecciones urbanas, incorporando estrategias que respondan a las nuevas formas de movilidad y fortalezcan la seguridad de quienes se encuentran más expuestos en la vía pública.

Los choques viales constituyen una de las principales causas de muerte a nivel mundial, con más de 1,3 millones de muertes anuales. En contextos de ingresos bajos, estas cifras son

incluso mayores, llegando a triplicar las tasas observadas en economías avanzadas. Un ejemplo concreto es Nepal, donde en 2018/19 se registraron 13366 accidentes, provocando 2789 fallecidos, cerca de 4400 heridos graves y más de 10000 leves (Qjha, 2021). Estos datos subrayan la necesidad de garantizar infraestructura más segura, aplicar normas de tránsito estrictas y mejorar la capacidad de respuesta tras los siniestros.

La estrategia europea de seguridad vial para el período 2021–2030 adopta el enfoque Safe System, que incorpora los conceptos de Vision Zero y Seguridad Sostenible, interviniendo simultáneamente sobre los vehículos, la red vial y los usuarios para disminuir la siniestralidad. Según (Mayorov et al., 2023), esta estrategia establece metas cuantificables y herramientas de monitoreo, orientadas a reducir los accidentes mortales y lesiones graves. Este modelo ofrece un marco teórico robusto para sustentar el rediseño geométrico y funcional de las intersecciones en entornos urbanos.

El concepto de movilidad sostenible, basado en los principios del desarrollo sostenible, propone sistemas de transporte que atiendan las necesidades actuales sin comprometer a las generaciones futuras. (Gallo & Marinelli, 2020) analiza las políticas de movilidad de la Unión Europea y Estados Unidos, clasificándolas en dimensiones medioambientales, socioeconómicas y tecnológicas. El estudio resalta que solo una planificación que integre estas tres dimensiones puede dar lugar a un sistema urbano de transporte eficiente, equitativo y adaptable, lo cual resulta esencial en la proyección geométrica de intersecciones modernas.

El transporte representa un pilar central para el desarrollo social y económico, pero también es uno de los principales emisores de carbono, aportando alrededor del 33% de las emisiones totales en Europa y Estados Unidos. (Ketter, Schroer, & Valogianni, 2023) destacan cómo el modelo CASE (vehículos conectados, autónomos, compartidos y eléctricos) ha introducido una capa digital sobre la infraestructura vial convencional. Su propuesta, estructurada en siete líneas estratégicas, promueve la movilidad sostenible a través de sistemas de información, aportando un enfoque global relevante para el diseño y operación de intersecciones urbanas.

Predecir el flujo vehicular con precisión es crucial para gestionar el tránsito y proyectar soluciones eficientes. (Rajha, Shiode, & Shiode, 2025) desarrollaron un modelo basado en técnicas de Machine Learning y KDE, que incorpora la cercanía a elementos urbanos como plazas y centros de atracción. Los resultados —con un R<sup>2</sup> de 0.94 frente al 0.45 de métodos convencionales— demuestran que incluir estas variables espaciales mejora significativamente la precisión de los modelos. Este hallazgo valida el uso de herramientas como Synchro en la simulación de tráfico para el diseño de intersecciones ajustadas al entorno urbano real.

En países con tráfico mixto, las intersecciones en T no semaforizadas son puntos críticos por su exposición a conflictos, velocidad y maniobras inesperadas. (Bonela & Kadali, 2022) encontraron que el giro a la derecha puede ser hasta cuatro veces más peligroso para los peatones en comparación con el tráfico recto. El estudio utilizó herramientas como TTC y PET para anticipar situaciones de riesgo. Estos resultados subrayan la importancia de rediseñar geoméricamente estas intersecciones e implementar dispositivos de control que mitiguen estos riesgos latentes.

La modernización urbana está promoviendo el tránsito desde intersecciones tradicionales hacia sistemas inteligentes que integran comunicaciones V2X, inteligencia artificial y sensores avanzados. Según (Khanmohamadi & Guerrieri, 2025), estas “smart intersections” no solo optimizan el flujo y la seguridad vial, sino que también reducen la huella ambiental. El estudio destaca los desafíos en su implementación, como la protección de datos y la compatibilidad técnica, al tiempo que plantea la necesidad de incorporar capacidades adaptativas e inteligentes en el diseño geométrico futuro.

Complementariamente, el mismo autor subraya que estas intersecciones requieren sistemas tecnológicos avanzados y enfrentan obstáculos relacionados con la regulación y la ciberseguridad. A través de una revisión exhaustiva de métodos de evaluación desde simulaciones hasta pruebas piloto, se enfatiza la necesidad de adaptar tanto la geometría como la operación de las intersecciones al contexto cambiante de las ciudades inteligentes.

Según (Pineda Mayuza, 2025), la movilidad urbana en América Latina enfrenta retos críticos derivados del acelerado crecimiento vehicular, problemas de planificación urbana, congestiones frecuentes y dificultades en la accesibilidad al transporte. Investigaciones recientes destacan que las políticas sostenibles emergentes incluyen un enfoque integral, promoviendo el transporte público, la adopción de vehículos eléctricos y un énfasis especial en la inclusión social de grupos vulnerables. La pandemia por COVID-19 también impulsó cambios relevantes en las ciudades latinoamericanas, como la expansión de redes para ciclistas y peatones, lo que transformó positivamente el entorno urbano y propició una nueva dinámica en la planificación de infraestructuras. Estas estrategias subrayan la importancia de adoptar medidas coordinadas para enfrentar desafíos estructurales del transporte, mejorar la calidad ambiental y aumentar la accesibilidad para todos los sectores sociales en las ciudades latinoamericanas densamente pobladas.

Para construir ciudades sostenibles, es imprescindible que el diseño urbano tenga al peatón como elemento primordial. (Tanikawa Obregón & Paz Gómez, 2021), planificar calles y espacios públicos desde la perspectiva del caminante fomenta entornos más seguros, equitativos y amigables. Esto implica que el diseño geométrico de las intersecciones debe responder primero a las necesidades peatonales, integrando infraestructura adecuada y prioridades funcionales que promuevan movilidad activa y accesibilidad.

Analizar cómo se mueven los ciudadanos dentro de la ciudad es clave para optimizar los sistemas de transporte urbano. En su estudio aplicado a la ciudad de Guayaquil, (Cabrera Amaique, 2024) emplea trayectorias GPS combinadas con algoritmos de aprendizaje supervisado específicamente Random Forest para identificar patrones de movilidad relevantes. Los resultados permiten comprender tendencias que, al ser aprovechadas, favorecen una planificación más eficiente del transporte público, con rutas optimizadas y capacidad de respuesta ante la demanda. Este enfoque metodológico refuerza la importancia de integrar datos reales y dinámicos en el diseño geométrico de las intersecciones, promoviendo soluciones adaptadas a las condiciones locales.

La problemática de los accidentes de tránsito en la ciudad de Jipijapa, provincia de Manabí, ha sido abordada desde una perspectiva crítica que vincula la deficiencia en la señalización vertical con la alta incidencia de siniestros. El estudio de (Baque Parrales et al, 2022) se basó en registros históricos de la Policía Nacional y la ANT, junto con un trabajo de campo en diversas calles urbanas. Entre los hallazgos más relevantes se destaca que el incumplimiento o inexistencia de señalización vial fue una constante como causa de accidentes entre 2019 y 2021. Además, se identificaron problemas físicos como deterioro, mala ubicación o ausencia total de señales en puntos clave. El estudio concluye que la mejora de la infraestructura señalética, la fiscalización de su cumplimiento y la promoción de una cultura vial mediante campañas educativas son fundamentales para fortalecer la seguridad en las intersecciones urbanas.

#### ANTECEDENTES CONCEPTUALES

Uno de los métodos más efectivos para abordar estas problemáticas consiste en rediseñar y optimizar intersecciones reguladas mediante técnicas avanzadas, como la sincronización semafórica inteligente. En este contexto, (Shepelev et al, 2022) desarrollaron un modelo integral fundamentado en técnicas estadísticas y lógica difusa, a partir de observaciones empíricas en múltiples intersecciones urbanas. Este modelo permite determinar con precisión la capacidad dinámica de carriles específicos, considerando tanto las características geométricas particulares del cruce como el comportamiento de los vehículos al atravesarlo. De esta manera, es posible anticipar las condiciones más críticas de flujo vehicular, facilitando una mejor toma de decisiones orientada a evitar saturaciones y reducir considerablemente las emisiones generadas por el tránsito urbano.

Las intersecciones pueden entenderse como zonas amplias donde convergen dos o más rutas, ya sea cruzándose o fusionándose, e incluso integrando accesos laterales y vías de servicio para facilitar el desplazamiento hacia instalaciones cercanas. En este sentido, al realizar una evaluación previa del volumen promedio diario de tráfico (TPDA), se determina el modelo de intersección más adecuado para dicha vía. La AASHTO define una intersección como el punto donde confluyen o se conectan varios flujos direccionales de tránsito sobre una misma cota. (AASHTO, 2011)

#### Clasificación de intersecciones

Las intersecciones a nivel pueden organizarse en distintas tipologías, entre las que se destacan:

Tipo T: Estas son conformaciones donde convergen tres ramales, siendo común en vías de poco tráfico y secundarias. Para mejorar la funcionalidad de este tipo de intersecciones se recomienda la implementación de carriles canalizadores, los cuales disminuyen las dificultades en maniobras de giro.

Tipo de cuatro brazos: Generalmente empleadas en redes locales, estas intersecciones permiten conectar caminos secundarios con vías troncales o principales, como autopistas.

Tipo semaforizado: Se regulan mediante sistemas automáticos que controlan el tránsito en función de ciclos temporizados. Su objetivo es ordenar el paso vehicular manteniendo la fluidez en cruces de alta demanda.

Tipo giratorio o rotonda: Consisten en un conjunto de accesos convergentes en un anillo de circulación, donde los vehículos se desplazan en sentido antihorario alrededor de una isleta central.

Tipo Y: Estas intersecciones resultan de la unión de tres ramales dispuestos en ángulo, permitiendo movimientos directos tanto a la derecha como a la izquierda mediante ramales exclusivos.

Tipo diamante: Se presentan cuando cuatro brazos confluyen bajo condiciones de detención obligatoria. Las maniobras de giro se resuelven principalmente hacia la izquierda.

Las rotondas modernas se definen como intersecciones en las que el flujo circula en sentido antihorario alrededor de una isleta central y los vehículos ingresan a baja velocidad. Su diseño geométrico no es un proceso casual, sino iterativo. (Ahac & Dragčević, 2021) explican que, antes de trazar una glorieta, se debe confirmar que este esquema es la solución óptima;

posteriormente se determina el número de carriles en función de la capacidad y el nivel de servicio deseado y se diseña una geometría inicial. Además, la geometría se somete a verificaciones de trayectoria de vehículos, análisis de velocidad máxima y comprobaciones de visibilidad; solo si estas pruebas cumplen los requisitos se procede al diseño detallado. Los autores insisten en que todos los elementos radios, entradas y salidas, isletas y carriles de circulación deben ser compatibles entre sí para garantizar accesos seguros a baja velocidad.

Las intersecciones controladas mediante semáforos suelen operar bajo esquemas de control de tiempo fijo, así como sistemas accionados y adaptativos. A pesar de la antigüedad de los controladores de tiempo fijo, estos siguen siendo ampliamente empleados tanto en países en desarrollo como desarrollados, dado que proporcionan una base sólida para la regulación del flujo vehicular urbano (Zhang et al, 2022). Sin embargo, optimizar su funcionamiento es esencial para maximizar la eficiencia y adaptarse a las condiciones actuales del tráfico

Los sistemas de control semafórico en intersecciones urbanas se dividen generalmente en tres categorías principales: control por tiempo fijo, control actuado y control adaptativo. Los semáforos de tiempo fijo siguen un ciclo predeterminado, mientras que los sistemas actuados y adaptativos ajustan automáticamente la duración de las fases en función de la detección de vehículos o peatones y de la variabilidad en la demanda del tráfico. Por tanto, para optimizar la gestión del tránsito, es esencial seleccionar el tipo de control más adecuado en función del comportamiento del flujo vehicular registrado en cada intersección. (Majstorović et al, 2023)

En cuanto a las intersecciones conformadas por tres brazos comúnmente denominadas tipo T, resulta fundamental mantener el ancho convencional del pavimento en ambas vías que convergen, salvo en los casos donde los giros amplios o el vehículo de diseño requieran modificaciones específicas, como carriles de retorno ampliados. Esta variante de intersección, que por lo general carece de canalización, es apropiada para uniones entre caminos secundarios o para conectar rutas menores con vías arteriales, siempre que el ángulo de intersección no exceda los 30 grados respecto a la perpendicular, lo que corresponde a un rango estimado entre 60° y 120°. En contextos urbanos o periurbanos, esta disposición puede ser útil para gestionar mayores volúmenes de tránsito o para acomodar múltiples carriles.

#### Volumen de tráfico

Los estudios de volumen de tráfico tienen como objetivo identificar cuántos vehículos circulan, cómo se desplazan y a qué categorías pertenecen dentro de una determinada zona. (Gupta Gupta et al, 2022)

La medición del volumen de tránsito es clave, pues permite estimar con precisión el flujo medio de vehículos en un punto determinado de la red vial, aspecto esencial en diversas aplicaciones dentro del ámbito del transporte. Esto incluye sistemas inteligentes de control de tráfico y planificación vial. Además, el volumen de tránsito se utiliza como base para proyectar la probabilidad de ocurrencia de accidentes y establecer estrategias de mitigación (Ahmed, Sadullah, & Yahya, 2021)

#### Capacidad

Según la definición del Highway Capacity Manual (HCM), la capacidad de una autopista corresponde al flujo máximo por hora que puede mantenerse de forma constante bajo las condiciones normales del entorno, permitiendo el tránsito fluido entre dos puntos. (Liu Liu et al, 2023)

Posteriormente, se expone la tabla extraída de la normativa NEVI-12 Volumen 2A, la cual proporciona los valores de TPDA necesarios para clasificar el tipo de vía que será considerada en el planteamiento del proyecto.

Tabla 8: Clasificación funcional de las vías en base del TPDA

□

Fuente: (NEVI12, 2013)

#### Nivel de servicio

Tabla 9: Niveles de servicio según el tipo de vía

□

Fuente: (AASHTO, 2011)

El concepto de nivel de servicio tiene como propósito reflejar la percepción que los usuarios tienen sobre la calidad operativa de una infraestructura o sistema de transporte. (Huo et al, 2021) indican que este enfoque fue incorporado por primera vez en la edición de 1965 del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), el cual introdujo una escala basada en letras que permite calificar la eficiencia.

En el ámbito del transporte urbano, estos sistemas comprenden autopistas y vías urbanas (arterias o calles), intersecciones con o sin semáforos, infraestructura para transporte público, zonas peatonales e infraestructura ciclista. Las evaluaciones de capacidad y de nivel de servicio resultan indispensables en los procesos de toma de decisiones relacionados con la ingeniería de tránsito y la gestión del transporte (Felizia & Felicia, 2015)

En etapas de planificación, desarrollo, ejecución y operación de corredores urbanos e interurbanos, es habitual contar con proyecciones o demandas conocidas de flujo vehicular, ya sean actuales o futuras (HCM, 2010). A continuación, se presentarán las diferentes condiciones asociadas a los niveles de servicio requeridos según los lineamientos establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras.

Tabla 10: Nivel de servicio

□

Fuente: (NEVI12, 2013)

La velocidad de diseño se establece en función de las condiciones geométricas de la carretera bajo análisis y se entiende como la velocidad máxima segura que permite la vía para el tránsito vehicular. Al definir esta velocidad, todos los componentes del diseño vial deben armonizarse con dicha referencia para lograr un proyecto coherente y funcional.

Por ejemplo, parámetros como el radio de las curvas deben ser consistentes con la velocidad prevista, mientras que otros factores, aunque no dependen directamente de ella como el ancho de los carriles, sí pueden influir considerablemente en la dinámica del tránsito.

A continuación, se presenta una tabla elaborada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, basada en las disposiciones de la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI), en la cual se detallan las velocidades de diseño recomendadas. Esta información toma como referencia los estándares de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), que diferencia los rangos de velocidad según el tipo de vehículo, ya sean ligeros o pesados.

Tabla 11: Velocidades de diseño del MTOP según la clasificación de la vía

□

#### Velocidad de circulación

Tabla 12: Velocidades de diseño para intersecciones

□

El Manual de Diseño Vial del (MTOP, 2013) establece que la velocidad de circulación debe determinarse a partir del valor de la velocidad de diseño (Vd), sirviendo esta como base para obtener las estimaciones que se ilustran en la tabla 1 correspondiente.

De acuerdo con los criterios del MTOP, se clasifica el volumen vehicular según el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA): un volumen bajo se asigna a flujos menores a 1 000 vehículos diarios; un volumen intermedio se define para valores entre 1 000 y 3 000 vehículos diarios; y un volumen alto se aplica cuando el TPDA supera los 3 000 vehículos por día. En el caso del presente proyecto, se toma en cuenta este último rango de volumen.

Utilizando como referencia una velocidad de diseño de 40 km/h ajustada al contexto de tráfico elevado, se calcula que la velocidad operativa en condiciones reales sería de aproximadamente 34 km/h, tal como se deduce de la tabla 4 del manual.

Tabla 13: Relaciones entre velocidades de circulación y de diseño

□

Fuente: (NEVI12, 2013)

Ensanchamientos en curvas horizontales

Los ensanchamientos adicionales en curvas están pensados principalmente para trayectos con radios horizontales reducidos y carriles angostos, con el objetivo de permitir que los vehículos puedan maniobrar con mayor seguridad, comodidad y eficiencia operativa.

En autopistas modernas, donde los carriles suelen tener una anchura de 3,65 metros y una alineación geométrica optimizada, la necesidad de incorporar sobreaños disminuye, incluso a pesar de las altas velocidades permitidas. Sin embargo, en otras categorías de carreteras, estos ajustes geométricos siguen siendo necesarios para mantener condiciones de operación adecuadas y seguras. (NEVI12, 2013)

Tabla 14: Sobre ancho de la calzada en curvas circulares

□

Fuente: (NEVI12, 2013)

Distancia de visibilidad de detención

Tabla 15: Distancia de parada

□

La distancia de visibilidad de detención representa la longitud mínima requerida para que un conductor pueda frenar completamente su vehículo ante la aparición repentina de un obstáculo en la vía. Esta medida busca garantizar una respuesta segura del conductor en situaciones de emergencia, independientemente del tipo de carretera o diseño geométrico considerado. Es una de las variables fundamentales en la planificación de trazados viales, ya que asegura que el usuario tenga tiempo y espacios suficientes para reaccionar.

Esta distancia total se compone de dos segmentos: el primero corresponde al tiempo que tarda el conductor en identificar el peligro y tomar la decisión de frenar (denominado  $d_1$ ), mientras que el segundo ( $d_2$ ) corresponde a la distancia recorrida durante el proceso físico de frenado. La expresión matemática que representa esta suma es:

$$D = d_1 + d_2$$

El componente  $d_1$ , relacionado con el tiempo de percepción y reacción del conductor, se estima utilizando la fórmula:

$$d_1 = 0.7 \times V_c$$

Donde:

$V_c$  es la velocidad de circulación expresada en km/h.

Por su parte, la distancia  $d_2$ , que representa la distancia recorrida mientras el vehículo desacelera completamente, se calcula mediante la ecuación:



$$d_2 = (V_c^2) / (254 \times f)$$

En esta expresión:

$f$  es el coeficiente de fricción longitudinal entre los neumáticos y la calzada.

Cabe destacar que  $f$  no es constante, ya que varía con la velocidad y condiciones del pavimento. A velocidades mayores, este coeficiente tiende a reducirse debido a efectos como el deslizamiento. Por lo tanto, se utiliza la siguiente fórmula para ajustarlo adecuadamente:

$$f = 11.5 / V_c^{0.3}$$

Esta relación permite obtener una estimación más realista del coeficiente de fricción en función de la velocidad de circulación del vehículo, mejorando así la precisión del diseño geométrico orientado a la seguridad vial.

Señalización vial

El sistema de señalización en las vías cumple un papel esencial en la organización del tránsito, ya que orienta tanto a conductores como a peatones para desplazarse de forma estructurada y segura. Su principal función es transmitir información precisa relacionada con rutas, destinos, advertencias, restricciones o recomendaciones, contribuyendo a evitar incidentes y a mantener una circulación fluida.

Con base en lo estipulado por la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, el diseño y la implementación de la señalización deben ajustarse a una serie de lineamientos generales, los cuales se resumen de la siguiente manera:

La configuración de cada señal, ya sea horizontal o vertical, debe alinearse con las especificaciones físicas y de escala definidas en los documentos técnicos RTE INEN 004-1 y RTE INEN 004-2 vigentes.

Se exige consistencia en el formato, claridad en los elementos visuales y legibilidad óptima para garantizar una adecuada interpretación por parte del usuario.

Todas las señales instaladas deben contar con propiedades retrorreflectivas, lo que asegura visibilidad efectiva tanto de día como de noche.

La estandarización del diseño en la señalética vial no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también facilita el reconocimiento rápido y preciso, lo que reduce errores de interpretación. Además, esta uniformidad permite perfeccionar procesos de planificación, control y mantenimiento mediante tecnologías modernas y sistemas de monitoreo eficientes.

Señalización vial horizontal

Las marcas horizontales en la vía actúan como instrumentos de control vial esenciales, sirviendo como canales de comunicación entre las autoridades y los usuarios de la carretera. Estas señales transmiten información crucial sobre normas, advertencias, obligaciones y la configuración inmediata de la vía. (Babić et al , 2022)

Categorización de las señales horizontales según su forma

Marcas longitudinales: Estas líneas se utilizan para delimitar carriles y calzadas, identificar espacios donde está o no permitido adelantar, establecer zonas con restricciones de estacionamiento y para indicar carriles de uso exclusivo, como aquellos reservados para transporte público u otro tipo específico de vehículos.

Marcas transversales: Se ubican principalmente en intersecciones o pasos peatonales, señalando puntos en los que los vehículos deben detenerse antes de continuar, y marcando sendas específicas para el cruce de peatones o ciclistas.

Símbolos y textos en calzada: Comprenden figuras o palabras pintadas directamente sobre la vía para orientar, advertir o regular el comportamiento de los usuarios. Este grupo incluye indicativos como FLECHAS, TRIÁNGULOS, CEDA EL PASO y otras inscripciones como PARE, BUS, CARRIL EXCLUSIVO, SOLO TROLE, TAXIS, PARADA BUS, entre otros.

Otras señales específicas: En esta categoría se incluyen elementos como los chevrone, entre otros símbolos complementarios usados para reforzar la guía visual del tránsito.

ANTECEDENTES REFERENCIALES

Durante la recolección de datos para el monitoreo del tráfico en Bogotá, (Pedraza Farías et al, 2025) documentaron una experiencia basada en la integración de la plataforma Waze con un sistema evolutivo de gestión de movilidad. Esta herramienta procesaba datos en tiempo real para identificar patrones de tráfico, detectar puntos críticos y planificar respuestas ante eventos viales.

La aplicación de herramientas como Synchro, en combinación con el Manual de Capacidad Vial (HCM), permite realizar análisis detallados de intersecciones congestionadas. (Hussein, 2022) evaluó cruces con altos niveles de saturación y demoras superiores a 500 segundos por vehículo. Tras proponer soluciones geométricas incluyendo un paso elevado y carriles adicionales y optimizar los tiempos semafóricos, logró mejorar el nivel de servicio de F a D y reducir los tiempos de espera por debajo de 100 segundos.

Mediante un estudio aplicado en la carretera PE-1S, (Paucara Rojas et al, 2023) utilizaron el software Synchro Trafficware para evaluar el rendimiento de varias intersecciones. El

diagnóstico arrojó un nivel de servicio mixto entre C y F con demoras de hasta 267 segundos por vehículo. Al simular un escenario de crecimiento vehicular, el resultado proyectado fue aún más crítico: todas las intersecciones alcanzaron el nivel F, con tiempos superiores a 80 segundos por unidad. Ante esta situación, los autores propusieron mejoras geométricas, como carriles adicionales y habilitación de giros exclusivos.

En contextos urbanos densamente poblados como La Habana, la gestión del tiempo semafórico resulta crucial para reducir las demoras vehiculares y el impacto ambiental. (Alba Menéndez & Hernández Menéndez, 2020) llevaron a cabo un análisis mediante Synchro en la Quinta Avenida, donde evaluaron la eficiencia de sincronizar ciclos semafóricos considerando variables como fases verdes, duración de ciclos y desfases entre señales. Sus resultados mostraron que una adecuada coordinación semafórica mejora significativamente la fluidez del tránsito sin recurrir a grandes intervenciones físicas.

En el caso de la avenida 68 en Bogotá, Moreno Anselmi, (Rodríguez Polo et al, 2023) utilizaron el software VISSIM para modelar tres intersecciones controladas por semáforos, evaluando diferentes escenarios como carriles exclusivos para sistemas BRT o la inclusión de glorietas. La propuesta final logró duplicar la velocidad promedio, pasando de 17 a 35 km/h. Esta mejora demuestra que la integración de soluciones geométricas y operativas puede transformar significativamente la dinámica vehicular en entornos urbanos complejos.

En la ciudad de Loja, Ecuador, (García Ramírez & Carvallo, 2024) desarrollaron un estudio enfocado en analizar el efecto de dos medidas aplicadas en una intersección urbana: advertencias visuales oficiales y presencia de agentes de tránsito. Si bien ambas acciones incrementaron el conocimiento normativo entre los usuarios, no lograron reducir significativamente el número de infracciones registradas. Esta situación revela la necesidad de complementar las estrategias de control con intervenciones más estructurales como rediseños geométricos, educación vial continua y mejoras en la infraestructura.

En el entorno urbano de Tena, Ecuador, las intersecciones cercanas al terminal terrestre presentan desafíos significativos derivados de la alta concentración vehicular, especialmente por el flujo de buses, taxis y vehículos particulares. El estudio realizado por (León Torres, Villarruel Meythaler et al, 2023) aplicó un análisis integral que incluyó inventario de infraestructura vial, conteos vehiculares y observación directa de la operación semafórica en varias intersecciones críticas. Los resultados evidenciaron que la falta de sincronización semafórica adecuada, junto a problemas de señalización vertical y horizontal y ausencia de espacios exclusivos para transporte público, contribuyen de manera importante a la congestión y a los elevados tiempos de espera para los usuarios. A partir de este diagnóstico, se propusieron alternativas como la mejora en la programación de ciclos semafóricos, redistribución de sentidos viales y la adecuación de paradas y bahías para buses. Estas estrategias, fundamentadas en la observación empírica y la gestión del tráfico, permiten visualizar cómo la reconfiguración operativa y geométrica puede incrementar la eficiencia y seguridad en los cruces urbanos, ofreciendo un referente valioso y aplicable para proyectos de rediseño de intersecciones en ciudades de similar escala en Ecuador.

Finalmente, en un análisis realizado en la ciudad de Portoviejo, (Gómez & Delgado, 2022) evaluaron el funcionamiento de la intersección entre las avenidas América y Reales Tamarindos, empleando conteos manuales y medición de indicadores como nivel de servicio y demoras vehiculares. Se determinó una demora promedio de 24 segundos por vehículo y un nivel de servicio tipo C. Sin embargo, se observó una concentración de retrasos en los carriles derechos, debido a la presencia de vehículos estacionados. Este hallazgo resalta cómo elementos aparentemente menores del entorno urbano como el estacionamiento lateral influyen directamente en la eficiencia operacional de una intersección, respaldando la necesidad de considerar estos aspectos en el diseño geométrico.

### CAPITULO III. METODOLOGÍA

#### ENFOQUE METODOLÓGICO

La presente investigación será desarrollada bajo un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, ya que pretende ofrecer una solución concreta a una problemática de movilidad urbana mediante el rediseño geométrico de una intersección. El diseño metodológico será no experimental y transversal, dado que no se manipularán las variables y los datos serán recolectados en un solo momento temporal. Se utilizarán técnicas de observación directa, análisis documental y simulación computacional, alineándose con criterios técnicos establecidos por normativas nacionales e internacionales.

#### ETAPAS METODOLÓGICAS

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, se implementarán las siguientes etapas metodológicas:

Diagnóstico inicial de la vía existente

Se levantan las condiciones geométricas actuales de accesibilidad y circulación vehicular en el tramo de conexión entre la avenida 25 de junio y el ingreso a la Facultad de Agronomía.

Se identificarán conflictos relacionados con la seguridad vial y maniobrabilidad, a través de observación directa y recopilación de datos en campo.

Levantamiento topográfico y aforos vehiculares

Se empleará una estación total y un dispositivo GPS para registrar las coordenadas, cotas, anchos de calzada, radios y otros elementos geométricos existentes.

Se realizarán aforos vehiculares en dos puntos estratégicos: sobre la Av. 25 de junio y en el acceso a la Facultad de Agronomía. Además, se aplicará un aforo origen-destino.

El conteo vehicular se efectuará manualmente en intervalos de 15 minutos durante las horas pico para obtener datos representativos.

Clasificación y análisis funcional de la intersección

En base al volumen vehicular y características geométricas levantadas, se determinará el tipo de intersección existente y el más conveniente para rediseñar, evaluando configuraciones tipo T, semaforizadas, canalizadas y rotondas.

Se aplicarán criterios del Manual de Capacidad Vial (HCM) para identificar el nivel de servicio actual.

Cálculo de los tiempos semafóricos

Se aplicará la fórmula de Webster para calcular el ciclo óptimo del semáforo, considerando los flujos críticos por fase y el tiempo perdido (por arranque y limpieza).

Se calculará el tiempo efectivo verde total y su reparto proporcional por fase ( $g_1$ ,  $g_2$ ,  $g_3$ ), además de estimar los tiempos verdes reales para cada movimiento vehicular.

Diseño geométrico de la propuesta

Se elaborarán planos detallados utilizando AutoCAD, incorporando carriles canalizados, radios de giro adecuados, sobrecanchos, elementos de seguridad vial peatonal y visibilidad.

Se diseñarán islas canalizadoras, señalización horizontal y vertical conforme a los lineamientos de la norma NEVI-12.

Simulación y validación técnica de la propuesta

Se ingresará la propuesta geométrica y condiciones de tráfico en el software Synchro para realizar simulaciones viales.

Se configurarán las fases semafóricas calculadas previamente y se observará el comportamiento del flujo vehicular en condiciones simuladas.

Se evaluarán indicadores como: demora promedio por vehículo, nivel de servicio, saturación y longitud de colas.

Se realizará una comparación entre los valores actuales y los proyectados tras la implementación del rediseño.

Evaluación técnica y recomendaciones

Se interpretarán los resultados obtenidos de las simulaciones y se propondrán mejoras operativas y de implementación.

Se analizará el impacto del rediseño en la movilidad del sector, su contribución a la descongestión vial, seguridad y eficiencia operativa.

Herramientas e instrumentos a emplearse

Tabla 16: Herramientas e instrumentos a emplearse

Tipo de herramienta Nombre / Descripción

Topográficas Estación total, GPS, libreta de campo

Computacionales Microsoft Excel (aforos y semáforos), AutoCAD (diseño), Synchro (simulación)

Normativas y documentales HCM, NEVI-12, AASHTO, artículos científicos, tesis y guía metodológica de intersecciones

Fuente: Elaboración propia

Criterios de validación y normativa aplicada

Para validar técnicamente el diseño geométrico y los ciclos semafóricos, se considerará lo siguiente:

Manual HCM (Highway Capacity Manual): como base para establecer niveles de servicio, cálculos de capacidad y tiempos semafóricos.

Norma NEVI-12: para lineamientos de señalización vial, radios mínimos de giro, visibilidad y geometría vial.

Guías AASHTO: como referente para diseño geométrico, sobrecanchos, alineación horizontal, anchos de carril.

Métodos y técnicas para cada objetivo

Tabla 17: Métodos y técnicas según el objetivo

Fuente: Elaboración propia

#### CAPITULO IV. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

Condiciones actuales de la vía

Actualmente, el tramo de la avenida 25 de junio en la ciudad de Machala presenta una configuración de doble calzada con cuatro carriles por sentido de circulación. Cada carril posee un ancho de 3.60 metros, lo cual proporciona un perfil vial amplio y continuo, ambas calzadas se encuentran separadas por una mediana central de 4.00 metros de ancho, sin la presencia de intersecciones semaforizadas ni elementos de control específicos que faciliten maniobras seguras de ingreso o retorno. Esta vía de tránsito continuo propicia desplazamientos a altas velocidades, pero al mismo tiempo impone serias limitaciones de accesibilidad directa hacia puntos clave como la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala.

Los vehículos que circulan desde cantones como Santa Rosa, Pasaje y El Guabo enfrentan dificultades para acceder al campus universitario, ya que deben extender su recorrido hasta las inmediaciones del terminal terrestre para efectuar el retorno correspondiente. Asimismo, quienes egresan de la facultad y se dirigen al centro de Machala están obligados a desplazarse hasta el redondel de El Cambio para realizar el giro hacia el centro urbano. Esta situación incrementa la distancia recorrida, el tiempo de viaje, el consumo de combustible y el riesgo de siniestros viales. Frente a este escenario, se propone implementar una intersección canalizada con control semafórico que permita optimizar la conectividad, mejorar la operación vial y elevar los estándares de seguridad en este sector.

Levantamiento topográfico

El diseño geométrico de una intersección urbana requiere información precisa sobre la configuración actual del terreno. Para ello, se realizó un levantamiento topográfico plani-altimétrico utilizando estación total y tecnología GPS. Este procedimiento permitió capturar las condiciones físicas reales del área de intervención, proporcionando la base fundamental para el modelado geométrico, análisis de radios, alineaciones y configuración vial existente. El levantamiento se ejecutó desde cero, debido a la ausencia de puntos de control previos en el entorno.

En total, se obtuvieron 142 puntos topográficos, cada uno con sus respectivas coordenadas Este (X), Norte (Y) y Cota (Z). Estos puntos fueron categorizados por tipo de elemento mediante un campo de descripción, identificando bordillos, aceras, parterres, esquinas, ejes de calzada, entre otros. Toda la información fue registrada digitalmente y constituye la base técnica sobre la cual se evaluó la viabilidad geométrica del diseño propuesto.

Planificación y preparación del equipo

Para la ejecución del diseño geométrico de la intersección proyectada, fue necesario obtener información precisa y actualizada del área de intervención. Por tal motivo, se llevó a cabo un levantamiento topográfico plani-altimétrico urbano, utilizando exclusivamente una estación total electrónica de alta precisión. Este procedimiento permitió capturar las condiciones físicas reales del entorno, constituyendo la base técnica para el trazado geométrico, análisis de radios, alineaciones, secciones y elementos urbanos.

En total, se levantaron 142 puntos topográficos, registrados con sus respectivas coordenadas Este (X), Norte (Y) y Cota (Z), además de una descripción que identifica el tipo de elemento capturado (bordillo, acera, esquina, eje vial, etc.). Esta base de datos, consolidada en una hoja de cálculo, fue utilizada para construir planos, modelos tridimensionales y evaluaciones geométricas según normativa vigente.

#### Ilustración 7: Levantamiento topográfico

ID Este Norte Cota Descripción ID Este Norte Cota Descripción

1	9636407.953	620978.02	16.450	P-1	74	9636384.691	620995.541	16.033	LINEA DE BORDILLO
2	9636387.29	621000.588	16.353	P-2	75	9636382.968	620993.133	15.913	LINEA DE BORDILLO
3	9636378.780	620960.838	15.395	ACERA	76	9636380.721	620995.148	15.889	ACERA
4	9636376.84	620963.083	15.443	LINEA DE BORDILLO	77	9636382.288	621003.382	16.671	ACERA
5	9636376.825	620963.120	15.394	VIA	78	9636383.737	621004.730	16.603	CV
6	9636372.186	620968.583	15.488	VIA	79	9636385.915	621006.768	16.537	LINEA DE BORDILLO
7	9636372.169	620968.607	15.497	LINEA DE BORDILLO	80	9636319.950	621071.756	16.480	ACERA
8	9636369.878	620971.196	15.540	LINEA DE BORDILLO	81	9636321.346	621073.169	16.417	CV
9	9636369.853	620971.221	15.539	VIA	82	9636323.564	621075.195	16.357	LINEA DE BORDILLO
10	9636365.085	620976.627	15.464	VIA-BORDILLO	83	9636323.631	621075.226	16.107	VIA
11	9636363.170	620978.922	15.547	ACERA	84	9636395.679	621018.585	16.689	VIA
12	9636387.751	620968.858	15.662	ACERA	85	9636395.682	621018.646	16.933	LINEA DE BORDILLO
13	9636385.884	620971.254	15.657	LINEA DE BORDILLO	86	9636398.612	621021.262	16.866	LINEA DE BORDILLO
14	9636385.851	620971.271	15.577	VIA	87	9636398.647	621021.303	16.611	VIA
15	9636381.848	620977.314	15.683	VIA	88	9636422.872	620988.713	16.638	VIA
16	9636381.845	620977.373	15.725	LINEA DE BORDILLO	89	9636422.903	620988.765	16.886	LINEA DE BORDILLO
17	9636379.858	620980.285	15.720	VIA-BORDILLO	90	9636425.853	620991.356	16.845	LINEA DE BORDILLO
18	9636375.681	620986.292	15.652	VIA	91	9636425.891	620991.394	16.592	VIA
19	9636375.694	620986.351	15.755	LINEA DE BORDILLO	92	9636437.053	621001.486	16.227	VIA
20	9636373.743	620988.595	15.764	ACERA	93	9636437.076	621001.506	16.474	LINEA DE BORDILLO
21	9636393.470	620972.798	15.823	ACERA	94	9636439.296	621003.561	16.529	CV
22	9636392.349	620975.568	15.814	LINEA DE BORDILLO	95	9636440.724	621004.831	16.581	ACERA
23	9636392.361	620975.652	15.703	VIA	96	9636442.645	621006.619	16.673	LF
24	9636388.795	620981.852	15.793	VIA	97	9636428.689	621010.699	16.226	VIA
25	9636388.775	620981.918	15.915	LINEA DE BORDILLO	98	9636428.280	621013.457	16.207	VIA
26	9636385.931	620985.756	15.923	LINEA DE BORDILLO	99	9636428.858	621014.980	16.151	VIA
27	9636385.915	620985.795	15.873	VIA	100	9636431.427	621018.034	16.169	VIA
28	9636380.970	620991.102	15.748	VIA	101	9636431.511	621017.915	16.316	LINEA DE BORDILLO
29	9636380.938	620991.157	15.882	LINEA DE BORDILLO	102	9636430.018	621016.412	16.325	BORDILLO-CV
30	9636378.600	620993.077	15.872	ACERA	103	9636428.852	621014.890	16.389	BORDILLO-CV
31	9636399.131	620975.125	15.899	ACERA	104	9636428.243	621013.130	16.439	LINEA DE BORDILLO
32	9636398.287	620977.991	15.907	LINEA DE BORDILLO	105	9636428.663	621010.844	16.463	LINEA DE BORDILLO
33	9636404.325	620979.230	16.196	LINEA DE BORDILLO	106	9636426.159	621024.932	16.198	VIA
34	9636406.653	620979.566	16.334	BORDILLO-CV	107	9636424.305	621022.991	16.098	VIA
35	9636410.211	620979.658	16.483	LINEA DE BORDILLO	108	9636424.282	621023.020	16.098	VIA
36	9636411.711	620978.497	16.477	LINEA DE BORDILLO	109	9636422.952	621021.751	16.166	VIA
37	9636409.503	620976.468	16.539	CV	110	9636420.476	621021.203	16.187	VIA
38	9636408.033	620975.072	16.610	ACERA	111	9636418.656	621021.782	16.235	VIA
39	9636411.742	620978.547	16.226	VIA	112	9636418.685	621021.845	16.472	LINEA DE BORDILLO
40	9636409.957	620979.779	16.251	VIA	113	9636420.965	621023.744	16.504	CV
41	9636406.618	620979.631	16.109	VIA	114	9636422.491	621024.980	16.512	CV
42	9636404.303	620979.299	15.978	VIA	115	9636424.864	621026.504	16.532	CERRAMIENTO

43 9636397.604 620977.842 15.793 VIA 116 9636426.156 621025.050 16.284 LINEA DE BORDILLO  
44 9636394.936 620984.478 15.962 VIA 117 9636424.264 621023.079 16.330 BORDILLO-CV  
45 9636398.722 620985.518 16.013 VIA 118 9636422.731 621021.677 16.385 BORDILLO-CV  
46 9636401.932 620986.362 16.199 VIA 119 9636420.857 621021.214 16.430 LINEA DE BORDILLO  
47 9636402.854 620987.323 16.275 VIA 120 9636355.669 621102.237 16.306 CERRAMIENTO  
48 9636402.538 620988.626 16.286 VIA 121 9636353.685 621100.508 16.374 ACERA  
49 9636397.380 620994.246 16.293 VIA 122 9636352.095 621099.319 16.329 CV  
50 9636396.273 620994.533 16.253 VIA 123 9636349.811 621097.396 16.265 LINEA DE BORDILLO  
51 9636394.954 620993.982 16.180 VIA 124 9636350.349 621096.735 16.044 VIA  
52 9636394.115 620993.274 16.138 VIA 125 9636342.057 621083.372 16.460 VIA  
53 9636392.749 620992.015 16.057 VIA 126 9636342.030 621083.317 16.717 LINEA DE BORDILLO  
54 9636394.203 620993.261 16.336 BORDILLO-CV 127 9636339.695 621080.247 16.786 LINEA DE BORDILLO  
55 9636400.734 620986.105 16.322 BORDILLO-CV 128 9636339.618 621080.126 16.526 VIA  
56 9636398.528 620985.572 16.205 BORDILLO-CV 129 9636468.569 620908.683 16.234 ACERA  
57 9636401.955 620986.417 16.385 LINEA DE BORDILLO 130 9636470.060 620909.974 16.178 CV  
58 9636402.783 620987.295 16.469 LINEA DE BORDILLO 131 9636473.208 620910.907 16.114 LINEA DE BORDILLO  
59 9636402.544 620988.551 16.515 LINEA DE BORDILLO 132 9636475.258 620908.731 15.838 VIA  
60 9636397.402 620994.177 16.522 LINEA DE BORDILLO 133 9636475.324 620908.711 15.837 VIA  
61 9636396.059 620994.455 16.448 LINEA DE BORDILLO 134 9636483.479 620922.247 16.284 VIA  
62 9636394.934 620993.916 16.385 LINEA DE BORDILLO 135 9636483.507 620922.271 16.521 LINEA DE BORDILLO  
63 9636382.982 620993.134 15.805 VIA 136 9636486.352 620924.856 16.552 LINEA DE BORDILLO  
64 9636384.668 620995.439 15.858 VIA 137 9636486.372 620924.899 16.287 VIA  
65 9636386.704 620998.645 16.014 VIA 138 9636497.364 620935.268 16.328 VIA  
66 9636388.719 621002.030 16.227 VIA 139 9636497.339 620935.381 16.571 LINEA DE BORDILLO  
67 9636388.609 621003.604 16.298 VIA 140 9636499.818 620937.081 16.634 CV  
68 9636387.490 621005.115 16.281 VIA 141 9636501.291 620938.388 16.694 ACERA  
69 9636387.440 621005.102 16.554 LINEA DE BORDILLO 142 9636502.732 620940.915 16.669 CERRAMIENTO  
70 9636388.266 621003.758 16.553 LINEA DE BORDILLO  
71 9636388.636 621002.653 16.513 LINEA DE BORDILLO  
72 9636387.884 621000.433 16.344 BORDILLO-CV  
73 9636386.624 620998.650 16.214 BORDILLO-CV

Fuente: Elaboración propia

Planificación y preparación del equipo

Previo al trabajo de campo, se definió el tipo de levantamiento requerido (plani-altimétrico) y los elementos clave a capturar. El equipo utilizado incluyó:

Estación total electrónica de precisión milimétrica.

Trípode metálico con base niveladora.

Tribaque y nivel circular para ajuste fino.

Prisma reflectante montado sobre varilla graduada.

Clavos, cinta métrica, libreta de campo y lápiz topográfico.

Establecimiento de puntos de control

Debido a que en el área de estudio no existían puntos de referencia previamente georreferenciados, se procedió a implantar dos puntos base denominados Punto 1 y Punto 2. Estos fueron fijados sobre superficies estables y se marcaron con estacas claramente visibles.

Una vez ubicados, se verificó la alineación instrumental mediante calado, asegurando que entre el Punto 1 y Punto 2 la estación total presentara diferencia de calado igual a cero, es decir, que la línea de colimación estuviera perfectamente horizontal entre ambos. Esta condición fue fundamental para garantizar la precisión angular y evitar errores sistemáticos en el levantamiento.

Ilustración 8: Ubicación de puntos referenciales

□

Fuente: Elaboración propia

Instalación y orientación de la estación total

La estación total fue instalada sobre el Punto 1, utilizando el plumín óptico para centrar sobre la marca física y nivelarla cuidadosamente con el tribraque. A continuación:

Se introdujeron manualmente las coordenadas arbitrarias de los puntos base para establecer un sistema de referencia local.

Se utilizó el Punto 2 como punto de respaldo (backsight) para orientar el instrumento.

Se configuraron los parámetros de medición: unidades métricas, altura del instrumento, altura del prisma, modo de medición continua y registro automático de datos.

Levantamiento de puntos en terreno

Desde la estación instalada, se procedió a capturar puntos a lo largo del área de intervención. Se incluyeron:

Ejes y bordes de calzada.

Bordillos, cunetas y aceras laterales.

Esquinas y radios de curvatura.

Parterres, postes, mobiliario urbano y referencias fijas.

El operador de campo, portando el prisma reflectante sobre varilla graduada, se desplazó hasta cada punto de interés, mientras el operador en estación total realizaba las mediciones de:

Ángulo horizontal.

Ángulo vertical.

Distancia inclinada.

La estación calculó automáticamente las coordenadas tridimensionales (X, Y, Z) de cada punto, las cuales fueron almacenadas con su código correspondiente en la memoria interna del equipo.

Verificación de calidad y cierre

Durante el levantamiento se aplicaron controles de calidad como:

Comprobación de lectura doble de puntos sensibles (vértices, esquinas, radios).

Repetición de mediciones desde dos estaciones diferentes si era necesario.

Aforo vehicular

Como parte del estudio, se han desarrollado dos tipos de aforos vehiculares: uno para determinar la demanda general de tránsito sobre la avenida 25 de junio y otro de tipo origen-destino en el acceso a la Facultad de Agronomía. El primero proporcionará información sobre los volúmenes totales en distintos momentos del día, mientras que el segundo permitirá estimar la magnitud de los movimientos de giro esperados en la futura intersección. De esta manera, se podrá establecer el diseño más adecuado, orientado a canalizar eficazmente la demanda detectada y optimizar los accesos y salidas desde el campus universitario.

Tabla 18: Aforo vehicular principal

□

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Aforo vehicular origen - destino

□

Fuente: Elaboración propia

#### Identificación de conflictos y deficiencias

Aunque el tramo analizado opera actualmente bajo condiciones de flujo libre y no presenta una intersección formal, se han identificado riesgos viales importantes asociados al cruce peatonal, especialmente en horas de mayor demanda estudiantil.

La vía en cuestión cuenta con una calzada amplia y de alta velocidad, y si bien los buses que prestan servicio de transporte público están autorizados a detenerse en la vía, muchos de ellos dejan o recogen pasajeros justo al frente del acceso principal a la universidad. Esta situación motiva a que numerosos estudiantes crucen la vía directamente, sin utilizar pasos peatonales ni puentes, exponiéndose a un alto riesgo de atropello debido a la ausencia de infraestructura específica para tal fin.

Esta conducta peatonal, sumada a la carencia de señalización horizontal o vertical que advierta a los conductores sobre la presencia frecuente de personas cruzando, representa un problema crítico de seguridad vial. Por tanto, se considera necesaria la implementación de una intersección adecuada con dispositivos de canalización y control que permita reorganizar el flujo vehicular y proteger a los peatones, garantizando un entorno más seguro y funcional.

#### Propuesta de rediseño geométrico

El diseño geométrico propuesto para la intersección se fundamenta principalmente en lo establecido por la Norma Ecuatoriana de Vialidad NEVI-12, la cual constituye el documento técnico oficial vigente para el desarrollo de infraestructura vial en el país. Esta normativa define los parámetros geométricos mínimos que deben cumplirse en el trazado de intersecciones, incluyendo radios de giro según tipo de vehículo, anchos de carril, longitudes de cambio de velocidad, visibilidad mínima requerida, y condiciones de canalización para movimientos conflictivos.

Asimismo, se han considerado los lineamientos establecidos en el Highway Capacity Manual (HCM) para evaluar la capacidad operativa y el nivel de servicio (LOS) de la intersección, tanto en su estado actual como en la condición propuesta. Esta referencia internacional permite validar el desempeño del rediseño en términos de eficiencia y funcionalidad, aplicando criterios objetivos para la asignación de tiempos semafóricos, análisis de colas y clasificación de desempeño vial por movimientos o aproximaciones.

#### Plano base del rediseño

Para desarrollar el rediseño geométrico de la intersección, fue necesario generar primero un plano base topográfico y vial, utilizando el software AutoCAD Civil 3D. Este plano representa la geometría actual de la vía y sirve como referencia directa para el trazado de la nueva configuración.

A continuación, se detallan las etapas realizadas para su elaboración:

#### Configuración inicial del entorno gráfico:

Iniciar Civil 3D y comenzar un nuevo proyecto.

Ilustración 9: Inicio de proyecto en Civil 3D

□

Fuente: Elaboración propia

Selecciona el sistema de referencia espacial y ajusta las unidades de medición correspondientes al trabajo, considerando que se emplea la zona UTM 17S y que las distancias se expresan en metros, conforme al Sistema Internacional.

Ilustración 10: Configuración del sistema de referencia

□

Fuente: Elaboración propia

Se insertan los puntos topográficos y se trazan las alineaciones de las vías que se interceptan, junto con sus respectivos perfiles longitudinales y las curvas de nivel correspondientes

Ilustración 11: Inserción de puntos tomados en topografía

□

Fuente: Elaboración propia

Se emplean las herramientas de diseño de Civil 3D para generar las alineaciones y los perfiles requeridos en la conformación de una intersección tipo T o tipo Y.

Ilustración 12: Icono de perfiles

□

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13: Creación de alineamientos

□

Fuente: Elaboración propia

Se generan los corredores correspondientes para las vías que participan en la intersección

Ilustración 14: Icono para corredores viales

□

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15: Creación de corredores viales

□

Fuente: Elaboración propia

A partir del modelo con alineamientos y corredores generados en Civil 3D, se procede a representar el diseño geométrico en planta. Para ello, se proyectan los bordes y elementos del corredor como referencia visual, y se trazan manualmente los carriles, ejes viales y ramales mediante polilíneas, siguiendo la geometría establecida en el modelo 3D.

Posteriormente, se ajustan las curvas de giro y canalizaciones según los radios de diseño, y se aplican estilos de línea apropiados (segmentadas, continuas, etc.) en capas diferenciadas. El resultado final es un trazado geométrico claro y detallado de la intersección, listo para presentación en planos técnicos.

Ilustración 16: Trazado geométrico del estado actual del tramo de vía

□

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de elementos geométricos

Radio mínimo de giro

Para el diseño geométrico de la intersección en la vía 25 de Junio, se realizó el cálculo de radios mínimos de giro utilizando los parámetros definidos en la guía NEVI-12 y comparándolos con los radios normativos obtenidos mediante el software Autodesk Vehicle Tracking (basado en el HCM). A continuación, se detallan los cálculos para los dos vehículos de diseño considerados: un vehículo liviano (auto tipo turismo) y un vehículo pesado (bus de ciudad).

Vehículo Pesado – CITY BUS

Ilustración 17: Datos técnicos de vehículo diseño 1

□

Fuente: (AASHTO, 2011) – Vehicle Tracking

Longitud entre ejes (L): 7.62 m

Ancho del vehículo (B): 2.59 m

Ángulo de giro ( $\theta$ ): 41.2°

Aplicando la fórmula:

$$R = (L / \tan(\theta)) + (B / 2)$$

$$R = (7.62 / \tan(41.2)) + (2.59 / 2)$$

$$R \approx 9.999 \text{ m}$$

El radio mínimo calculado para el vehículo tipo bus es de aproximadamente 10.00 metros. Este valor es coherente con el radio exterior normativo reportado por Autodesk Vehicle Tracking: 13.922 m, lo cual valida el diseño propuesto para permitir maniobras adecuadas sin invadir carriles contiguos.

Ilustración 18: Radios de giro para bus de vehicle tracking

□

Fuente: Vehicle tracking

Vehículo Liviano – PASSENGER CAR

Ilustración 19: Datos técnicos de vehículo de diseño 2

□

Fuente: (AASHTO, 2011) – Vehicle Tracking

Longitud entre ejes (L): 3.353 m

Ancho del vehículo (B): 2.134 m

Ángulo de giro ( $\theta$ ): 31.6°

Aplicando la fórmula:

$$R = (L / \tan(\theta)) + (B / 2)$$

$$R = (3.353 / \tan(31.6)) + (2.134 / 2)$$

$$R \approx 6.517 \text{ m}$$

El radio mínimo calculado para el vehículo tipo auto es de aproximadamente 6.52 metros. Este resultado también guarda concordancia con el radio exterior mínimo reportado por el software (7.895 m), lo cual confirma que el diseño geométrico para este tipo de vehículo es factible y seguro.

Ilustración 20: Radios de giro para vehículo liviano de vehicle tracking

□

Fuente: Vehicle tracking

Ancho de carril y sobreebanco

El ancho de carril es un parámetro esencial en el diseño geométrico de intersecciones, ya que influye directamente en la capacidad, seguridad y comodidad del tránsito. Para este proyecto se ha considerado la información proveniente del levantamiento topográfico, estableciendo un ancho de carril actual de 3.60 metros.

De acuerdo con las normas NEVI-12 y AASHTO, un ancho de 3.60 m es adecuado para vías urbanas de alta demanda, especialmente cuando se prevé el tránsito de vehículos pesados.

Este valor será mantenido en la propuesta de rediseño de la intersección. Además del ancho básico, se requiere calcular el sobreebanco necesario en zonas de curvas, debido a la trayectoria ampliada que requieren los vehículos durante las maniobras de giro.

Para el cálculo del sobreebanco, se utiliza la siguiente fórmula, tomada del manual de diseño geométrico de carreteras:

$$S = (W \times V) / (R \times 127)$$

Donde:

S = Sobreebanco requerido (m)

W = Ancho del vehículo (m)

V = Velocidad de giro (km/h)

R = Radio de giro (m)

Considerando un vehículo pesado (bus) de 2.59 m de ancho, una velocidad de giro de 20 km/h y un radio de giro de 12 m:

$$S = (2.59 \times 20) / (12 \times 127) = 0.34 \text{ m}$$

Para vehículos livianos de 1.83 m de ancho, velocidad de 20 km/h y radio de 7 m:

$$S = (1.83 \times 20) / (7 \times 127) = 0.41 \text{ m}$$

Con base en estos resultados, se considera un sobreancho promedio de 0.90 m en los retornos para vehículos livianos, mientras que para los giros más amplios destinados a vehículos pesados se contemplan ajustes geométricos mayores y diseño canalizado.

De este modo, el ancho total requerido en curvas para vehículos pesados asciende a aproximadamente 4.50 m (3.60 m + 0.90 m), cumpliendo con los requerimientos de operación segura y fluida.

Esta dimensión ha sido aplicada en el diseño CAD de la intersección, y fue verificada mediante simulación con software de maniobrabilidad (AutoTURN), donde los radios de giro y los anchos fueron validados satisfactoriamente.

#### Longitud de almacenamiento y visibilidad

La longitud de almacenamiento corresponde al tramo de carril destinado a albergar vehículos que realizan giros, particularmente a la izquierda, sin interferir con el flujo principal. En esta etapa del diseño, dicha longitud se estima utilizando únicamente los datos de aforo, ya que aún no se ha definido el sistema de fases semafóricas.

Según los registros obtenidos en el estudio de tránsito, se identificó una demanda máxima de 35 vehículos que giran a la izquierda durante un intervalo de 15 minutos. Asumiendo un escenario conservador en el que solo una fracción de estos vehículos logra completar el giro por ciclo —por ejemplo, aproximadamente 1/4 del total—, se considera que hasta 9 vehículos podrían llegar a acumularse simultáneamente en el carril canalizado.

Para determinar la longitud requerida, se adopta una ocupación promedio de 6.5 metros por vehículo detenido, considerando tanto la longitud del vehículo como el espacio de separación. Así, la longitud de almacenamiento se calcula como:

□

En consecuencia, se adopta una longitud de 60 metros para el carril canalizado de giro izquierdo, la cual garantiza un nivel de servicio adecuado en condiciones de máxima demanda. Este valor se encuentra dentro de los rangos recomendados por guías internacionales como el HCM y se alinea con los criterios establecidos en la norma NEVI-12

#### Diseño de ramales de acceso y salida

El diseño geométrico de los ramales que conforman las conexiones de entrada y salida en la intersección propuesta constituye un elemento clave para garantizar la fluidez vehicular, la seguridad operativa y la eficiencia del sistema vial. Esta configuración fue desarrollada tomando como base los datos topográficos, los aforos origen-destino, y la evaluación funcional realizada mediante simulación en el software Synchro, todo ello en cumplimiento de los criterios técnicos establecidos en la norma NEVI-12.

La propuesta de diseño responde a los siguientes principios geométricos y operacionales:

Compatibilidad con radios mínimos de giro, definidos a partir del cálculo técnico utilizando vehículos tipo representativos: un vehículo pesado (bus) y uno liviano (automóvil).

Operación fluida del tránsito, garantizada por la segregación de movimientos mediante la incorporación de islas canalizadoras y carriles exclusivos de giro.

Adecuación a la velocidad de circulación, establecida en 40 km/h para el eje principal y 20 km/h para maniobras de giro, lo cual influye directamente en la selección de radios de curvatura.

Minimización de conflictos viales, a través de una geometría que canaliza los movimientos y dirige los flujos de manera controlada.

Una vez definido el trazado de los ramales, se procedió a su validación en el entorno de simulación de Synchro Trafficware, en donde se comprobó que:

Las maniobras de giro no interfieren con los flujos vehiculares directos, asegurando una operación sin entrecruzamientos peligrosos.

La capacidad de evacuación de los ramales resulta adecuada para la demanda estimada en los períodos de máxima carga.

Los tiempos semafóricos asignados permiten mantener un nivel de servicio aceptable para todas las fases, según el reporte actualizado de simulación.

Adicionalmente, el diseño geométrico desarrollado en AutoCAD Civil 3D fue verificado mediante el uso del módulo Vehicle Tracking, mediante el cual se comprobó que los radios de curvatura proyectados permiten el paso cómodo y seguro de los vehículos tipo, sin invadir carriles adyacentes ni comprometer las zonas de seguridad peatonal.

#### Ramales de ingreso

Dos carriles con ancho de 3.60 m cada uno.

Radio de entrada de 12.00 m para vehículos pesados-buses.

Canalización mediante islas guía.

Incorporación de sobreancho calculado (0.92 m para vehículos pesados-buses).

#### Ramales de salida

Dos carriles de salida hacia el flujo principal.

Ángulo de inserción optimizado para minimizar puntos de conflicto.

Señalización proyectada con semaforización inteligente y marcas horizontales.

Giros protegidos y retornos

Disposición de carriles exclusivos para retorno en U para vehículos livianos.

Alineación con el flujo principal sin interferencia cruzada gracias al sistema de fases semafóricas establecidas.

#### Diseño de islas canalizadoras

##### Ubicación y función de las islas

En la intersección propuesta se han incorporado cuatro islas canalizadoras, estratégicamente ubicadas en los accesos y ramales de giro para ordenar los movimientos vehiculares. Estas islas cumplen una doble función: por un lado, dirigen y segregan los flujos de circulación, especialmente los giros izquierdos y movimientos en diagonal; por otro, brindan zonas de refugio y protección para los peatones, al coincidir con los cruces peatonales semaforizados.

Dos de las islas se ubican en el acceso principal para separar el flujo de giro izquierdo del flujo directo, mientras que las otras dos están posicionadas en los ramales secundarios, canalizando los giros de entrada y salida hacia la vía principal. Su forma y ubicación fueron definidas considerando las trayectorias de giro generadas en el diseño geométrico, así como la ubicación de los semáforos y pasos peatonales.

##### Dimensiones geométricas

Las dimensiones de las islas fueron definidas con base en las condiciones físicas del espacio disponible y los radios de giro requeridos para vehículos tipo. A continuación, se detallan las medidas principales:

Isla 1: Largo aproximado de 10.30 m, ancho máximo de 6.13 m, con radio exterior de 12.00 m y radios internos de curvatura de 0.50 m a 0.90 m.

Ilustración 21: Geometría de isla 1

□

Fuente: Elaboración propia

Isla 2: Longitudes laterales de 6.31 m y 5.27 m, con radio central curvo de 12.00 m, adecuada para ramales más cerrados.

Ilustración 22: Geometría de isla 2

□

Fuente: Elaboración propia

Isla 3: Dimensiones reducidas de 3.63 m × 3.99 m, con radio interior de 7.00 m, utilizada en ramales angostos.

Ilustración 23: Geometría de isla 3

□

Fuente: Elaboración propia

Isla 4: Formato compacto de 4.26 m × 3.64 m, con curvatura central de 7.00 m y vértices suavizados con radios de 0.40 m.

Ilustración 24: Geometría de isla 4

□

Fuente: Elaboración propia

Estas dimensiones fueron diseñadas para permitir una canalización efectiva sin interferir con la envolvente de giro de los vehículos tipo, conforme a los análisis realizados con el módulo Vehicle Tracking en AutoCAD Civil 3D.

#### Justificación funcional y normativa

Normativamente, el diseño se encuentra en concordancia con lo establecido por la norma NEVI-12, la cual recomienda el uso de islas canalizadoras en intersecciones donde existan movimientos de alto volumen o cruces conflictivos. Asimismo, según lo desarrollado en el Capítulo 3 de esta tesis, se establece que las islas deben contar con un ancho mínimo de 1.80 metros, bordes curvos con radios no menores a 0.30 metros, y una disposición geométrica que no interfiera con la continuidad de los pasos peatonales. En todos los casos, las islas diseñadas en este proyecto superan estos criterios mínimos, con anchos de hasta 6.13 metros y radios de borde de hasta 0.90 metros, asegurando su plena funcionalidad en campo. Finalmente, la validación geométrica fue realizada mediante simulación en el módulo Vehicle Tracking de AutoCAD Civil 3D, lo cual permitió comprobar que los radios proyectados permiten la circulación fluida de vehículos tipo, sin invasión de carriles adyacentes ni afectación de zonas de seguridad peatonal.

#### Diseño semafórico

El cálculo de los tiempos semafóricos constituye una etapa crítica en el diseño de una intersección controlada por semáforos, pues garantiza la eficiencia operativa y la seguridad vial. Su correcta determinación permite definir la duración óptima de cada fase, en función de los flujos vehiculares, movimientos conflictivos y características geométricas del entorno. Este apartado presenta el proceso completo aplicado en el caso de estudio, con respaldo en métodos teóricos, hojas de cálculo y validación mediante el software Synchro.

#### Descripción de fases y movimientos vehiculares

La intersección proyectada fue dividida en tres fases semafóricas, cada una agrupando movimientos con compatibilidad operacional. A continuación, se describe el flujo correspondiente a cada fase:

Tabla 20: Flujos de fases

□

Fuente: Elaboración propia

#### Asignación de fases semafóricas

La asignación de fases semafóricas se fundamenta en los criterios establecidos por el Manual HCM y la norma ecuatoriana NEVI-12, los cuales recomiendan priorizar el movimiento de los flujos principales en la programación semafórica, seguido por los movimientos secundarios y finalmente los giros en U o giros a la izquierda que presentan mayor complejidad de maniobra y riesgo de conflicto vehicular.

Fase 1: Prioriza el flujo principal en ambos sentidos del eje Nor-Oeste a Sur-Este. Esto incluye los cuatro carriles de ida (Nor-Oeste a Sur-Este) y los cuatro carriles de retorno (Sur-Este a Nor-Oeste), con un flujo promedio superior a 800 veh/h en ambos sentidos. Dado que este eje soporta la mayor demanda vehicular, se le ha asignado el mayor tiempo de verde efectivo.

Ilustración 25: Distribución semafórica FASE 1

□

Fuente: Elaboración propia

Fase 2: Atiende los movimientos transversales desde el Sur-Oeste hacia el Nor-Este (recto) y también giros desde el Nor-Oeste hacia el Nor-Este. Estos movimientos corresponden a flujos secundarios que intersectan el eje principal y requieren una fase específica para minimizar conflictos.

Ilustración 26: Distribución semafórica FASE 2

□

Fuente: Elaboración propia

Fase 3: Está destinada a los movimientos de retorno en U y giros a la izquierda. Esto incluye retornos desde el Sur-Este hacia el Sur-Este, desde el Nor-Oeste hacia el Nor-Oeste, así como los giros a la izquierda desde el Sur-Oeste hacia el Sur-Este y desde el Nor-Oeste hacia el Nor-Este. Estos movimientos presentan mayores tiempos de despeje y complejidad operativa, por lo que requieren una fase exclusiva.

Ilustración 27: Distribución semafórica FASE 3

□

Fuente: Elaboración propia

Esta clasificación y asignación garantiza una separación segura de movimientos conflictivos, facilita la lectura operativa de los ciclos semafóricos y permite una programación eficiente dentro del software Synchro. La Fase 1, al comprender los carriles con mayor carga de tránsito, ha sido diseñada para operar con prioridad dentro del ciclo.

#### Determinación del tiempo de ciclo y reparto de tiempos semafóricos

##### Cálculo del tiempo amarillo (A<sub>i</sub>) y all-red (TR<sub>i</sub>)

Para cada fase se determina el tiempo amarillo (A<sub>i</sub>) utilizando la fórmula de tránsito del Manual HCM:

$$A_i = t + v / (2a + 64.4g)$$

donde:

t = tiempo de percepción-reacción (1 s)

v = velocidad de aproximación (km/h)

a = aceleración (m/s<sup>2</sup>)

g = pendiente (se adopta 0)

Se utilizó un valor estándar de A<sub>i</sub> = 4 segundos por fase. El tiempo de todo rojo (TR<sub>i</sub>), correspondiente al tiempo de despeje, se adoptó como 1 segundo por fase según las condiciones geométricas de la intersección.

#### Parámetros básicos

Los siguientes parámetros fueron establecidos con base en Synchro y hojas de cálculo en Excel:

Tiempo total de ciclo (Co): 71 segundos

Tiempo de amarillo total: 8 segundos

Tiempo de todo rojo: 3 segundos

Tiempo total de pérdida por ciclo (L): 11 segundos

Tiempo efectivo de verde total (gT): 60 segundos

#### Relación de flujo (Y<sub>i</sub>)

La relación de flujo Y<sub>i</sub> se obtiene como el cociente entre el flujo por carril q<sub>i</sub> y el flujo de saturación estándar s = 1800 veh/h/carril:

Tabla 21: Relación para distribución de verde en fases

Fase q<sub>i</sub> (veh/h/carril) Y<sub>i</sub>

1 830 0.340

2 143 0.226

3 224 0.120

Fuente: Elaboración propia

#### Cálculo del ciclo óptimo (Co)

Aplicando la fórmula de Webster:

$$Co = (1.5L + 5) / (1 - \sum Y_i) Co = (1.5 * 15 + 5) / (1 - (0.175 + 0.181 + 0.150)) = 27.5 / 0.494 \approx 55.67 \text{ s}$$

Para implementación práctica y compatibilidad con Synchro, se adopta Co = 71s.

Reparto proporcional del verde efectivo (g)

El tiempo efectivo total de verde es: gT = Co - L = 71 - 11 = 60 s

Tabla 22: Verde efectivo

Fase Y, g<sub>i</sub> (verde efectivo)

1 0.340 30 s

2 0.226 20 s

3 0.120 10 s

Fuente: Elaboración propia

Ajuste a tiempos reales por fase (G<sub>i</sub>)

Desde Excel, se ajustaron los tiempos según condiciones reales:

Tabla 23: Verde Real

Fase Verde efectivo g<sub>i</sub> Verde real G<sub>i</sub> (Excel)

1 30s 30 s

2 20 s 20 s

3 10 s 10 s

Fuente: Elaboración propia

Simulación operativa del diseño propuesto

Modelación Synchro y Nivel de servicio por movimiento y por carril

Ilustración 28: Distribución de tráfico en Synchro

□

Fuente: Elaboración propia

El modelo propuesto fue simulado en el software Synchro utilizando los datos de aforo vehicular, tiempos semafóricos calculados y geometría de diseño proyectada. Los resultados muestran que el diseño presenta una operación funcional adecuada bajo demanda de hora pico, alcanzando niveles de servicio A, B y C según los diferentes movimientos de aproximación. No se registraron niveles D, E ni F, lo cual es un indicador positivo de rendimiento.

El modelo propuesto fue simulado en el software Synchro utilizando los datos de aforo vehicular, tiempos semafóricos calculados y geometría de diseño proyectada. Los resultados muestran que el diseño presenta una operación funcional adecuada bajo demanda de hora pico, alcanzando niveles de servicio A, B y C según los diferentes movimientos de aproximación. No se registraron niveles D, E ni F, lo cual es un indicador positivo de rendimiento. Se destaca lo siguiente:

Reducción de demoras en movimientos principales a menos de 30 s/veh.

Giros protegidos con flujos óptimos gracias a la canalización.

Coordinación semafórica eficiente con un ciclo total de 71 segundos.

Desempeño general acorde a los criterios del Manual de Capacidad Vial (HCM).

Este análisis demuestra la viabilidad funcional de la intersección propuesta, alineando los resultados del software con los criterios técnicos de eficiencia y seguridad establecidos por normativa.

Tabla 24: ICU LOS Synchro

Aproximación / Movimiento Volumen (veh/h) Control Delay (s) Total Delay (s) LOS

SEU (Entrada sur – recto) 830 5.6 5.6 A

SEL (Entrada sur – izq) 35 13.0 13.0 B

SET (Entrada sur – derecha) 143 2.0 2.0 A

NWU (Entrada norte – recto) 830 13.2 13.2 B

NWL (Entrada norte – izq) 35 29.0 29.0 C

NWT (Entrada norte – derecha) 224 13.2 13.2 B

NEL, NET, NER (Salida Facultad) 143/35/224 26.8 – 0.2 26.8 – 0.2 B / A

SWL, SWT, SWR (Vías laterales) 0-35 11.8 – 0.2 11.8 – 0.2 B / A

Fuente: Elaboración propia

Comparación de situación actual

En el tramo de vía analizada, la situación actual muestra un tramo de la Av. 25 de junio con una configuración de ocho carriles (cuatro por sentido), sin control semafórico, sin ramales de giro protegidos, y sin conectividad directa para el ingreso o salida desde la Facultad de Agronomía. Esta configuración obliga a los vehículos que se dirigen desde zonas como Santa Rosa, Pasaje o El Guabo hacia la Facultad a recorrer distancias adicionales hasta el redondel ubicado cerca del terminal terrestre para realizar un retorno, incrementando tiempos de viaje, consumo de combustible y niveles de congestión.

Con la propuesta desarrollada en esta investigación, se introduce una intersección semaforizada con canalizaciones, islas de giro protegido, ramales directos de ingreso y salida, y sincronización de fases. A través de la simulación en Synchro, se valida que las nuevas conexiones reducen significativamente la distancia y el tiempo requerido para acceder a la Facultad. Esto se refleja en una operación más eficiente, con nivel de servicio promedio B en la mayoría de los movimientos, en comparación con la situación actual donde el cruce informal genera un riesgo para los peatones y pérdida de tiempo. La evaluación demuestra que la propuesta mejora el flujo vehicular, reduce la conflictividad, eleva la seguridad vial y peatonal.

Análisis comparativo de indicadores operativos

A partir de la simulación realizada en Synchro 11, se evaluaron los principales indicadores de operación vial bajo la situación actual y la propuesta diseñada. Los resultados obtenidos se resumen a continuación:

Tabla 25: Analisis comparativo

□

Fuente: Elaboración propia

Validación técnica según normativa NEVI-12 y guía técnica

Tabla 26: Criterios de validacion NEVI12

□

Fuente: Elaboración propia

La propuesta desarrollada fue validada conforme a la normativa ecuatoriana NEVI-12 y la guía técnica para diseño de intersecciones urbanas. En particular, se comprobó que:

Tabla 27: Criterios de diseño en la propuesta

□

Fuente: Elaboración propia

Esta validación técnica respalda la viabilidad del diseño propuesto, asegurando su factibilidad operativa y su adecuación a las normativas vigentes en Ecuador.

Validación del diseño

Todos los movimientos principales (rectos y giros) se encuentran dentro de los niveles de servicio A, B o C.

No se reportan condiciones críticas (D, E o F) en ningún punto de la intersección.

Los resultados obtenidos son consistentes con la demanda aforada, los ciclos semafóricos optimizados (Co = 71 s) y la capacidad vial configurada.

El diseño geométrico y semafórico propuesto cumple satisfactoriamente con las normas técnicas y ofrece condiciones óptimas de operación para los flujos actuales y futuros.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones respecto a los objetivos

Se llevó a cabo una revisión teórica y contextual amplia sobre el diseño geométrico vial, lo cual permitió establecer una base sólida para el desarrollo de la propuesta. Se recopilaron normativas como la NEVI-12 y se analizaron experiencias previas aplicables a la realidad del sector estudiado, consolidando así los fundamentos técnicos necesarios para abordar el problema de conectividad y seguridad en la zona académica de Machala.

A partir del diagnóstico situacional y el análisis topográfico, se formuló una propuesta geométrica de intersección canalizada y semaforizada, que optimiza los movimientos vehiculares de entrada y salida a la Facultad de Ciencias Agropecuarias. El diseño contempló anchos de carril normativos, radios mínimos de giro, sobreechancos para vehículos pesados, canalizaciones mediante islas, carriles exclusivos y señalización estructurada, todo conforme a los parámetros técnicos establecidos en la normativa vigente.

La validación de la propuesta mediante el software Synchro permitió comparar su desempeño frente a la condición actual de flujo libre. Los resultados evidenciaron mejoras en seguridad, fluidez y eficiencia operativa. Se obtuvo un nivel de servicio A, B o C según el ramal, y un ciclo semafórico total de 71 segundos, lo que evidencia un diseño técnicamente viable y funcional para ordenar los flujos vehiculares y reducir riesgos de colisión o maniobras improvisadas.

### Conclusión general

La propuesta desarrollada transforma un entorno conflictivo y desorganizado en una intersección técnica, segura y eficiente. La incorporación de principios geométricos, control semafórico y validación por simulación demuestra que es posible mejorar la movilidad urbana mediante soluciones estructuradas basadas en evidencia técnica y normativa. La implementación del diseño propuesto representa un avance significativo hacia una infraestructura vial más ordenada y segura para los usuarios del sector académico de Machala.

### Recomendaciones

Se recomienda ejecutar la propuesta de intersección conforme a los planos y parámetros geométricos desarrollados, respetando los radios de giro calculados, los sobreechancos asignados para maniobras de vehículos pesados, los anchos normativos de carril y las dimensiones de las islas canalizadoras. Asimismo, es fundamental implementar el sistema semafórico con un tiempo de ciclo total de 71 segundos, incluyendo los tiempos verdes, amarillos y all-red definidos para cada fase, tal como se estableció en la simulación validada mediante el software Synchro. La instalación de señalización horizontal y vertical debe seguir las especificaciones de la normativa NEVI-12, garantizando una correcta visibilidad en condiciones diurnas y nocturnas.

Durante el primer año de funcionamiento, se sugiere realizar un monitoreo técnico constante que permita evaluar los tiempos de demora, el comportamiento del flujo vehicular y la seguridad vial general. Para ello, pueden emplearse métodos de aforo periódico, observación directa y análisis comparativo de niveles de servicio. Este seguimiento permitirá ajustar oportunamente la programación semafórica, optimizar la operación del cruce y evitar degradaciones en el nivel de servicio. Asimismo, se recomienda promover auditorías de seguridad vial al sexto y duodécimo mes con participación de autoridades técnicas y operadores locales.

Desde el punto de vista normativo, se propone gestionar ante los entes competentes la incorporación de los criterios establecidos en la guía NEVI-12 como estándar obligatorio para futuros desarrollos de intersecciones urbanas. Además, se sugiere documentar la experiencia desarrollada en este proyecto como caso piloto, de modo que pueda ser replicado en otras vías urbanas con características geométricas y de demanda similares. La elaboración de manuales operativos para el manejo de controladores semafóricos programados será de gran utilidad para el personal técnico responsable de la operación y mantenimiento de la infraestructura.

Finalmente, se considera indispensable informar y sensibilizar a la ciudadanía sobre la transición del sistema de flujo libre desordenado hacia una intersección canalizada y semaforizada. Este proceso de comunicación debe enfocarse en los beneficios obtenidos en términos de seguridad vial, ordenamiento del tránsito y reducción de conflictos. Asimismo, se recomienda fomentar la participación activa de usuarios y operadores en el seguimiento post-implementación, integrando sus observaciones como parte del proceso continuo de mejora.

### Referencias



**dspace.ups.edu.ec**

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24452/1/TTS1232.pdf>

AASHTO. (2011).



**repositorioacademico.upc.edu.pe**

[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/655740/AroniY\\_T.pdf?sequence=3](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/655740/AroniY_T.pdf?sequence=3)

A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. American Association of State Highway and Transportation.

Ahmed, A., Sadullah, A. F.,



**repository.unilibre.edu.co**

[https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/25564/Análisis comparativo de tránsito intersección La Macarena.pdf?sequence=1](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/25564/Análisis%20comparativo%20de%20tránsito%20intersección%20La%20Macarena.pdf?sequence=1)

& Yahya, A. S. (2021). Analysis of the effect of directional traffic volume and mix on road traffic crashes at threelegged unsignalized intersections. *Transportation Engineering*, 1. doi:<https://doi.org/10.1016/j.treng.2021.100052>

Alba Menéndez, M. L., & Hernández Menéndez, O.



**revistas.ucr.ac.cr** | Análisis de sincronización de semáforos utilizando el programa Synchro

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/40953>

(2020). Análisis de sincronización de semáforos utilizando el programa Synchro. *Infraestructura Vial*

/ LanammeUCR, 1,6-9. doi:<https://doi.org/10.15517/IV.V22I39.40953>

Babić, D., Babić, D., Fiollić, M., & Ferko, M. (2022). Road Markings and Signs in Road Safety. *Encyclopedia of Engineering*, 1. doi:<https://doi.org/10.3390/encyclopedia2040119>

Baque Parrales, E. M., Moll Martínez, R., Moreno Ponce, L. A., & Solórzano Villegas, L. E. (2022). Evaluación de la accidentalidad en la zona urbana de Jipijapa por deficiencias en la señalización vertical. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 1,5,8,9,10. doi:<https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss45.2022pp74-83>

Bonela, S. R., & Kadali, B. R. (2022).



**www.mendeley.com** | Review of traffic safety evaluati... preview & related info | Mendeley

<https://www.mendeley.com/catalogue/31001b43-2207-3fc5-977c-526c98043e0c/>

Review of traffic safety evaluation at T-intersections using surrogate safety measures in developing countries context. *IATSS Research*.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2022.03.001>

Cabrera Amaique, J.



**jlacolectivo.com**

<https://jlacolectivo.com/revistas/index.php/YUYAY/article/view/70>

(2024). Diseño, análisis y detección de patrones de movilidad urbana en Guayaquil mediante algoritmos de aprendizaje supervisado. *YUYAY: Estrategias, Metodologías & Didácticas Educativas*,

3,7. doi:<https://doi.org/10.59343/yuyay.v3i2.70>

Felizia, J., & Felicia, L. (2015). Highway Capacity Manual 2010 Autopistas. Universidad Nacional de Cuyo.



**doi.org** | Sustainable Mobility: A Review of Possible Actions and Policies

<https://doi.org/10.3390/su12187499>

Gallo, M., & Marinelli, M. (2020). Sustainable Mobility: A Review of Possible Actions and Policies. *Sustainability*,

1,3. doi:<https://doi.org/10.3390/su12187499>

García Ramírez, Y., & Carvallo, S. (2024).



**doi.org** | Enhancing intersection safety: Testing measures to reduce law violations in Loja (Ecuador)

<https://doi.org/10.24294/jipd.v8i12.9012>

Enhancing intersection safety: Testing measures to reduce law violations in Loja

(Ecuador). *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 1,11-12. doi:<https://doi.org/10.24294/jipd.v8i12.9012>



**www.mendeley.com** | El congestionamiento vehicular, a... preview & related info | Mendeley  
<https://www.mendeley.com/catalogue/2da94d05-a8e2-32f3-a596-2673b32b8bc4/>

Gómez, J., & Delgado, D. (2022). El congestionamiento vehicular, análisis y propuesta de solución: intersección semaforizada entre avenidas América y Reales Tamarindos, Portoviejo, Ecuador. *Investigación*

& Desarrollo (Universidad Técnica de Machala), 173-202. doi:<https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1732>

Gupta Gupta, G., Anand Anand, A., Raj Raj, A., & Robert George, B. R. (2022). Study of traffic volumes. *International Journal of*, 1. doi:<https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS1.7363>

Huo, Y., Zhao, J., Li, X., & Guo, C. (2021).



**doi.org**  
<https://doi.org/10.5038/2375-0901.23.2.3>

Using fuzzy clustering of user perception to determine the number of level-of-service categories for bus rapid transit. *Journal of Public Transportation*. doi:<https://doi.org/10.5038/2375-0901.23.2.3>

Hussein, N. (2022).



**doi.org** | Synchro Software-Based Alternatives for Improving Traffic Operations at Signalized Intersections  
<https://doi.org/10.14500/aro.10915>

Synchro Software-Based Alternatives for Improving Traffic Operations at Signalized Intersections. *ARO - The Scientific Journal of Koya University*, 1,6,7-8. doi:<https://doi.org/10.14500/aro.10915>

Ketter, W., Schroer, K., & Valogianni, K. (2023). Information Systems Research for Smart Sustainable Mobility: A Framework and Call for Action. *Information Systems Research*, 1,3,6.

doi:<https://doi.org/10.1287/isre.2022.1167>



**doi.org** | Smart Intersections and Connected Autonomous Vehicles for Sustainable Smart Cities: A Brief Review  
<https://doi.org/10.3390/su17073254>

Khanmohamadi, M., & Guerrieri, M. (2025). Smart Intersections and Connected Autonomous Vehicles for Sustainable Smart Cities: A Brief Review. *Sustainability*, 1,2,4. doi:<https://doi.org/10.3390/su17073254>

León Torres, L. M., Villarruel Meythaler, F. S., Campoverde Muñoz, J. L., & Guerra Soria, S. L. (2023).



**doi.org** | Análisis de las intersecciones aledañas al terminal terrestre de la ciudad de Tena - Ecuador  
<https://doi.org/10.61154/holopraxis.v8i1.3460>

Análisis de las intersecciones aledañas al terminal terrestre de la ciudad de Tena -Ecuador. *Holopraxis*, 2,4,25,28-29. doi:<https://doi.org/10.61154/holopraxis.v8i1.3460>

Liu Liu, S., Xiong Xiong, H., Li Li, Y., & Liu Liu, Y. (2023).



**dx.doi.org** | Impacts of automated passenger cars on the capacity of a freeway basic section applicability in the determination of vehicle adjustment factors in mixed tra...  
<http://dx.doi.org/10.48130/DTS-2023-0025>

Impacts of automated passenger cars on the capacity of a freeway basic section

under various lane-changing conditions. *Digital Transportation and Safety*, Vol. 2(4), pp. 298-307, 1. doi:<http://dx.doi.org/10.48130/DTS-2023-0025>

MACHALA, G. (2019). PDOT MACHALA.



**doi.org** | Urban Traffic Signal Control under Mixed Traffic Flows: Literature Review  
<https://doi.org/10.3390/app13074484>

Majstorović, Ž., Tišljarić, L., Ivanjko, E., & Carić, T. (2023). Urban Traffic Signal Control under Mixed Traffic Flows: Literature Review. *Applied Sciences*, 5-6. doi:<https://doi.org/10.3390/app13074484>



**Documento de otro usuario**  
Viene de de otro grupo

Mayorov, V. I., Denisenko, V. V., & Solovev, S. G. (2023). A systemic approach to

road safety in the EU. *Juridicas CUC*, 1,6. doi:<https://doi.org/10.17981/juridcuc.19.1.2023.09>

MTOP. (2013). Normas para estudios y diseños viales. Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

NEVI12. (2013). Norma para estudios y diseños viales. MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas).

Ojha, K. N. (2021). Road safety status and some initiatives in Nepal. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (ITEGAMJETIA)*, 20.

doi:<https://doi.org/10.5935/jetia.v7i27.713>

Paucara Rojas, M., Avilés Córdova, S. E., & Huaquisto Cáceres, S. (2023).



**doi.org**  
<https://doi.org/10.23881/idupbo.023.1-5i>

Utilización de la microsimulación para el estudio de tráfico vehicular en vías urbanas.

Investigación & Desarrollo (Universidad Privada de Bolivia), 1,6-9. doi:<https://doi.org/10.23881/idupbo.023.1-5i>

Pedraza Farías, S. R., Cáceres Castellanos, G., & Quevedo Reyes, J. E. (2025). Smart Mobility: Road Incident Monitoring System for Urban Traffic Management. *Revista Facultad de Ingeniería (Tunja)*, 1-2. doi:<https://doi.org/10.19053/01211129.v34.n71.2025.19015>

Pineda Mayuza,



**doi.org**  
<https://doi.org/10.15446/dyna.v92n237.119033>

S. I. (2025). Challenges and opportunities of urban mobility in Latin America: strategies toward sustainable development. *DYNA*, 1,2,4. doi:<https://doi.org/10.15446/dyna.v92n237.119033>

Rajha, R., Shiode, S., & Shiode, N. (2025). Improving TrafficFlow



**doi.org** | Improving Traffic-Flow Prediction Using Proximity to Urban Features and Public Space  
<https://doi.org/10.3390/su17010068>

Prediction Using Proximity to Urban Features and Public Space. *Sustainability*,

1. doi:<https://doi.org/10.3390/su17010068>

Rodríguez Polo, K. A., Moreno Anselmi, L. Á., Gaviria Mendoza, C. A., & Ospina García, M. Á.



**doi.org**  
<https://doi.org/10.14483/22487638.17741>

(2023). Evaluación operacional del BRT mediante microsimulación en la avenida 68 de la ciudad de Bogotá.

Tecnura: Ciencia, Tecnología e Ingeniería (Universidad Distrital Francisco José de Caldas), 1,14-18. doi:<https://doi.org/10.14483/22487638.17741>

Shepelev, V., Glushkov, A., Gritsenko, A., Nevolin, D., & Vorobyev, A. (2022). Assessing the Traffic Capacity of Urban Road Intersections. *Frontiers in Built Environment*, 1,2,4.

doi:<https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.968846>

Sudhakaran, G. M., Booth, C. A., Prabhakaran, A., Abbey, S. J., Georgakis, P., Renuappa, S., . . . Hilde, V. S. (2025). Road safety of micromobility and vulnerable road users: Insights and issues from a world café. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2. doi:<https://doi.org/10.1080/15568318.2025.2522370>

Tanikawa Obregón, K., & Paz Gómez,

D. M. (2021). El peatón como base de una movilidad urbana sostenible en Latinoamérica: una visión para construir ciudades del futuro. Revista Brasileira de Controle de Tráfego (RBCT), 1,2,3. doi:<https://doi.org/10.15446/rbct.n50.94842>

Zhang, X., Fan, X., Yu, S., Shan, A., Fan, S., Xiao, Y., & Dang, F. (2022). Intersection Signal Timing Optimization: A Multi-Objective Evolutionary Algorithm. Sustainability, 1-2. doi:<https://doi.org/10.3390/su14031506>

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

El que suscribe, CHRISTIAN JOAO AGUIRRE CALVAS, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Diseño geométrico de una intersección vial entre la Avenida 25 de Junio y la facultad de agronomía de la Universidad Técnica de Machala, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre el cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

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

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

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

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



AGUIRRE CALVAS CHRISTIAN JOAO

0707065330

UNIVERSITAS  
MAGISTRORUM  
ET SCHOLARIUM

## DEDICATORIA

A mis padres, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida. A mi mamá, por su paciencia, sus consejos oportunos y por estar siempre presente, incluso en los momentos de mayor dificultad.

A mi papá, por su ejemplo de responsabilidad y dedicación, y por motivarme a seguir adelante cada vez que las circunstancias parecían complicarse.

Ambos me han enseñado, más con hechos que con palabras, que el compromiso y el esfuerzo constante son la base para alcanzar cualquier meta. Gracias por confiar en mí y por darme el espacio para aprender de mis propios errores, siempre brindando su apoyo cuando lo he necesitado.

Este trabajo representa no solo mi esfuerzo, sino también el de ustedes, que han estado acompañándome de forma silenciosa pero decisiva en cada paso del camino.

A ustedes dedico este logro, como muestra de mi gratitud y reconocimiento.

Atentamente:

Christian J. Aguirre Calvas

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a mis padres. Su apoyo incondicional ha sido la base de cada paso que he dado a lo largo de mi formación. Gracias por su esfuerzo, paciencia y por enseñarme que la constancia y el trabajo honesto son la mejor manera de alcanzar cualquier meta. No solo me brindaron la oportunidad de estudiar, sino que siempre confiaron en mis decisiones, acompañándome tanto en los momentos de avance como en los de dificultad. Todo lo logrado en este proceso es, en gran parte, reflejo del ejemplo y los valores que me han transmitido. A ustedes les debo mucho más que una titulación; les debo la motivación y la fortaleza para no rendirme.

Agradezco también a todas las personas que me acompañaron durante este camino, aportando su tiempo, palabras de aliento o amistad en los distintos momentos de este proceso. Incluso a quienes tomaron otros rumbos, les reconozco el lugar que ocuparon en mi vida y en mi crecimiento.

De manera especial, extiendo mi agradecimiento a mi tutora de proyecto de titulación, la ingeniera Yudy Medina. Aprecio enormemente la oportunidad que me brindó al confiar en mi capacidad para asumir este desafío. Su orientación, paciencia y compromiso fueron clave para que pudiera culminar este trabajo con seguridad y responsabilidad. Gracias por creer en mí y acompañarme en cada etapa de este proyecto.

A todos, mi gratitud más sincera.

Atentamente:

Christian J. Aguirre Calvas

## RESUMEN

En la ciudad de Machala, la conexión directa entre la avenida 25 de Junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica presenta deficiencias funcionales que afectan la movilidad urbana y la seguridad vial. La falta de una intersección adecuada obliga a realizar maniobras riesgosas y recorridos prolongados, especialmente para los usuarios que provienen del cantón Santa Rosa o se dirigen al centro urbano, lo que incrementa los tiempos de viaje y genera conflictos operacionales. Frente a esta problemática, se plantea el diseño geométrico de una intersección canalizada y semaforizada que restablezca la conectividad y optimice el flujo vehicular en el sector.

El estudio inició con un levantamiento topográfico detallado, empleando estación total y GPS, para definir los parámetros geométricos del área. Se realizaron aforos vehiculares sobre la Av. 25 de Junio y en el acceso a la Facultad, complementados con un aforo origen-destino, con el fin de caracterizar la demanda y los patrones de movimiento. Posteriormente, se calcularon los radios mínimos de giro, ancho de carril y sobreaño, y se diseñaron los ramales de acceso, salida y retorno, utilizando criterios técnicos de la normativa NEVI-12 y el software AutoCAD Civil 3D.

Se elaboró una propuesta de semaforización multietapa, basada en el cálculo de tiempos amarillos, todo rojo, ciclo óptimo ( $C_o$ ) y reparto proporcional del verde, mediante las fórmulas del HCM y validación en hojas de cálculo. La propuesta fue ingresada en el software Synchro, donde se configuraron las fases semaforizadas y se evaluó el desempeño operativo de la intersección. Los resultados reflejan una mejora sustancial en el nivel de servicio (LOS A, B y C), reducción de demoras, maniobras seguras y eliminación de giros improvisados.

El rediseño propuesto demuestra ser una solución técnicamente viable y normativamente sustentada para resolver los problemas de conectividad en la zona académica, mejorando la eficiencia vial y la seguridad para todos los usuarios.

### **Palabras claves:**

Intersección vial, aforo vehicular, levantamiento topográfico, Synchro, semaforización, NEVI-12, trazado geométrico, movilidad urbana, Av. 25 de Junio, Facultad de Agronomía.

## ABSTRACT

In the city of Machala, the lack of a proper intersection between Avenida 25 de Junio and the Faculty of Agronomy at the Technical University has resulted in significant functional deficiencies affecting urban mobility and traffic safety. The absence of a dedicated connection forces users—especially those coming from Santa Rosa or heading downtown—to make risky maneuvers and take long detours, increasing travel time and operational conflicts. To address this issue, a geometric design for a channelized and signalized intersection is proposed, aimed at restoring connectivity and optimizing vehicular flow in the area.

The study began with a detailed topographic survey using total station and GPS equipment to define the geometric parameters of the site. Traffic counts were conducted on Av. 25 de Junio and at the access point to the Faculty, complemented by an origin-destination survey to understand travel demand and movement patterns. Turning radii, lane width and widening requirements were calculated, and the access, exit, and return ramps were designed in compliance with NEVI-12 standards, using AutoCAD Civil 3D.

A multi-phase traffic signal plan was developed based on the calculation of yellow and all-red intervals, optimal cycle time ( $C_o$ ), and proportional green time allocation, applying HCM formulas and spreadsheet validation. The proposal was modeled in Synchro software, where signal phases were configured and the operational performance of the intersection was evaluated. Results showed a significant improvement in Level of Service (LOS A, B, and C), reduced delays, safer maneuvers, and elimination of informal turning patterns.

The proposed redesign proves to be a technically feasible and normatively sound solution to solve the current connectivity problems in this academic zone, improving traffic efficiency and user safety.

### **Keywords:**

Intersection design, traffic counts, topographic survey, Synchro, signal timing, NEVI-12, geometric layout, urban mobility, Av. 25 de Junio, Faculty of Agronomy.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT .....	IV
INDICE DE TABLAS.....	IX
INTRODUCCIÓN .....	1
IMPORTANCIA DEL TEMA.....	1
ACTUALIDAD DE LA PROBLEMÁTICA.....	2
ESTRUCTURA DEL TRABAJO .....	3
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.1 ANTECEDENTES (LÍNEA BASE DEL PROYECTO .....	4
1.1.1 POBLACIÓN.....	4
1.1.2 Situaciones turísticas.....	4
1.1.3 Educación y Salud .....	5
1.1.4 Alcantarillado .....	6
1.1.5 Agua potable .....	7
1.1.6 Hidrografía .....	7
1.1.7 Topografía .....	8
1.1.8 Uso del suelo .....	9
Amenazas y/o riesgos .....	9
1.1.9 Intensidad sísmica.....	9
1.1.10 Susceptibilidad a la erosión.....	10
1.1.11 Inundaciones.....	10
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLÉMICA (CAUSAS Y EFFECTOS).....	12
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.4 ALCANCE DEL PROYECTO .....	14

1.5	JUSTIFICACIÓN.....	15
1.6	OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS .....	16
1.6.1	Objetivo general .....	16
1.6.2	Objetivos específicos .....	16
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....		17
2.1	ANTECEDENTES CONTEXTUALES.....	17
2.2	ANTECEDENTES CONCEPTUALES .....	20
2.2.1	Clasificación de intersecciones .....	21
2.2.2	Volumen de tráfico .....	23
2.2.3	Capacidad.....	23
2.2.4	Nivel de servicio.....	24
2.2.5	Velocidad de circulación.....	27
2.2.6	Ensanchamientos en curvas horizontales.....	28
2.2.7	Distancia de visibilidad de detención .....	29
2.2.8	Señalización vial .....	30
2.2.9	Señalización vial horizontal.....	31
2.2.10	Categorización de las señales horizontales según su forma.....	31
2.3	ANTECEDENTES REFERENCIALES .....	32
CAPITULO III. METODOLOGÍA .....		35
3.1	ENFOQUE METODOLÓGICO.....	35
3.2	ETAPAS METODOLÓGICAS .....	35
3.2.1	Diagnóstico inicial de la vía existente .....	35
3.2.2	Levantamiento topográfico y aforos vehiculares .....	35
3.2.3	Clasificación y análisis funcional de la intersección.....	36
3.2.4	Cálculo de los tiempos semafóricos .....	36
3.2.5	Diseño geométrico de la propuesta .....	36
3.2.6	Evaluación técnica y recomendaciones .....	37

3.2.7	Herramientas e instrumentos a emplearse .....	37
3.2.8	Criterios de validación y normativa aplicada.....	37
3.2.9	Métodos y técnicas para cada objetivo .....	38
CAPITULO IV. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS .....		39
4.1	Condiciones actuales de la vía .....	39
4.1.1	Levantamiento topográfico .....	39
4.1.1.1	Planificación y preparación del equipo.....	40
4.1.1.2	Planificación y preparación del equipo.....	42
4.1.1.3	Establecimiento de puntos de control.....	42
4.1.2	Instalación y orientación de la estación total .....	43
4.1.2.1	Levantamiento de puntos en terreno.....	43
4.1.2.2	Verificación de calidad y cierre.....	43
4.1.3	Aforo vehicular .....	44
4.1.4	Identificación de conflictos y deficiencias .....	44
4.2	Propuesta de rediseño geométrico.....	45
4.2.1	Plano base del rediseño.....	46
4.2.2	Cálculo de elementos geométricos.....	50
4.2.2.1	Radio mínimo de giro .....	50
4.2.3	Vehículo Pesado – CITY BUS .....	51
4.2.4	Vehículo Liviano – PASSENGER CAR.....	52
4.2.5	Ancho de carril y sobrecarril .....	54
4.2.6	Longitud de almacenamiento y visibilidad.....	55
4.2.7	Diseño de ramales de acceso y salida.....	56
4.2.8	Ramales de ingreso.....	57
4.2.9	Ramales de salida .....	57
4.2.10	Giros protegidos y retornos.....	57
4.3.1	Ubicación y función de las islas.....	58

4.3.2	Dimensiones geométricas .....	58
4.4	Justificación funcional y normativa .....	60
4.5	Diseño semafórico .....	61
4.5.1	Descripción de fases y movimientos vehiculares.....	61
4.5.2	Asignación de fases semafóricas.....	61
4.5.3	Determinación del tiempo de ciclo y reparto de tiempos semafóricos.....	63
4.5.3.1	Cálculo del tiempo amarillo ( $A_i$ ) y all-red ( $TR_i$ ).....	63
4.5.3.2	Parámetros básicos .....	64
4.5.3.3	Relación de flujo ( $Y_i$ ).....	64
4.5.3.4	Cálculo del ciclo óptimo ( $C_o$ ).....	64
4.5.3.5	Reparto proporcional del verde efectivo ( $g_i$ ).....	64
4.5.3.6	Ajuste a tiempos reales por fase ( $G_i$ ).....	65
4.6	Simulación operativa del diseño propuesto .....	65
4.6.1	Modelación Synchro y Nivel de servicio por movimiento y por carril.....	65
4.7	Comparación de situación actual .....	67
4.7.1	Análisis comparativo de indicadores operativos.....	67
4.7.2	Validación técnica según normativa NEVI-12 y guía técnica .....	68
4.7.3	Validación del diseño.....	69
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	70
5.1	Conclusiones respecto a los objetivos .....	70
5.2	Conclusión general.....	70
5.3	Recomendaciones.....	71
	Referencias .....	72
	ANEXOS.....	76

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1:Población del cantón Machala .....	4
Tabla 2:Situación turística del cantón Machala .....	4
Tabla 3:Educación y salud del cantón Machala.....	5
Tabla 4: Establecimientos de salud en el cantón Machala .....	6
Tabla 5: Alcantarillado en el cantón Machala .....	6
Tabla 6: Agua potable en el catón Machala.....	7
Tabla 7: Uso del suelo en el cantón Machala .....	9
Tabla 8:Clasificación funcional de las vías en base del TPDA .....	24
Tabla 9: Niveles de servicio según el tipo de vía.....	24
Tabla 10:Nivel de servicio .....	25
Tabla 11: Velocidades de diseño del MTOP según la clasificación de la vía .....	26
Tabla 12: Velocidades de diseño para intersecciones.....	27
Tabla 13: Relaciones entre velocidades de circulación y de diseño .....	27
Tabla 14: Sobre ancho de la calzada en curvas circulares.....	28
Tabla 15: Distancia de parada.....	29
Tabla 16: Herramientas e instrumentos a emplearse.....	37
Tabla 17: Métodos y técnicas según el objetivo .....	38
Tabla 18: Aforo vehicular principal .....	44
Tabla 19: Aforo vehicular origen - destino.....	44
Tabla 20: Flujos de fases .....	61
Tabla 21: Relación para distribución de verde en fases .....	64
Tabla 22: Verde efectivo.....	65
Tabla 23: Verde Real .....	65
Tabla 24: ICU LOS Synchro .....	66
Tabla 25: Analisis comparativo .....	68
Tabla 26: Criterios de validacion NEVI12.....	68
Tabla 27: Criterios de diseño en la propuesta.....	69

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Red hídrica del cantón Machala .....	8
Ilustración 2: Topografía del cantón Machala .....	8
Ilustración 3: Susceptibilidad a la erosión en el cantón Machala .....	10
Ilustración 4: Sectores susceptibles a inundaciones del cantón Machala .....	11
Ilustración 5: Árbol de problemas .....	13
Ilustración 6: Alcance del proyecto .....	14
Ilustración 7: Levantamiento topográfico .....	41
Ilustración 8: Ubicación de puntos referenciales .....	42
Ilustración 9: Inicio de proyecto en Civil 3D .....	46
Ilustración 10: Configuración del sistema de referencia .....	47
Ilustración 11: Inserción de puntos tomados en topografía .....	47
Ilustración 12: Icono de perfiles .....	48
Ilustración 13: Creación de alineamientos .....	48
Ilustración 14: Icono para corredores viales .....	49
Ilustración 15: Creación de corredores viales .....	49
Ilustración 16: Trazado geométrico del estado actual del tramo de vía .....	50
Ilustración 17: Datos técnicos de vehículo diseño 1 .....	51
Ilustración 18: Radios de giro para bus de vehicle tracking .....	52
Ilustración 19: Datos técnicos de vehículo de diseño 2 .....	52
Ilustración 20: Radios de giro para vehículo liviano de vehicle tracking .....	53
Ilustración 21: Geometría de isla 1 .....	58
Ilustración 22: Geometría de isla 2 .....	59
Ilustración 23: Geometría de isla 3 .....	59
Ilustración 24: Geometría de isla 4 .....	59
Ilustración 25: Distribución semafórica FASE 1 .....	62
Ilustración 26: Distribución semafórica FASE 2 .....	62
Ilustración 27: Distribución semafórica FASE 3 .....	63
Ilustración 28: Distribución de tráfico en Synchro .....	65

## **INTRODUCCIÓN**

### **IMPORTANCIA DEL TEMA**

A nivel urbano, las deficiencias en el diseño de intersecciones generan problemas de conectividad, incremento de tiempos de traslado y conflictos en el flujo vehicular, afectando directamente la funcionalidad de las redes viales. Estas condiciones se presentan con frecuencia en ciudades intermedias del Ecuador, donde el crecimiento urbano supera la capacidad operativa de la infraestructura existente.

En el caso particular de la ciudad de Machala, la falta de un empalme directo entre la avenida 25 de Junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica ha provocado una circulación vehicular poco eficiente, obligando a los usuarios a realizar recorridos largos o maniobras inseguras. Esta situación impacta negativamente en la movilidad de estudiantes, docentes y ciudadanía en general, dificultando el acceso a un sector educativo de gran importancia.

Frente a esta problemática, resulta necesario proponer soluciones técnicas que contemplen el diseño geométrico de una intersección funcional, adaptada a las condiciones actuales del entorno. Este estudio permitirá disponer de una alternativa viable para mejorar la circulación y la accesibilidad urbana, alineada con criterios normativos de seguridad y eficiencia vial.

## **ACTUALIDAD DE LA PROBLEMÁTICA**

Debido al crecimiento urbano acelerado y al incremento del parque automotor en la ciudad de Machala, se ha generado una mayor demanda de infraestructura vial que responda de forma eficiente a las necesidades de conectividad entre diferentes zonas de la ciudad. Sin embargo, algunos sectores aún presentan deficiencias en su estructura vial, como es el caso de la conexión entre la avenida 25 de Junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala.

En comparación con otras ciudades que han logrado implementar soluciones de conectividad más directas y funcionales, en este sector persiste la ausencia de una intersección que permita una circulación vehicular fluida y segura. Esta carencia afecta la accesibilidad hacia instalaciones académicas y genera recorridos prolongados, congestión vehicular y riesgo de maniobras indebidas, especialmente en horarios de alta demanda. A pesar del avance en otras áreas del sistema vial urbano, este punto continúa siendo un nodo conflictivo que requiere intervención técnica específica.

## **ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

En el desarrollo del presente trabajo de titulación, el **Capítulo I** se centra en aspectos fundamentales como la formulación del problema, la delimitación del área de estudio, la definición de los objetivos generales y específicos, así como la justificación técnica del proyecto. Este capítulo tiene como propósito ofrecer una visión detallada de la situación actual de la vía Panamericana E25 en el Cantón Camilo Ponce Enríquez, la cual presenta una condición de flujo libre sin control interseccional, generando conflictos operativos y riesgos en los movimientos de acceso y retorno.

El **Capítulo II** recoge los antecedentes teóricos necesarios para contextualizar y fundamentar el diseño geométrico de intersecciones. Se abordan conceptos clave desde tres niveles de análisis: macro, meso y micro, abarcando los fundamentos del funcionamiento de las intersecciones, sus tipologías, criterios normativos y los aportes técnicos más relevantes obtenidos de literatura científica. Este capítulo incorpora antecedentes contextuales, conceptuales y referenciales que permiten sustentar la propuesta con base en normativas como la NEVI-12 y experiencias documentadas en investigaciones similares.

En el **Capítulo III** se desarrolla la metodología utilizada para el diagnóstico y planteamiento de la propuesta. Se describen los instrumentos técnicos aplicados, como el levantamiento topográfico, los aforos vehiculares origen-destino, el análisis geométrico normativo y el uso de herramientas especializadas como AutoCAD Civil 3D y el software Synchro para la simulación del comportamiento del tráfico.

El **Capítulo IV** está destinado al análisis de resultados, donde se presentan de forma ordenada los cálculos geométricos esenciales: radios mínimos de giro, anchos de carril, sobreanchos, diseño de ramales, semaforización y tiempos de ciclo. Asimismo, se incluye la evaluación de la capacidad de la intersección y del nivel de servicio, con base en los datos de simulación. Finalmente, se expone una propuesta de rediseño geométrico y operativo que optimiza la seguridad vial y mejora la eficiencia del flujo vehicular en el sector estudiado.

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 ANTECEDENTES (LÍNEA BASE DEL PROYECTO)

#### 1.1.1 POBLACIÓN

El Censo de Población y Vivienda del Cantón Machala decía que existían 256.022 habitantes. Sin embargo, según una proyección de la población (INEC, 2017), el taso de Machala a 2020 sería de 289.141 personas, 49,08% hombres y 50,92% mujeres, lo que indica una ligera diferencia en el número de mujeres frente a hombres. El 96% del Cantón se encuentran in el Área rural (Zonas Rurales: Parroquia MACHALA and de la Parroquia El Retiro), mientras que el 4% se encuentran en el área urbana del Cantón, la Ciudad de Machala.

Tabla 1:Población del cantón Machala

<b>Sexo</b>	<b>Área urbana</b>	<b>Área rural</b>	<b>Total</b>
<b>Hombre</b>	136.234	5.676	141.910
<b>Mujer</b>	141.341	5.889	150.196
<b>Total</b>	277.575	11566	289.141

Fuente: Elaboración propia

#### 1.1.2 Situaciones turísticas

Hay un comportamiento errático en la industria turística de Machala sobre el tipo de visitantes a la provincia y al cantón. El Censo Económico 2010 indica que más de 1.200 localidades son más propensas a ser destinos turísticos.

Tabla 2:Situación turística del cantón Machala

<b>Descripción</b>	<b>Absoluto</b>
<b>Actividades de alojamiento y de servicio de comidas</b>	1.166
<b>Artes, entretenimiento y recreación</b>	103
<b>Machala</b>	10.903

Fuente: Elaboración propia

### 1.1.3 Educación y Salud

En 2010 había 217.696 alumnos matriculados en las escuelas de Cantón, la mayoría en educación básica y primaria, tanto en zonas urbanas como rurales. La educación debe considerarse un deber cívico y no sólo un servicio.

El Bachillerato General Unificado (con sus tres niveles) tuvo una tasa neta de asistencia del 72,89% en 2017, mientras que el nivel de Educación General Básica (que abarca del primero al décimo grado) tuvo una tasa neta de asistencia del 97,11% en el cantón Machala, según datos del Ministerio de Educación. Estas cifras muestran un aumento de la asistencia en todos los niveles educativos.

Tabla 3: Educación y salud del cantón Machala

<b>Nivel de educación</b>	<b>Tasa de asistencia (%)</b>		
	<b>Total</b>	<b>Urbana</b>	<b>Rural</b>
<b>Básica</b>	93,79	93,9	92,12
<b>Primaria</b>	94,31	94,4	92,9
<b>Secundaria</b>	71,31	72,12	61,36
<b>Bachillerato</b>	58,83	59,77	42,63
<b>Superior</b>	23,62	24,44	11,69

Fuente: Elaboración propia

Actualmente, Machala cuenta con 72 establecimientos de salud, dos de ellos en la parroquia rural de El Retiro. De ellos, 70 están repartidos por el sistema metropolitano de la ciudad, lo que significa que el 99% de los establecimientos se encuentran en la zona urbana.

Tabla 4: Establecimientos de salud en el cantón Machala

<b>Tipo de Centro</b>	<b>Público</b>	<b>Privado</b>
<b>Centro Médico Municipal</b>	9	0
<b>Clinicas Móviles Municipales</b>	5	0
<b>Centro Médico Privado</b>	0	22
<b>Clinicas</b>	0	27
<b>Centro Médico Policía Nacional</b>	1	0
<b>Centro Médico de las Fuerzas Armadas</b>	2	0
<b>Centro de Hemodiálisis Municipal</b>	1	0
<b>Centro de Hemodiálisis Privado</b>	0	1
<b>Hospital Esperanza (Curia de Machala)</b>	0	1
<b>Hospital SOLCA Machala</b>	1	0
<b>Hospital del Seguro Social de Machala</b>	1	0
<b>Hospital Municipal Dr. Pomerio Cabrera</b>	0	0
<b>Hospital General</b>	1	0
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>51</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 1.1.4 Alcantarillado

La parroquia Machala cuenta con una red de alcantarillado con una cobertura del 75% de conexión a la red pública, seguido del tipo fosa séptica con un 13% y un 3% sin conexión alguna, según datos del Censo de Población y Vivienda 2010. De los 1 074 casos de la parroquia El Retiro, el 23% tiene conexión a la red pública de alcantarillado, el 35% tiene pozo séptico y el 11% no tiene ninguna conexión.

Tabla 5: Alcantarillado en el cantón Machala

Tipo de servicio higiénico o excusado	Casos	%
Conectado a red pública de alcantarillado	47.790	74,49%
Conectado a pozo séptico	8.581	13,37%
Conectado a pozo ciego	2.104	3,28%
Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	3.211	5,00%
Letrina	372	0,58%
No tiene	2.102	3,28%
<b>Total</b>	<b>64.160</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración propia

### 1.1.5 Agua potable

El 18% de la población recibía agua para uso humano a través de la red pública; los pozos suministraban el 10% del agua; los ríos, manantiales y acequias contribuían con el 8%; y otras fuentes suministraban el 1%. El veinte por ciento de los habitantes de la parroquia rural de El Retiro se abastecían a través de la red pública.

Tabla 6: Agua potable en el catón Machala

Procedencia principal del agua recibida	Casos	%
De red pública	52.010	81,06%
De pozo	6.631	10,34%
Canal	311	0,48%
De carro repartidor	4.420	6,89%
Otro (Agua lluvia/ albarrada)	788	1,23%
Total	64.160	100,00%

Fuente: Elaboración propia

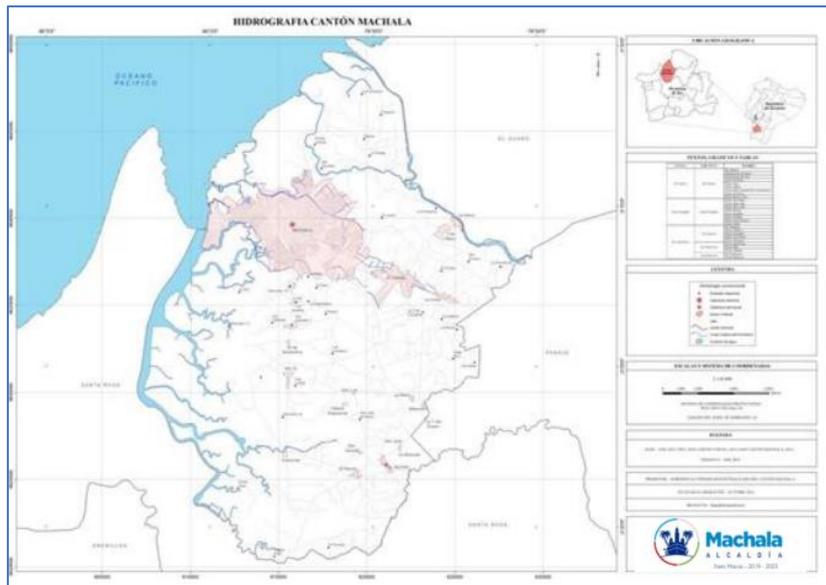
### 1.1.6 Hidrografía

La superficie total de Machala es de 13.429 hectáreas, es decir, el 36,06%, de las cuales se encuentran en la cuenca del estero Guajabal, que está en el centro del cantón. Estos lugares se denominan Los Ceibales, Nuevo Pajonal, Corralitos, Cañas Viejas, Km 15, San Luis, Sur de Machala y La Unión.

Por otro lado, los sitios de La Primavera, El Limón, La Iberia, El Portón y la porción norte de Machala se ubican al norte del cantón y abarcan 11.960 hectáreas (32,09% de la superficie total del cantón) en la subcuenca y cuenca del río Jubones.

Con una extensión de 11.885 ha, es decir el 31,89% de la superficie total del cantón, la parte sur del cantón se sitúa en las subcuencas de los ríos Santa Rosa, Buenavista y Motuche, todos ellos parte de la cuenca del río Santa Rosa. Los principales poblados del cantón son La María, La Y del Enano, San José, El Retiro, El Recreo, Motuche y Guarumal.

### Ilustración 1: Red hídrica del cantón Machala

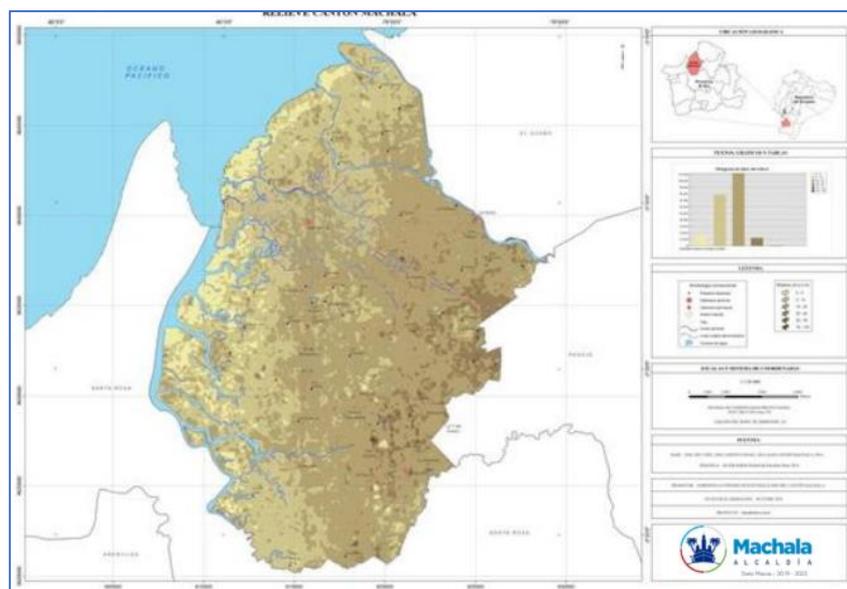


Fuente: (MACHALA, 2019)

### 1.1.7 Topografía

El terreno del cantón Machala se define por su planicie; el 94,17% del terreno se encuentra entre 0 y 20 metros sobre el nivel del mar. El terreno del cantón se distribuye según la altura en el mapa.

### Ilustración 2: Topografía del cantón Machala



Fuente: (MACHALA, 2019)

### 1.1.8 Uso del suelo

Se utilizó la interpretación de fotos satelitales de los años 2000, 2008 y 2011 para comprender la dinámica del uso del suelo en la zona. Esta investigación permitió observar un aumento del manglar (vegetación arbórea/arbustiva), que pasó del 8,73% en 2008 al 10,76% en 2011. Sin embargo, la superficie utilizada para la producción de camarón disminuyó del 24,57% en 2008 al 22,10% en 2011. De los análisis de estos dos indicios, se puede deducir que en la zona utilizada para producir camarón aumentó la vegetación de manglar. Este fenómeno puede explicarse por los procedimientos de reforestación de manglares descritos en el Decreto Ejecutivo 1391 y llevados a cabo por las autoridades competentes.

Tabla 7: Uso del suelo en el cantón Machala

Cobertura y uso del suelo	2000		2008		2011	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Arbórea/arbustiva	3.488,03	9,36	3.252,90	8,73	4.011,44	10,8
Camaroneras	7.914,59	21,2	9.160,17	24,6	8.236,66	22,1
Cuerpos de agua	1.778,74	4,77	1.778,74	4,77	1.778,74	4,77
Otras tierras	542,05	1,45	459,09	1,23	0	0
Tierras agropecuarias	18.755,5 0	50,3	19.890,86	53,4	19.452,81	52,2
Vegetación arbustiva y herbácea	2.943,23	7,9	89,93	0,24	0	0
Áreas urbanas	1.853,09	4,97	2.643,54	7,09	3.795,58	10,2
Total	37.275,2 3	100	37.275,23	100	37.275,23	100

Fuente: Elaboración propia

### Amenazas y/o riesgos

Los peligros actuales en Machala se examinan según el componente biofísico. Este componente considera los siguientes factores: movimientos en masa, vulnerabilidad a la erosión y las inundaciones, e intensidad sísmica.

### 1.1.9 Intensidad sísmica

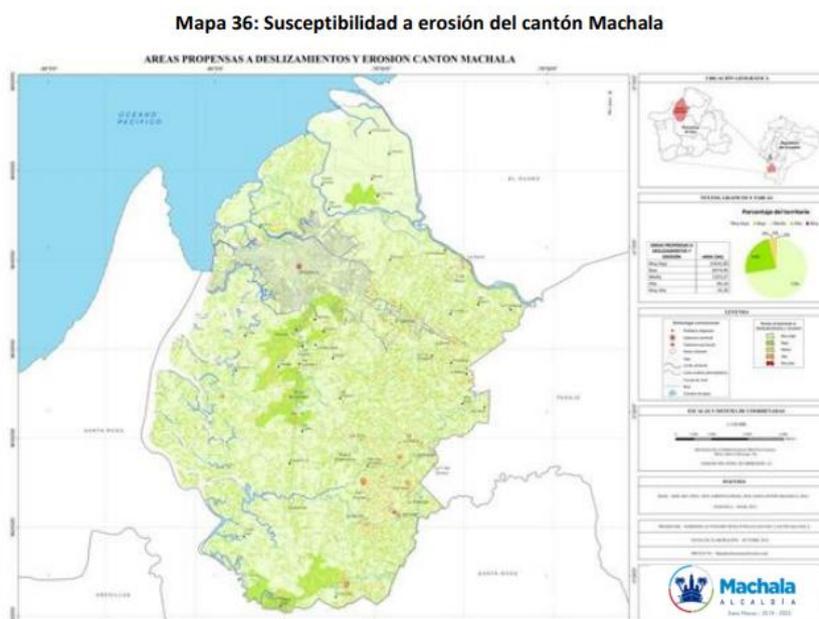
La fuerza con la que se siente un terremoto en distintos lugares de la zona afectada se conoce como intensidad sísmica. El deslizamiento de grandes bloques de roca a ambos lados de la zona de fractura (de centímetros a metros) libera energía que viaja largas

distancias en forma de ondas. Estos terremotos son movimientos y sacudidas de la tierra provocados por la ruptura o acomodación de rocas sometidas a tensión en el subsuelo. La intensidad sísmica de un lugar aumenta con su proximidad a esta zona de fractura.

### 1.1.10 Susceptibilidad a la erosión

El proceso de identificación de las regiones más vulnerables a la erosión se conoce como susceptibilidad a la erosión. La erosión es un proceso natural en el que el suelo es desplazado de un lugar a otro por el viento o la dinámica fluvial. Este proceso es crucial porque transfiere elementos de un suelo a otro, permitiendo que esos otros suelos recuperen su fertilidad gracias a esos aportes.

Ilustración 3: Susceptibilidad a la erosión en el cantón Machala



Fuente: (MACHALA, 2019)

### 1.1.11 Inundaciones

Las inundaciones se producen por el desbordamiento de agua sobre terrenos adyacentes causado por la descarga de un río que supera la capacidad de contención dentro de las orillas de su cauce habitual. Las zonas amplias y llanas que bordean el cauce principal por una o ambas orillas se conocen como llanuras de inundación, y se encuentran lateralmente en la mayoría de los ríos, normalmente en la cuenca media o baja. Por la

riqueza de los suelos y la proximidad del río, estos lugares se ven favorecidos para asentamientos humanos con fines domésticos, agrícolas, industriales y de transporte.

Ilustración 4: Sectores susceptibles a inundaciones del cantón Machala



Fuente: (MACHALA, 2019)

## **1.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLÉMICA (CAUSAS Y EFECTOS)**

Toda ciudad requiere de una infraestructura vial adecuada que permita una circulación segura, continua y eficiente, especialmente en zonas donde confluyen actividades académicas, administrativas y de servicio público. La capacidad de respuesta ante la demanda vehicular, la reducción de tiempos de traslado y la mejora de la seguridad vial dependen en gran medida del diseño y estado funcional de las intersecciones que articulan el sistema urbano.

En este contexto, la conexión entre la avenida 25 de junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala carece actualmente de una intersección adecuada que garantice accesos directos y seguros. La deficiencia no solo afecta a quienes se desplazan desde el cantón Santa Rosa hacia la facultad, sino también a quienes, una vez dentro del campus universitario, deben realizar recorridos excesivamente largos para retornar hacia el centro de la ciudad, viéndose obligados a dirigirse hasta la Y de El Cambio para ejecutar un giro en U.

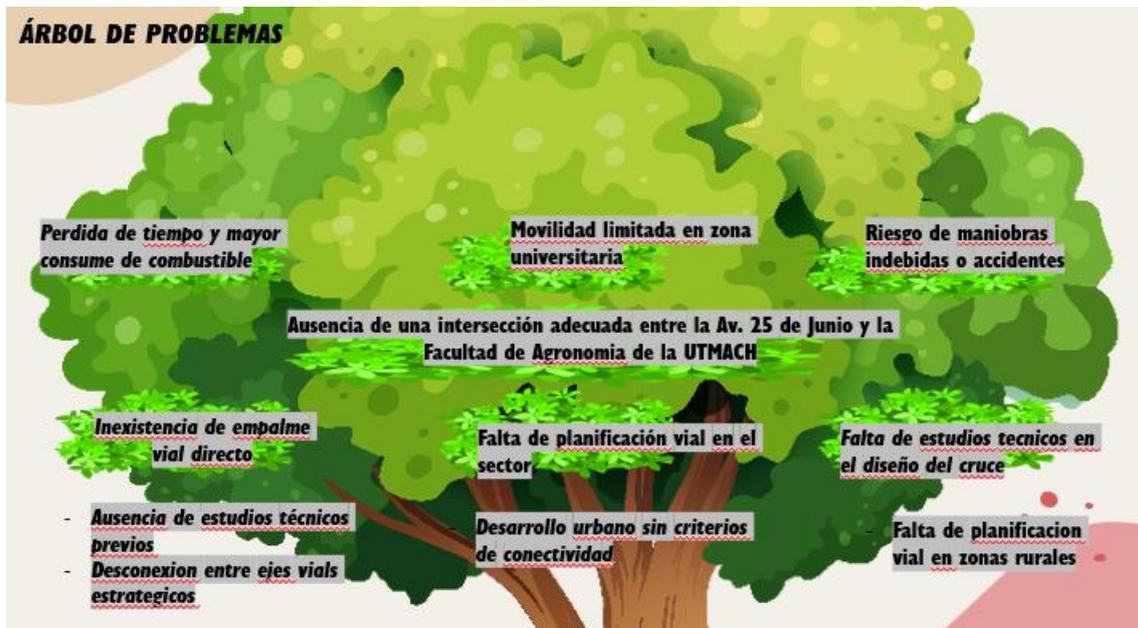
Esta situación provoca pérdidas de tiempo, incremento en el consumo de combustible, saturación en puntos lejanos de retorno y riesgo de maniobras no autorizadas en tramos intermedios. Además, genera molestias para estudiantes, docentes y personal administrativo que utilizan diariamente esta vía, evidenciando la necesidad urgente de una solución técnica que optimice el trazado geométrico del sector.

Investigaciones recientes resaltan que el diseño geométrico de la intersección influye de forma decisiva en la congestión y los tiempos de viaje. (Alnawmasi, Jashami, & Cai, 2025) compararon el desempeño de rotondas tradicionales con el de intersecciones de retorno en U protegido y observaron que, aunque las rotondas reducen la gravedad de los accidentes, en condiciones de tráfico elevado generan colas de vehículos y tiempos de espera más largos. Por el contrario, los U-turns protegidos —donde el giro se realiza más adelante en el eje principal y se retorna mediante carriles segregados— demostraron una notable capacidad para gestionar altos volúmenes de tránsito, reduciendo la congestión y mejorando la capacidad operativa de la intersección. Estos hallazgos subrayan la necesidad de considerar soluciones de diseño no tradicionales que optimicen los

desplazamientos y minimicen los tiempos de espera en el acceso a la Facultad de Agronomía.

### 1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Ilustración 5: Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia

- ¿Qué efectos genera la falta de una intersección adecuada entre la avenida 25 de junio y la Facultad de Agronomía de la UTMACH en la movilidad universitaria?
- ¿Por qué no existe un empalme vial directo ni una planificación vial adecuada en el acceso a la zona universitaria?
- ¿Cómo influye la falta de estudios técnicos en el diseño y funcionamiento del cruce entre la Av. 25 de junio y la UTMACH?

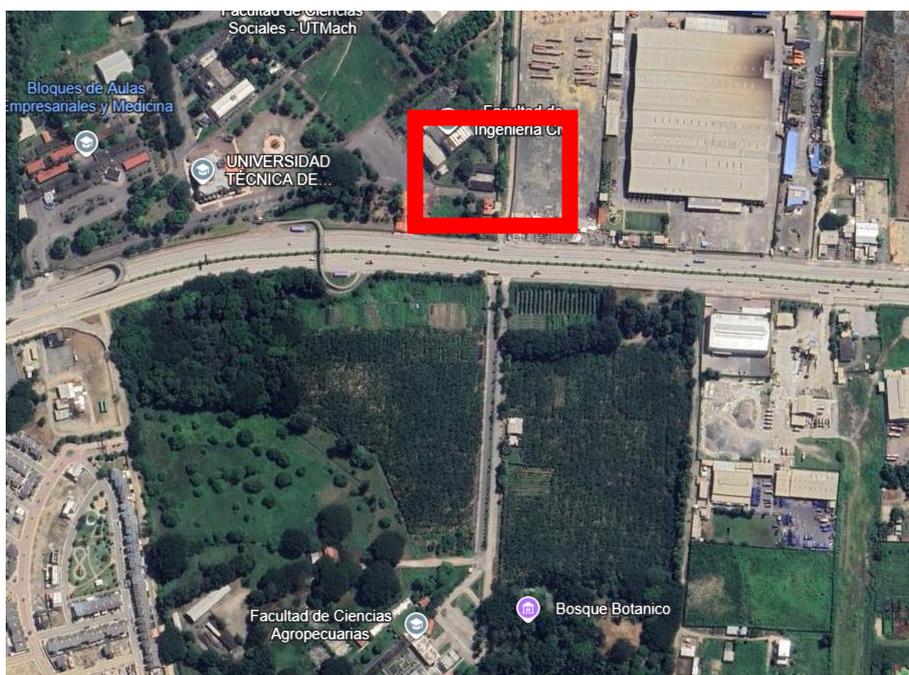
## 1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto se desarrollará en el sector comprendido entre la avenida 25 de Junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala. El alcance incluye la identificación del problema de conectividad vial, el análisis de la situación actual del tránsito, el levantamiento topográfico del área de influencia, y el planteamiento de alternativas de diseño geométrico para una intersección que permita optimizar la movilidad entre estos dos puntos estratégicos.

El estudio abordará el análisis del flujo vehicular existente, la determinación de los movimientos predominantes, y la aplicación de normativa vigente para el diseño de intersecciones urbanas. Con base en los resultados, se propondrá una solución técnica que contemple aspectos como radios de giro, carriles de incorporación, señalización y seguridad vial.

El proyecto se limitará a la etapa de diseño técnico, sin contemplar ejecución de obra ni presupuestos de construcción, pero brindará los insumos necesarios para una futura intervención por parte de las autoridades competentes.

Ilustración 6: Alcance del proyecto



Fuente: Elaboración propia

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

La conexión vial entre la avenida 25 de junio y la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala constituye un punto estratégico para la movilidad urbana de estudiantes, docentes y usuarios en general. Actualmente, esta zona carece de una intersección adecuadamente diseñada que permita el acceso y retorno de forma directa, segura y eficiente, tanto desde el cantón Santa Rosa como desde el centro de Machala.

Como resultado de esta deficiencia, los usuarios se ven obligados a realizar recorridos extensos o utilizar rutas indirectas, lo cual incrementa los tiempos de traslado, genera congestión y expone a los conductores a maniobras peligrosas. Esta situación compromete la funcionalidad de la red vial urbana y evidencia la necesidad de una intervención técnica que restablezca la conectividad eficiente entre dos sectores clave de alto valor académico y operativo.

Frente a este escenario, se plantea el diseño geométrico de una nueva intersección canalizada y semaforizada, con el objetivo de optimizar el acceso desde la avenida 25 de junio y facilitar el retorno seguro hacia el centro de Machala. La propuesta busca mejorar la seguridad vial y reducir los tiempos de desplazamiento de quienes se dirigen o retornan desde la Facultad de Agronomía.

## **1.6 OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS**

### **1.6.1 Objetivo general**

Diseñar una intersección vial mediante criterios geométricos, para mejorar la conectividad, reducir tiempos de desplazamiento y garantizar seguridad en la zona académica de Machala.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- Realizar una investigación bibliográfica y contextual sobre el diseño geométrico vial, recopilando normativas técnicas, estudios previos y experiencias similares que sirvan de base teórica para el análisis del acceso a la facultad
- Formular una propuesta geométrica de mejora vial, que optimice los movimientos de entrada y salida, garantizando seguridad, fluidez y cumplimiento de las normas técnicas vigentes.
- Validar la efectividad del diseño propuesto mediante herramientas especializadas de simulación, comparando su desempeño frente a las condiciones actuales en términos de tiempo, seguridad y eficiencia operativa.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES CONTEXTUALES

Cada año, más de un millón de personas pierden la vida en accidentes de tránsito, siendo los peatones, ciclistas y otros usuarios vulnerables los más afectados. Estos grupos representan un alto porcentaje de las víctimas en Europa y Reino Unido, lo que evidencia una debilidad estructural en los entornos urbanos actuales (Sudhakaran et al., 2025). Para enfrentar este desafío, se vuelve indispensable rediseñar las intersecciones urbanas, incorporando estrategias que respondan a las nuevas formas de movilidad y fortalezcan la seguridad de quienes se encuentran más expuestos en la vía pública.

Los choques viales constituyen una de las principales causas de muerte a nivel mundial, con más de 1,3 millones de muertes anuales. En contextos de ingresos bajos, estas cifras son incluso mayores, llegando a triplicar las tasas observadas en economías avanzadas. Un ejemplo concreto es Nepal, donde en 2018/19 se registraron 13 366 accidentes, provocando 2 789 fallecidos, cerca de 4 400 heridos graves y más de 10 000 leves (Ojha, 2021). Estos datos subrayan la necesidad de garantizar infraestructura más segura, aplicar normas de tránsito estrictas y mejorar la capacidad de respuesta tras los siniestros.

La estrategia europea de seguridad vial para el período 2021–2030 adopta el enfoque Safe System, que incorpora los conceptos de Vision Zero y Seguridad Sostenible, interviniendo simultáneamente sobre los vehículos, la red vial y los usuarios para disminuir la siniestralidad. Según (Mayorov et al., 2023), esta estrategia establece metas cuantificables y herramientas de monitoreo, orientadas a reducir los accidentes mortales y lesiones graves. Este modelo ofrece un marco teórico robusto para sustentar el rediseño geométrico y funcional de las intersecciones en entornos urbanos.

El concepto de movilidad sostenible, basado en los principios del desarrollo sostenible, propone sistemas de transporte que atiendan las necesidades actuales sin comprometer a las generaciones futuras. (Gallo & Marinelli, 2020) analiza las

políticas de movilidad de la Unión Europea y Estados Unidos, clasificándolas en dimensiones medioambientales, socioeconómicas y tecnológicas. El estudio resalta que solo una planificación que integre estas tres dimensiones puede dar lugar a un sistema urbano de transporte eficiente, equitativo y adaptable, lo cual resulta esencial en la proyección geométrica de intersecciones modernas.

El transporte representa un pilar central para el desarrollo social y económico, pero también es uno de los principales emisores de carbono, aportando alrededor del 33 % de las emisiones totales en Europa y Estados Unidos. (Ketter, Schroer, & Valogianni, 2023) destacan cómo el modelo CASE (vehículos conectados, autónomos, compartidos y eléctricos) ha introducido una capa digital sobre la infraestructura vial convencional. Su propuesta, estructurada en siete líneas estratégicas, promueve la movilidad sostenible a través de sistemas de información, aportando un enfoque global relevante para el diseño y operación de intersecciones urbanas.

Predecir el flujo vehicular con precisión es crucial para gestionar el tránsito y proyectar soluciones eficientes. (Rajha, Shiode, & Shiode, 2025) desarrollaron un modelo basado en técnicas de Machine Learning y KDE, que incorpora la cercanía a elementos urbanos como plazas y centros de atracción. Los resultados —con un  $R^2$  de 0.94 frente al 0.45 de métodos convencionales— demuestran que incluir estas variables espaciales mejora significativamente la precisión de los modelos. Este hallazgo valida el uso de herramientas como Synchro en la simulación de tráfico para el diseño de intersecciones ajustadas al entorno urbano real.

En países con tráfico mixto, las intersecciones en T no semaforizadas son puntos críticos por su exposición a conflictos, velocidad y maniobras inesperadas. (Bonela & Kadali, 2022) encontraron que el giro a la derecha puede ser hasta cuatro veces más peligroso para los peatones en comparación con el tráfico recto. El estudio utilizó herramientas como TTC y PET para anticipar situaciones de riesgo. Estos resultados subrayan la importancia de rediseñar geoméricamente estas intersecciones e implementar dispositivos de control que mitiguen estos riesgos latentes.

La modernización urbana está promoviendo el tránsito desde intersecciones tradicionales hacia sistemas inteligentes que integran comunicaciones V2X, inteligencia artificial y sensores avanzados. Según (Khanmohamadi & Guerrieri, 2025), estas “smart intersections” no solo optimizan el flujo y la seguridad vial, sino que también reducen la huella ambiental. El estudio destaca los desafíos en su implementación, como la protección de datos y la compatibilidad técnica, al tiempo que plantea la necesidad de incorporar capacidades adaptativas e inteligentes en el diseño geométrico futuro.

Complementariamente, el mismo autor subraya que estas intersecciones requieren sistemas tecnológicos avanzados y enfrentan obstáculos relacionados con la regulación y la ciberseguridad. A través de una revisión exhaustiva de métodos de evaluación desde simulaciones hasta pruebas piloto, se enfatiza la necesidad de adaptar tanto la geometría como la operación de las intersecciones al contexto cambiante de las ciudades inteligentes.

Según (Pineda Mayuza, 2025), la movilidad urbana en América Latina enfrenta retos críticos derivados del acelerado crecimiento vehicular, problemas de planificación urbana, congestiones frecuentes y dificultades en la accesibilidad al transporte. Investigaciones recientes destacan que las políticas sostenibles emergentes incluyen un enfoque integral, promoviendo el transporte público, la adopción de vehículos eléctricos y un énfasis especial en la inclusión social de grupos vulnerables. La pandemia por COVID-19 también impulsó cambios relevantes en las ciudades latinoamericanas, como la expansión de redes para ciclistas y peatones, lo que transformó positivamente el entorno urbano y propició una nueva dinámica en la planificación de infraestructuras. Estas estrategias subrayan la importancia de adoptar medidas coordinadas para enfrentar desafíos estructurales del transporte, mejorar la calidad ambiental y aumentar la accesibilidad para todos los sectores sociales en las ciudades latinoamericanas densamente pobladas

Para construir ciudades sostenibles, es imprescindible que el diseño urbano tenga al peatón como elemento primordial. (Tanikawa Obregón & Paz Gómez, 2021), planificar calles y espacios públicos desde la perspectiva del caminante fomenta entornos más seguros, equitativos y amigables. Esto implica que el diseño

geométrico de las intersecciones debe responder primero a las necesidades peatonales, integrando infraestructura adecuada y prioridades funcionales que promuevan movilidad activa y accesibilidad.

Analizar cómo se mueven los ciudadanos dentro de la ciudad es clave para optimizar los sistemas de transporte urbano. En su estudio aplicado a la ciudad de Guayaquil, (Cabrera Amaiquema, 2024) emplea trayectorias GPS combinadas con algoritmos de aprendizaje supervisado específicamente Random Forest para identificar patrones de movilidad relevantes. Los resultados permiten comprender tendencias que, al ser aprovechadas, favorecen una planificación más eficiente del transporte público, con rutas optimizadas y capacidad de respuesta ante la demanda. Este enfoque metodológico refuerza la importancia de integrar datos reales y dinámicos en el diseño geométrico de las intersecciones, promoviendo soluciones adaptadas a las condiciones locales.

La problemática de los accidentes de tránsito en la ciudad de Jipijapa, provincia de Manabí, ha sido abordada desde una perspectiva crítica que vincula la deficiencia en la señalización vertical con la alta incidencia de siniestros. El estudio de (Baque Parrales et al, 2022) se basó en registros históricos de la Policía Nacional y la ANT, junto con un trabajo de campo en diversas calles urbanas. Entre los hallazgos más relevantes se destaca que el incumplimiento o inexistencia de señalización vial fue una constante como causa de accidentes entre 2019 y 2021. Además, se identificaron problemas físicos como deterioro, mala ubicación o ausencia total de señales en puntos clave. El estudio concluye que la mejora de la infraestructura señalética, la fiscalización de su cumplimiento y la promoción de una cultura vial mediante campañas educativas son fundamentales para fortalecer la seguridad en las intersecciones urbanas.

## **2.2 ANTECEDENTES CONCEPTUALES**

Uno de los métodos más efectivos para abordar estas problemáticas consiste en rediseñar y optimizar intersecciones reguladas mediante técnicas avanzadas, como la sincronización semafórica inteligente. En este contexto, (Shepelev et al, 2022) desarrollaron un modelo integral fundamentado en técnicas estadísticas y

lógica difusa, a partir de observaciones empíricas en múltiples intersecciones urbanas. Este modelo permite determinar con precisión la capacidad dinámica de carriles específicos, considerando tanto las características geométricas particulares del cruce como el comportamiento de los vehículos al atravesarlo. De esta manera, es posible anticipar las condiciones más críticas de flujo vehicular, facilitando una mejor toma de decisiones orientada a evitar saturaciones y reducir considerablemente las emisiones generadas por el tránsito urbano

Las intersecciones pueden entenderse como zonas amplias donde convergen dos o más rutas, ya sea cruzándose o fusionándose, e incluso integrando accesos laterales y vías de servicio para facilitar el desplazamiento hacia instalaciones cercanas. En este sentido, al realizar una evaluación previa del volumen promedio diario de tráfico (TPDA), se determina el modelo de intersección más adecuado para dicha vía. La AASHTO define una intersección como el punto donde confluyen o se conectan varios flujos direccionales de tránsito sobre una misma cota. (AASHTO, 2011)

### 2.2.1 Clasificación de intersecciones

Las intersecciones a nivel pueden organizarse en distintas tipologías, entre las que se destacan:

- **Tipo T:** Estas son conformaciones donde convergen tres ramales, siendo común en vías de poco tráfico y secundarias. Para mejorar la funcionalidad de este tipo de intersecciones se recomienda la implementación de carriles canalizadores, los cuales disminuyen las dificultades en maniobras de giro.
- **Tipo de cuatro brazos:** Generalmente empleadas en redes locales, estas intersecciones permiten conectar caminos secundarios con vías troncales o principales, como autopistas.
- **Tipo semaforado:** Se regulan mediante sistemas automáticos que controlan el tránsito en función de ciclos temporizados. Su objetivo es ordenar el paso vehicular manteniendo la fluidez en cruces de alta demanda.
- **Tipo giratorio o rotonda:** Consisten en un conjunto de accesos convergentes en un anillo de circulación, donde los vehículos se desplazan en sentido antihorario alrededor de una isleta central.

- **Tipo Y:** Estas intersecciones resultan de la unión de tres ramales dispuestos en ángulo, permitiendo movimientos directos tanto a la derecha como a la izquierda mediante ramales exclusivos.
- **Tipo diamante:** Se presentan cuando cuatro brazos confluyen bajo condiciones de detención obligatoria. Las maniobras de giro se resuelven principalmente hacia la izquierda.

Las rotondas modernas se definen como intersecciones en las que el flujo circula en sentido antihorario alrededor de una isleta central y los vehículos ingresan a baja velocidad. Su diseño geométrico no es un proceso casual, sino iterativo. (Ahac & Dragčević, 2021) explican que, antes de trazar una glorieta, se debe confirmar que este esquema es la solución óptima; posteriormente se determina el número de carriles en función de la capacidad y el nivel de servicio deseado y se diseña una geometría inicial. Además, la geometría se somete a verificaciones de trayectoria de vehículos, análisis de velocidad máxima y comprobaciones de visibilidad; solo si estas pruebas cumplen los requisitos se procede al diseño detallado. Los autores insisten en que todos los elementos radios, entradas y salidas, isletas y carriles de circulación deben ser compatibles entre sí para garantizar accesos seguros a baja velocidad.

Las intersecciones controladas mediante semáforos suelen operar bajo esquemas de control de tiempo fijo, así como sistemas accionados y adaptativos. A pesar de la antigüedad de los controladores de tiempo fijo, estos siguen siendo ampliamente empleados tanto en países en desarrollo como desarrollados, dado que proporcionan una base sólida para la regulación del flujo vehicular urbano (Zhang et al, 2022). Sin embargo, optimizar su funcionamiento es esencial para maximizar la eficiencia y adaptarse a las condiciones actuales del tráfico

Los sistemas de control semafórico en intersecciones urbanas se dividen generalmente en tres categorías principales: control por tiempo fijo, control actuado y control adaptativo. Los semáforos de tiempo fijo siguen un ciclo predeterminado, mientras que los sistemas actuados y adaptativos ajustan automáticamente la duración de las fases en función de la detección de vehículos o peatones y de la variabilidad en la demanda del tráfico. Por tanto, para optimizar la gestión del tránsito, es esencial seleccionar el tipo de control más adecuado en

función del comportamiento del flujo vehicular registrado en cada intersección. (Majstorović et al, 2023)

En cuanto a las intersecciones conformadas por tres brazos comúnmente denominadas tipo T, resulta fundamental mantener el ancho convencional del pavimento en ambas vías que convergen, salvo en los casos donde los giros amplios o el vehículo de diseño requieran modificaciones específicas, como carriles de retorno ampliados. Esta variante de intersección, que por lo general carece de canalización, es apropiada para uniones entre caminos secundarios o para conectar rutas menores con vías arteriales, siempre que el ángulo de intersección no exceda los 30 grados respecto a la perpendicular, lo que corresponde a un rango estimado entre 60° y 120°. En contextos urbanos o periurbanos, esta disposición puede ser útil para gestionar mayores volúmenes de tránsito o para acomodar múltiples carriles.

### **2.2.2 Volumen de tráfico**

Los estudios de volumen de tráfico tienen como objetivo identificar cuántos vehículos circulan, cómo se desplazan y a qué categorías pertenecen dentro de una determinada zona. (Gupta Gupta et al, 2022)

La medición del volumen de tránsito es clave, pues permite estimar con precisión el flujo medio de vehículos en un punto determinado de la red vial, aspecto esencial en diversas aplicaciones dentro del ámbito del transporte. Esto incluye sistemas inteligentes de control de tráfico y planificación vial. Además, el volumen de tránsito se utiliza como base para proyectar la probabilidad de ocurrencia de accidentes y establecer estrategias de mitigación (Ahmed, Sadullah, & Yahya, 2021)

### **2.2.3 Capacidad**

Según la definición del Highway Capacity Manual (HCM), la capacidad de una autopista corresponde al flujo máximo por hora que puede mantenerse de forma

constante bajo las condiciones normales del entorno, permitiendo el tránsito fluido entre dos puntos. (Liu Liu et al, 2023)

Posteriormente, se expone la tabla extraída de la normativa NEVI-12 Volumen 2A, la cual proporciona los valores de TPDA necesarios para clasificar el tipo de vía que será considerada en el planteamiento del proyecto.

Tabla 8: Clasificación funcional de las vías en base del TPDA

<b>CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS VÍAS EN BASE DEL TPDA</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CLASIFICACIÓN FUNCIONAL</b>	<b>TRÁFICO PROMEDIO ANUAL (TPDA)</b>	
		<b>LÍMITE INFERIOR</b>	<b>LÍMITE SUPERIOR</b>
<b>AUTOPISTA</b>	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
<b>AUTOVÍA O CARRETERA MULTICARRIL</b>	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
<b>CARRETERA DE 2 CARRILES</b>	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Fuente: (NEVI12, 2013)

#### 2.2.4 Nivel de servicio

Tabla 9: Niveles de servicio según el tipo de vía

<b>Clase funcional</b>	<b>Rural llano</b>	<b>Rural ondulado</b>	<b>Rural montañoso</b>	<b>Urbano y suburbano</b>
<b>Autopista</b>	B	B	C	C o D
<b>Vía multicarril</b>	B	B	C	C o D
<b>Vía de dos carriles</b>	C	C	D	D
<b>Local</b>	D	D	D	D

Fuente: (AASHTO, 2011)

El concepto de nivel de servicio tiene como propósito reflejar la percepción que los usuarios tienen sobre la calidad operativa de una infraestructura o sistema de transporte. (Huo et al, 2021) indican que este enfoque fue incorporado por primera

vez en la edición de 1965 del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), el cual introdujo una escala basada en letras que permite calificar la eficiencia.

En el ámbito del transporte urbano, estos sistemas comprenden autopistas y vías urbanas (arterias o calles), intersecciones con o sin semáforos, infraestructura para transporte público, zonas peatonales e infraestructura ciclista. Las evaluaciones de capacidad y de nivel de servicio resultan indispensables en los procesos de toma de decisiones relacionados con la ingeniería de tránsito y la gestión del transporte (Felizia & Felicia, 2015)

En etapas de planificación, desarrollo, ejecución y operación de corredores urbanos e interurbanos, es habitual contar con proyecciones o demandas conocidas de flujo vehicular, ya sean actuales o futuras (HCM, 2010). A continuación, se presentarán las diferentes condiciones asociadas a los niveles de servicio requeridos según los lineamientos establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras.

Tabla 10:Nivel de servicio

<b>Nivel de servicio</b>	<b>Descripción general</b>	<b>Rango de densidad</b>
A	Es una zona libre de libre circulación. El tráfico aquí será ligero, el tráfico experimentará un flujo libre.	0-7
B	En este nivel los conductores aún pueden elegir razonablemente su velocidad y el carril de circulaciones, pero la velocidad se siente limitada por algunas circunstancias de tráfico.	>7-11
C	La demanda de otros vehículos empieza a limitar la movilidad de los transportes.	>11-16
D	La velocidad promedio comienza a reducir a medida que incrementa el tráfico. La libertad de maniobra en el tráfico está severamente limitada.	>16-22
E	Este nivel de servicio define el funcionamiento a plena capacidad. La corriente alcanza su límite máximo de densidad.	>22-28
F	La congestión de tráfico provoca que los automóviles vayan con velocidad mínima y que los sitios de paradas sean más frecuentes con menor o mayor estabilidad, en algunos casos exagerados la velocidad y la intensidad pueden bajar a 0.	>28

Fuente: (NEVI12, 2013)

La velocidad de diseño se establece en función de las condiciones geométricas de la carretera bajo análisis y se entiende como la velocidad máxima segura que

permite la vía para el tránsito vehicular. Al definir esta velocidad, todos los componentes del diseño vial deben armonizarse con dicha referencia para lograr un proyecto coherente y funcional.

Por ejemplo, parámetros como el radio de las curvas deben ser consistentes con la velocidad prevista, mientras que otros factores, aunque no dependan directamente de ella como el ancho de los carriles, sí pueden influir considerablemente en la dinámica del tránsito.

A continuación, se presenta una tabla elaborada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, basada en las disposiciones de la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI), en la cual se detallan las velocidades de diseño recomendadas. Esta información toma como referencia los estándares de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), que diferencia los rangos de velocidad según el tipo de vehículo, ya sean ligeros o pesados.

Tabla 11: Velocidades de diseño del MTOP según la clasificación de la vía

VELOCIDADES DE DISEÑO EN (km/h)												
	BÁSICA				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES							
	(RELIEVE LLANO)				(RELIEVE ONDULADO)				(RELIEVE MONTAÑOSO)			
Categoría de la vía	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
	Recom	Abso	Recom	Abso	Recom	Abso	Recom	Abso	Recom	Abso	Recom	Abso
R-I o R-II	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80
I	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	60
II	100	90	90	80	90	80	85	80	70	50	70	50
III	90	85	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	80	80	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	60	60	60	50	50	35	50	35	40	25	40	25

## 2.2.5 Velocidad de circulación

Tabla 12: Velocidades de diseño para intersecciones

Control o elemento	Urbano (km/h)	Rural (km/h)
Pare	15	20
Semáforo	15	20
Redondel	15	50
Giro	-	V_diseño = 30

El Manual de Diseño Vial del (MTO, 2013) establece que la velocidad de circulación debe determinarse a partir del valor de la velocidad de diseño (Vd), sirviendo esta como base para obtener las estimaciones que se ilustran en la tabla 1 correspondiente.

De acuerdo con los criterios del MTO, se clasifica el volumen vehicular según el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA): un volumen bajo se asigna a flujos menores a 1 000 vehículos diarios; un volumen intermedio se define para valores entre 1 000 y 3 000 vehículos diarios; y un volumen alto se aplica cuando el TPDA supera los 3 000 vehículos por día. En el caso del presente proyecto, se toma en cuenta este último rango de volumen.

Utilizando como referencia una velocidad de diseño de 40 km/h ajustada al contexto de tráfico elevado, se calcula que la velocidad operativa en condiciones reales sería de aproximadamente 34 km/h, tal como se deduce de la tabla 4 del manual.

Tabla 13: Relaciones entre velocidades de circulación y de diseño

VELOCIDAD DE DISEÑO km/h	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN km/h		
	VOLUMEN DE TRÁNSITO BAJO	VOLUMEN DE TRÁNSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRÁNSITO ALTO
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	78	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: (NEVI12, 2013)

### 2.2.6 Ensanchamientos en curvas horizontales

Los ensanchamientos adicionales en curvas están pensados principalmente para trayectos con radios horizontales reducidos y carriles angostos, con el objetivo de permitir que los vehículos puedan maniobrar con mayor seguridad, comodidad y eficiencia operativa.

En autopistas modernas, donde los carriles suelen tener una anchura de 3,65 metros y una alineación geométrica optimizada, la necesidad de incorporar sobrecanchos disminuye, incluso a pesar de las altas velocidades permitidas. Sin embargo, en otras categorías de carreteras, estos ajustes geométricos siguen siendo necesarios para mantener condiciones de operación adecuadas y seguras. (NEVI12, 2013)

Tabla 14: Sobre ancho de la calzada en curvas circulares

TIPO RADIO DE CURVA (m)	C1 Velocidad de diseño (km/h)					
	50	60	70	80	90	100
1500	0	0	0	0	0	0
1000	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1
750	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2
500	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
400	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
300	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
250	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Fuente: (NEVI12, 2013)

### 2.2.7 Distancia de visibilidad de detención

Tabla 15: Distancia de parada

V (km/h)	DDP (m)
15	14
20	19
25	25
30	32
40	47
50	64
60	84
70	105
80	130
90	156
100	185
110	216
120	249

La distancia de visibilidad de detención representa la longitud mínima requerida para que un conductor pueda frenar completamente su vehículo ante la aparición repentina de un obstáculo en la vía. Esta medida busca garantizar una respuesta segura del conductor en situaciones de emergencia, independientemente del tipo de carretera o diseño geométrico considerado. Es una de las variables fundamentales en la planificación de trazados viales, ya que asegura que el usuario tenga tiempo y espacios suficientes para reaccionar.

Esta distancia total se compone de dos segmentos: el primero corresponde al tiempo que tarda el conductor en identificar el peligro y tomar la decisión de frenar (denominado  $d_1$ ), mientras que el segundo ( $d_2$ ) corresponde a la distancia recorrida durante el proceso físico de frenado. La expresión matemática que representa esta suma es:

$$D = d_1 + d_2$$

El componente  $d_1$ , relacionado con el tiempo de percepción y reacción del conductor, se estima utilizando la fórmula:

$$d_1 = 0.7 \times V_c$$

Donde:

- $V_c$  es la velocidad de circulación expresada en km/h.

Por su parte, la distancia  $d_2$ , que representa la distancia recorrida mientras el vehículo desacelera completamente, se calcula mediante la ecuación:

$$d_2 = (Vc^2) / (254 \times f)$$

En esta expresión:

- $f$  es el coeficiente de fricción longitudinal entre los neumáticos y la calzada.

Cabe destacar que  $f$  no es constante, ya que varía con la velocidad y condiciones del pavimento. A velocidades mayores, este coeficiente tiende a reducirse debido a efectos como el deslizamiento. Por lo tanto, se utiliza la siguiente fórmula para ajustarlo adecuadamente:

$$f = 11.5 / Vc^{0.3}$$

Esta relación permite obtener una estimación más realista del coeficiente de fricción en función de la velocidad de circulación del vehículo, mejorando así la precisión del diseño geométrico orientado a la seguridad vial.

### 2.2.8 Señalización vial

El sistema de señalización en las vías cumple un papel esencial en la organización del tránsito, ya que orienta tanto a conductores como a peatones para desplazarse de forma estructurada y segura. Su principal función es transmitir información precisa relacionada con rutas, destinos, advertencias, restricciones o recomendaciones, contribuyendo a evitar incidentes y a mantener una circulación fluida.

Con base en lo estipulado por la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12, el diseño y la implementación de la señalización deben ajustarse a una serie de lineamientos generales, los cuales se resumen de la siguiente manera:

- La configuración de cada señal, ya sea horizontal o vertical, debe alinearse con las especificaciones físicas y de escala definidas en los documentos técnicos RTE INEN 004-1 y RTE INEN 004-2 vigentes.
- Se exige consistencia en el formato, claridad en los elementos visuales y legibilidad óptima para garantizar una adecuada interpretación por parte del usuario.

- Todas las señales instaladas deben contar con propiedades retrorreflectivas, lo que asegura visibilidad efectiva tanto de día como de noche.
- La estandarización del diseño en la señalética vial no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también facilita el reconocimiento rápido y preciso, lo que reduce errores de interpretación. Además, esta uniformidad permite perfeccionar procesos de planificación, control y mantenimiento mediante tecnologías modernas y sistemas de monitoreo eficientes.

### 2.2.9 Señalización vial horizontal

Las marcas horizontales en la vía actúan como instrumentos de control vial esenciales, sirviendo como canales de comunicación entre las autoridades y los usuarios de la carretera. Estas señales transmiten información crucial sobre normas, advertencias, obligaciones y la configuración inmediata de la vía. (Babić et al , 2022)

#### 2.2.10 Categorización de las señales horizontales según su forma

- **Marcas longitudinales:** Estas líneas se utilizan para delimitar carriles y calzadas, identificar espacios donde está o no permitido adelantar, establecer zonas con restricciones de estacionamiento y para indicar carriles de uso exclusivo, como aquellos reservados para transporte público u otro tipo específico de vehículos.
- **Marcas transversales:** Se ubican principalmente en intersecciones o pasos peatonales, señalando puntos en los que los vehículos deben detenerse antes de continuar, y marcando sendas específicas para el cruce de peatones o ciclistas.
- **Símbolos y textos en calzada:** Comprenden figuras o palabras pintadas directamente sobre la vía para orientar, advertir o regular el comportamiento de los usuarios. Este grupo incluye indicativos como FLECHAS, TRIÁNGULOS, CEDA EL PASO y otras inscripciones como PARE, BUS, CARRIL EXCLUSIVO, SOLO TROLE, TAXIS, PARADA BUS, entre otros.

- **Otras señales específicas:** En esta categoría se incluyen elementos como los chevrones, entre otros símbolos complementarios usados para reforzar la guía visual del tránsito.

### 2.3 ANTECEDENTES REFERENCIALES

Durante la recolección de datos para el monitoreo del tráfico en Bogotá, (Pedraza Farías et al, 2025) documentaron una experiencia basada en la integración de la plataforma Waze con un sistema evolutivo de gestión de movilidad. Esta herramienta procesaba datos en tiempo real para identificar patrones de tráfico, detectar puntos críticos y planificar respuestas ante eventos viales.

La aplicación de herramientas como Synchro, en combinación con el Manual de Capacidad Vial (HCM), permite realizar análisis detallados de intersecciones congestionadas. (Hussein, 2022) evaluó cruces con altos niveles de saturación y demoras superiores a 500 segundos por vehículo. Tras proponer soluciones geométricas incluyendo un paso elevado y carriles adicionales y optimizar los tiempos semafóricos, logró mejorar el nivel de servicio de F a D y reducir los tiempos de espera por debajo de 100 segundos.

Mediante un estudio aplicado en la carretera PE-1S, (Paucara Rojas et al, 2023) utilizaron el software Synchro Trafficware para evaluar el rendimiento de varias intersecciones. El diagnóstico arrojó un nivel de servicio mixto entre C y F con demoras de hasta 267 segundos por vehículo. Al simular un escenario de crecimiento vehicular, el resultado proyectado fue aún más crítico: todas las intersecciones alcanzaron el nivel F, con tiempos superiores a 80 segundos por unidad. Ante esta situación, los autores propusieron mejoras geométricas, como carriles adicionales y habilitación de giros exclusivos.

En contextos urbanos densamente poblados como La Habana, la gestión del tiempo semafórico resulta crucial para reducir las demoras vehiculares y el impacto ambiental. (Alba Menéndez & Hernández Menéndez, 2020) llevaron a cabo un análisis mediante Synchro en la Quinta Avenida, donde evaluaron la eficiencia de sincronizar ciclos semafóricos considerando variables como fases

verdes, duración de ciclos y desfases entre señales. Sus resultados mostraron que una adecuada coordinación semafórica mejora significativamente la fluidez del tránsito sin recurrir a grandes intervenciones físicas.

En el caso de la avenida 68 en Bogotá, Moreno Anselmi, (Rodríguez Polo et al, 2023) utilizaron el software VISSIM para modelar tres intersecciones controladas por semáforos, evaluando diferentes escenarios como carriles exclusivos para sistemas BRT o la inclusión de glorietas. La propuesta final logró duplicar la velocidad promedio, pasando de 17 a 35 km/h. Esta mejora demuestra que la integración de soluciones geométricas y operativas puede transformar significativamente la dinámica vehicular en entornos urbanos complejos.

En la ciudad de Loja, Ecuador, (García Ramírez & Carvallo, 2024) desarrollaron un estudio enfocado en analizar el efecto de dos medidas aplicadas en una intersección urbana: advertencias visuales oficiales y presencia de agentes de tránsito. Si bien ambas acciones incrementaron el conocimiento normativo entre los usuarios, no lograron reducir significativamente el número de infracciones registradas. Esta situación revela la necesidad de complementar las estrategias de control con intervenciones más estructurales como rediseños geométricos, educación vial continua y mejoras en la infraestructura.

En el entorno urbano de Tena, Ecuador, las intersecciones cercanas al terminal terrestre presentan desafíos significativos derivados de la alta concentración vehicular, especialmente por el flujo de buses, taxis y vehículos particulares. El estudio realizado por (León Torres, Villarruel Meythaler et al, 2023) aplicó un análisis integral que incluyó inventario de infraestructura vial, conteos vehiculares y observación directa de la operación semafórica en varias intersecciones críticas. Los resultados evidenciaron que la falta de sincronización semafórica adecuada, junto a problemas de señalización vertical y horizontal y ausencia de espacios exclusivos para transporte público, contribuyen de manera importante a la congestión y a los elevados tiempos de espera para los usuarios. A partir de este diagnóstico, se propusieron alternativas como la mejora en la programación de ciclos semafóricos, redistribución de sentidos viales y la adecuación de paradas y bahías para buses. Estas estrategias, fundamentadas en la observación empírica y

la gestión del tráfico, permiten visualizar cómo la reconfiguración operativa y geométrica puede incrementar la eficiencia y seguridad en los cruces urbanos, ofreciendo un referente valioso y aplicable para proyectos de rediseño de intersecciones en ciudades de similar escala en Ecuador.

Finalmente, en un análisis realizado en la ciudad de Portoviejo, (Gómez & Delgado, 2022) evaluaron el funcionamiento de la intersección entre las avenidas América y Reales Tamarindos, empleando conteos manuales y medición de indicadores como nivel de servicio y demoras vehiculares. Se determinó una demora promedio de 24 segundos por vehículo y un nivel de servicio tipo C. Sin embargo, se observó una concentración de retrasos en los carriles derechos, debido a la presencia de vehículos estacionados. Este hallazgo resalta cómo elementos aparentemente menores del entorno urbano como el estacionamiento lateral influyen directamente en la eficiencia operacional de una intersección, respaldando la necesidad de considerar estos aspectos en el diseño geométrico.

## CAPITULO III. METODOLOGÍA

### 3.1 ENFOQUE METODOLÓGICO

La presente investigación será desarrollada bajo un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, ya que pretende ofrecer una solución concreta a una problemática de movilidad urbana mediante el rediseño **geométrico** de una intersección. El diseño metodológico será no experimental y transversal, dado que no se manipularán las variables y los datos serán recolectados en un solo momento temporal. Se utilizarán técnicas de observación directa, análisis documental y simulación computacional, alineándose con criterios técnicos establecidos por normativas nacionales e internacionales.

### 3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, se implementarán las siguientes etapas metodológicas:

#### 3.2.1 Diagnóstico inicial de la vía existente

- Se levantan las condiciones geométricas actuales de accesibilidad y circulación vehicular en el tramo de conexión entre la avenida 25 de junio y el ingreso a la Facultad de Agronomía.
- Se identificarán conflictos relacionados con la seguridad vial y maniobrabilidad, a través de observación directa y recopilación de datos en campo.

#### 3.2.2 Levantamiento topográfico y aforos vehiculares

- Se empleará una estación total y un dispositivo GPS para registrar las coordenadas, cotas, anchos de calzada, radios y otros elementos geométricos existentes.
- Se realizarán aforos vehiculares en dos puntos estratégicos: sobre la Av. 25 de junio y en el acceso a la Facultad de Agronomía. Además, se aplicará un aforo origen-destino.
- El conteo vehicular se efectuará manualmente en intervalos de 15 minutos durante las horas pico para obtener datos representativos.

### **3.2.3 Clasificación y análisis funcional de la intersección**

- En base al volumen vehicular y características geométricas levantadas, se determinará el tipo de intersección existente y el más conveniente para rediseñar, evaluando configuraciones tipo T, semaforizadas, canalizadas y rotondas.
- Se aplicarán criterios del Manual de Capacidad Vial (HCM) para identificar el nivel de servicio actual.

### **3.2.4 Cálculo de los tiempos semafóricos**

- Se aplicará la fórmula de Webster para calcular el ciclo óptimo del semáforo, considerando los flujos críticos por fase y el tiempo perdido (por arranque y limpieza).
- Se calculará el tiempo efectivo verde total y su reparto proporcional por fase ( $g_1$ ,  $g_2$ ,  $g_3$ ), además de estimar los tiempos verdes reales para cada movimiento vehicular.

### **3.2.5 Diseño geométrico de la propuesta**

- Se elaborarán planos detallados utilizando AutoCAD, incorporando carriles canalizados, radios de giro adecuados, sobreechornos, elementos de seguridad vial peatonal y visibilidad.
- Se diseñarán islas canalizadoras, señalización horizontal y vertical conforme a los lineamientos de la norma NEVI-12.
- Simulación y validación técnica de la propuesta
- Se ingresará la propuesta geométrica y condiciones de tráfico en el software Synchro para realizar simulaciones viales.
- Se configurarán las fases semafóricas calculadas previamente y se observará el comportamiento del flujo vehicular en condiciones simuladas.
- Se evaluarán indicadores como: demora promedio por vehículo, nivel de servicio, saturación y longitud de colas.
- Se realizará una comparación entre los valores actuales y los proyectados tras la implementación del rediseño.

### 3.2.6 Evaluación técnica y recomendaciones

Se interpretarán los resultados obtenidos de las simulaciones y se propondrán mejoras operativas y de implementación.

Se analizará el impacto del rediseño en la movilidad del sector, su contribución a la descongestión vial, seguridad y eficiencia operativa.

### 3.2.7 Herramientas e instrumentos a emplearse

Tabla 16: Herramientas e instrumentos a emplearse

Tipo de herramienta	Nombre / Descripción
Topográficas	Estación total, GPS, libreta de campo
Computacionales	Microsoft Excel (aforos y semáforos), AutoCAD (diseño), Synchro (simulación)
Normativas y documentales	HCM, NEVI-12, AASHTO, artículos científicos, tesis y guía metodológica de intersecciones

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.8 Criterios de validación y normativa aplicada

Para validar técnicamente el diseño geométrico y los ciclos semafóricos, se considerará lo siguiente:

- Manual HCM (Highway Capacity Manual): como base para establecer niveles de servicio, cálculos de capacidad y tiempos semafóricos.
- Norma NEVI-12: para lineamientos de señalización vial, radios mínimos de giro, visibilidad y geometría vial.
- Guías AASHTO: como referente para diseño geométrico, sobreechamientos, alineación horizontal, anchos de carril.

### 3.2.9 Métodos y técnicas para cada objetivo

Tabla 17: Métodos y técnicas según el objetivo

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PREGUNTAS	ACTIVIDAD	MÉTODOS	TÉCNICA	INSTRUMENTO	FUENTE	MEDIO DE VERIFICACIÓN
<b>Realizar una investigación bibliográfica y contextual sobre el diseño geométrico vial, recopilando normativas técnicas, estudios previos y experiencias</b>	¿Qué aspectos teóricos, normativos y prácticos sustentan el diseño geométrico vial?	Recopilar y analizar información técnica y normativa sobre diseño vial.	Inductivo / Deductivo	Análisis documental	Fichas bibliográficas y normativa NEVI-12	Normativa NEVI-12, artículos científicos y tesis	Capítulo II - Marco Teórico
<b>Formular una propuesta geométrica de mejora vial que optimice los movimientos de entrada y salida, garantizando seguridad, fluidez y cumplimiento de las normas vigentes.</b>	¿Qué elementos geométricos deben incluirse en una propuesta que garantice seguridad y fluidez en los	Diseñar una propuesta geométrica basada en aforos y condiciones reales.	Deductivo	Modelado geométrico y simulación	Software AutoCAD Civil 3D y Synchro	Levantamiento topográfico, aforos vehiculares y normativa técnica	Capítulo IV - Resultados y Diseño
<b>Validar la efectividad del diseño propuesto mediante herramientas especializadas de simulación, comparando su desempeño frente a las condiciones actuales.</b>	¿Qué mejoras operativas ofrece la propuesta frente a la situación actual en términos de nivel de	Simular ambos escenarios y comparar los resultados operativos.	Experimental / Deductivo	Simulación comparativa	Synchro, matriz de niveles de servicio	Resultados de Synchro, informes de simulación y aforos	Capítulo V - Evaluación comparativa

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO IV. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

### **4.1 Condiciones actuales de la vía**

Actualmente, el tramo de la avenida 25 de junio en la ciudad de Machala presenta una configuración de doble calzada con cuatro carriles por sentido de circulación. Cada carril posee un ancho de 3.60 metros, lo cual proporciona un perfil vial amplio y continuo, ambas calzadas se encuentran separadas por una mediana central de 4.00 metros de ancho, sin la presencia de intersecciones semaforizadas ni elementos de control específicos que faciliten maniobras seguras de ingreso o retorno. Esta vía de tránsito continuo propicia desplazamientos a altas velocidades, pero al mismo tiempo impone serias limitaciones de accesibilidad directa hacia puntos clave como la Facultad de Agronomía de la Universidad Técnica de Machala.

Los vehículos que circulan desde cantones como Santa Rosa, Pasaje y El Guabo enfrentan dificultades para acceder al campus universitario, ya que deben extender su recorrido hasta las inmediaciones del terminal terrestre para efectuar el retorno correspondiente. Asimismo, quienes egresan de la facultad y se dirigen al centro de Machala están obligados a desplazarse hasta el redondel de El Cambio para realizar el giro hacia el centro urbano. Esta situación incrementa la distancia recorrida, el tiempo de viaje, el consumo de combustible y el riesgo de siniestros viales. Frente a este escenario, se propone implementar una intersección canalizada con control semafórico que permita optimizar la conectividad, mejorar la operación vial y elevar los estándares de seguridad en este sector.

#### **4.1.1 Levantamiento topográfico**

El diseño geométrico de una intersección urbana requiere información precisa sobre la configuración actual del terreno. Para ello, se realizó un levantamiento topográfico plani-almétrico utilizando estación total y tecnología GPS. Este procedimiento permitió capturar las condiciones físicas reales del área de intervención, proporcionando la base fundamental para el modelado geométrico, análisis de radios, alineaciones y configuración vial existente. El levantamiento se ejecutó desde cero, debido a la ausencia de puntos de control previos en el entorno.

En total, se obtuvieron 142 puntos topográficos, cada uno con sus respectivas coordenadas Este (X), Norte (Y) y Cota (Z). Estos puntos fueron categorizados por tipo de elemento mediante un campo de descripción, identificando bordillos, aceras, parterres, esquinas, ejes de calzada, entre otros. Toda la información fue registrada digitalmente y constituye la base técnica sobre la cual se evaluó la viabilidad geométrica del diseño propuesto.

#### **4.1.1.1 Planificación y preparación del equipo**

Para la ejecución del diseño geométrico de la intersección proyectada, fue necesario obtener información precisa y actualizada del área de intervención. Por tal motivo, se llevó a cabo un levantamiento topográfico planialtimétrico urbano, utilizando exclusivamente una estación total electrónica de alta precisión. Este procedimiento permitió capturar las condiciones físicas reales del entorno, constituyendo la base técnica para el trazado geométrico, análisis de radios, alineaciones, secciones y elementos urbanos.

En total, se levantaron 142 puntos topográficos, registrados con sus respectivas coordenadas Este (X), Norte (Y) y Cota (Z), además de una descripción que identifica el tipo de elemento capturado (bordillo, acera, esquina, eje vial, etc.). Esta base de datos, consolidada en una hoja de cálculo, fue utilizada para construir planos, modelos tridimensionales y evaluaciones geométricas según normativa vigente.

### Ilustración 7: Levantamiento topográfico

ID	Este	Norte	Cota	Descripción	ID	Este	Norte	Cota	Descripción
1	9636407.953	620978.02	16.450	P-1	74	9636384.691	620995.541	16.033	LINEA DE BORDILLO
2	9636387.29	621000.588	16.353	P-2	75	9636382.968	620993.133	15.913	LINEA DE BORDILLO
3	9636378.780	620960.838	15.395	ACERA	76	9636380.721	620995.148	15.889	ACERA
4	9636376.84	620963.083	15.443	LINEA DE BORDILLO	77	9636382.288	621003.382	16.671	ACERA
5	9636376.825	620963.120	15.394	VIA	78	9636383.737	621004.730	16.603	CV
6	9636372.186	620968.583	15.488	VIA	79	9636385.915	621006.768	16.537	LINEA DE BORDILLO
7	9636372.169	620968.607	15.497	LINEA DE BORDILLO	80	9636319.950	621071.756	16.480	ACERA
8	9636369.878	620971.196	15.540	LINEA DE BORDILLO	81	9636321.346	621073.169	16.417	CV
9	9636369.853	620971.221	15.539	VIA	82	9636323.564	621075.195	16.357	LINEA DE BORDILLO
10	9636365.085	620976.627	15.464	VIA-BORDILLO	83	9636323.631	621075.226	16.107	VIA
11	9636363.170	620978.922	15.547	ACERA	84	9636395.679	621018.585	16.689	VIA
12	9636387.751	620968.858	15.662	ACERA	85	9636395.682	621018.646	16.933	LINEA DE BORDILLO
13	9636385.884	620971.254	15.657	LINEA DE BORDILLO	86	9636398.612	621021.262	16.866	LINEA DE BORDILLO
14	9636385.851	620971.271	15.577	VIA	87	9636398.647	621021.303	16.611	VIA
15	9636381.848	620977.314	15.683	VIA	88	9636422.872	620988.713	16.638	VIA
16	9636381.845	620977.373	15.725	LINEA DE BORDILLO	89	9636422.903	620988.765	16.886	LINEA DE BORDILLO
17	9636379.858	620980.285	15.720	VIA-BORDILLO	90	9636425.853	620991.356	16.845	LINEA DE BORDILLO
18	9636375.681	620986.292	15.652	VIA	91	9636425.891	620991.394	16.592	VIA
19	9636375.694	620986.351	15.755	LINEA DE BORDILLO	92	9636437.053	621001.486	16.227	VIA
20	9636373.743	620988.595	15.764	ACERA	93	9636437.076	621001.506	16.474	LINEA DE BORDILLO
21	9636393.470	620972.798	15.823	ACERA	94	9636439.296	621003.561	16.529	CV
22	9636392.349	620975.568	15.814	LINEA DE BORDILLO	95	9636440.724	621004.831	16.581	ACERA
23	9636392.361	620975.652	15.703	VIA	96	9636442.645	621006.619	16.673	LF
24	9636388.795	620981.852	15.793	VIA	97	9636428.689	621010.699	16.226	VIA
25	9636388.775	620981.918	15.915	LINEA DE BORDILLO	98	9636428.280	621013.457	16.207	VIA
26	9636385.931	620985.756	15.923	LINEA DE BORDILLO	99	9636428.858	621014.980	16.151	VIA
27	9636385.915	620985.795	15.873	VIA	100	9636431.427	621018.034	16.169	VIA
28	9636380.970	620991.102	15.748	VIA	101	9636431.511	621017.915	16.316	LINEA DE BORDILLO
29	9636380.938	620991.157	15.882	LINEA DE BORDILLO	102	9636430.018	621016.412	16.325	BORDILLO-CV
30	9636378.600	620993.077	15.872	ACERA	103	9636428.852	621014.890	16.389	BORDILLO-CV
31	9636399.131	620975.125	15.899	ACERA	104	9636428.243	621013.130	16.439	LINEA DE BORDILLO
32	9636398.287	620977.991	15.907	LINEA DE BORDILLO	105	9636428.663	621010.844	16.463	LINEA DE BORDILLO
33	9636404.325	620979.230	16.196	LINEA DE BORDILLO	106	9636426.159	621024.932	16.198	VIA
34	9636406.653	620979.566	16.334	BORDILLO-CV	107	9636424.305	621022.991	16.098	VIA
35	9636410.211	620979.658	16.483	LINEA DE BORDILLO	108	9636424.282	621023.020	16.098	VIA
36	9636411.711	620978.497	16.477	LINEA DE BORDILLO	109	9636422.952	621021.751	16.166	VIA
37	9636409.503	620976.468	16.539	CV	110	9636420.476	621021.203	16.187	VIA
38	9636408.033	620975.072	16.610	ACERA	111	9636418.656	621021.782	16.235	VIA
39	9636411.742	620978.547	16.226	VIA	112	9636418.685	621021.845	16.472	LINEA DE BORDILLO
40	9636409.957	620979.779	16.251	VIA	113	9636420.965	621023.744	16.504	CV
41	9636406.618	620979.631	16.109	VIA	114	9636422.491	621024.980	16.512	CV
42	9636404.303	620979.299	15.978	VIA	115	9636424.864	621026.504	16.532	CERRAMIENTO
43	9636397.604	620977.842	15.793	VIA	116	9636426.156	621025.050	16.284	LINEA DE BORDILLO
44	9636394.936	620984.478	15.962	VIA	117	9636424.264	621023.079	16.330	BORDILLO-CV
45	9636398.722	620985.518	16.013	VIA	118	9636422.731	621021.677	16.385	BORDILLO-CV
46	9636401.932	620986.362	16.199	VIA	119	9636420.857	621021.214	16.430	LINEA DE BORDILLO
47	9636402.854	620987.323	16.275	VIA	120	9636355.669	621102.237	16.306	CERRAMIENTO
48	9636402.538	620988.626	16.286	VIA	121	9636353.685	621100.508	16.374	ACERA
49	9636397.380	620994.246	16.293	VIA	122	9636352.095	621099.319	16.329	CV
50	9636396.273	620994.533	16.253	VIA	123	9636349.811	621097.396	16.265	LINEA DE BORDILLO
51	9636394.954	620993.982	16.180	VIA	124	9636350.349	621096.735	16.044	VIA
52	9636394.115	620993.274	16.138	VIA	125	9636342.057	621083.372	16.460	VIA
53	9636392.749	620992.015	16.057	VIA	126	9636342.030	621083.317	16.717	LINEA DE BORDILLO
54	9636394.203	620993.261	16.336	BORDILLO-CV	127	9636339.695	621080.247	16.786	LINEA DE BORDILLO
55	9636400.734	620986.105	16.322	BORDILLO-CV	128	9636339.618	621080.126	16.526	VIA
56	9636398.528	620985.572	16.205	BORDILLO-CV	129	9636468.569	620908.683	16.234	ACERA
57	9636401.955	620986.417	16.385	LINEA DE BORDILLO	130	9636470.060	620909.974	16.178	CV
58	9636402.783	620987.295	16.469	LINEA DE BORDILLO	131	9636473.208	620910.907	16.114	LINEA DE BORDILLO
59	9636402.544	620988.551	16.515	LINEA DE BORDILLO	132	9636475.258	620908.731	15.838	VIA
60	9636397.402	620994.177	16.522	LINEA DE BORDILLO	133	9636475.324	620908.711	15.837	VIA
61	9636396.059	620994.455	16.448	LINEA DE BORDILLO	134	9636483.479	620922.247	16.284	VIA
62	9636394.934	620993.916	16.385	LINEA DE BORDILLO	135	9636483.507	620922.271	16.521	LINEA DE BORDILLO
63	9636382.982	620993.134	15.805	VIA	136	9636486.352	620924.856	16.552	LINEA DE BORDILLO
64	9636384.668	620995.439	15.858	VIA	137	9636486.372	620924.899	16.287	VIA
65	9636386.704	620998.645	16.014	VIA	138	9636497.364	620935.268	16.328	VIA
66	9636388.719	621002.030	16.227	VIA	139	9636497.339	620935.381	16.571	LINEA DE BORDILLO
67	9636388.609	621003.604	16.298	VIA	140	9636499.818	620937.081	16.634	CV
68	9636387.490	621005.115	16.281	VIA	141	9636501.291	620938.388	16.694	ACERA
69	9636387.440	621005.102	16.554	LINEA DE BORDILLO	142	9636502.732	620940.915	16.669	CERRAMIENTO
70	9636388.266	621003.758	16.553	LINEA DE BORDILLO					
71	9636388.636	621002.653	16.513	LINEA DE BORDILLO					
72	9636387.884	621000.433	16.344	BORDILLO-CV					
73	9636386.624	620998.650	16.214	BORDILLO-CV					

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.1.2 Planificación y preparación del equipo**

Previo al trabajo de campo, se definió el tipo de levantamiento requerido (planialtimétrico) y los elementos clave a capturar. El equipo utilizado incluyó:

- Estación total electrónica de precisión milimétrica.
- Trípode metálico con base niveladora.
- Tribraque y nivel circular para ajuste fino.
- Prisma reflectante montado sobre varilla graduada.
- Clavos, cinta métrica, libreta de campo y lápiz topográfico.

#### **4.1.1.3 Establecimiento de puntos de control**

Debido a que en el área de estudio no existían puntos de referencia previamente georreferenciados, se procedió a implantar dos puntos base denominados Punto 1 y Punto 2. Estos fueron fijados sobre superficies estables y se marcaron con estacas claramente visibles.

Una vez ubicados, se verificó la alineación instrumental mediante calado, asegurando que entre el Punto 1 y Punto 2 la estación total presentara diferencia de calado igual a cero, es decir, que la línea de colimación estuviera perfectamente horizontal entre ambos. Esta condición fue fundamental para garantizar la precisión angular y evitar errores sistemáticos en el levantamiento.

#### **Ilustración 8: Ubicación de puntos referenciales**



Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.2 Instalación y orientación de la estación total**

La estación total fue instalada sobre el Punto 1, utilizando el plumín óptico para centrar sobre la marca física y nivelarla cuidadosamente con el tribraque. A continuación:

- Se introdujeron manualmente las coordenadas arbitrarias de los puntos base para establecer un sistema de referencia local.
- Se utilizó el Punto 2 como punto de respaldo (back-sight) para orientar el instrumento.
- Se configuraron los parámetros de medición: unidades métricas, altura del instrumento, altura del prisma, modo de medición continua y registro automático de datos.

##### **4.1.2.1 Levantamiento de puntos en terreno**

Desde la estación instalada, se procedió a capturar puntos a lo largo del área de intervención. Se incluyeron:

- Ejes y bordes de calzada.
- Bordillos, cunetas y aceras laterales.
- Esquinas y radios de curvatura.
- Parterres, postes, mobiliario urbano y referencias fijas.

El operador de campo, portando el prisma reflectante sobre varilla graduada, se desplazó hasta cada punto de interés, mientras el operador en estación total realizaba las mediciones de:

- Ángulo horizontal.
- Ángulo vertical.
- Distancia inclinada.

La estación calculó automáticamente las coordenadas tridimensionales (X, Y, Z) de cada punto, las cuales fueron almacenadas con su código correspondiente en la memoria interna del equipo.

##### **4.1.2.2 Verificación de calidad y cierre**

Durante el levantamiento se aplicaron controles de calidad como:

- Comprobación de lectura doble de puntos sensibles (vértices, esquinas, radios).
- Repetición de mediciones desde dos estaciones diferentes si era necesario.

### 4.1.3 Aforo vehicular

Como parte del estudio, se han desarrollado dos tipos de aforos vehiculares: uno para determinar la demanda general de tránsito sobre la avenida 25 de junio y otro de tipo origen-destino en el acceso a la Facultad de Agronomía. El primero proporcionará información sobre los volúmenes totales en distintos momentos del día, mientras que el segundo permitirá estimar la magnitud de los movimientos de giro esperados en la futura intersección. De esta manera, se podrá establecer el diseño más adecuado, orientado a canalizar eficazmente la demanda detectada y optimizar los accesos y salidas desde el campus universitario.

Tabla 18: Aforo vehicular principal

TIPO VEHICULO	JUEVES	VIERNES	LUNES	MARTES	MIERCOLES	
TRAILERS	36	38	40	31	42	Por 2horas
BUSES	104	98	110	117	112	Por 2horas
LIVIANOS	1154	1194	1178	1114	1142	Por 2horas
MOTOS	188	177	190	184	176	Por 2horas
CAMIONES	128	132	142	144	147	Por 2horas
<b>TOTAL</b>	<b>1610</b>	<b>1639</b>	<b>1660</b>	<b>1590</b>	<b>1619</b>	Por 2horas
<b>TOTAL</b>	<b>805</b>	<b>820</b>	<b>830</b>	<b>795</b>	<b>810</b>	Por hora

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Aforo vehicular origen - destino

TRAMO	LUNES	MARTES	MIERCOLES
MACHALA	146	110	128
PASAJE	316	280	298
GUABO	88	70	79
SANTA ROS	362	320	341
<b>TOTAL</b>	<b>912</b>	<b>780</b>	<b>846</b>

Fuente: Elaboración propia

### 4.1.4 Identificación de conflictos y deficiencias

Aunque el tramo analizado opera actualmente bajo condiciones de flujo libre y no presenta una intersección formal, se han identificado riesgos viales importantes asociados al cruce peatonal, especialmente en horas de mayor demanda estudiantil.

La vía en cuestión cuenta con una calzada amplia y de alta velocidad, y si bien los buses que prestan servicio de transporte público están autorizados a detenerse en la vía, muchos de ellos dejan o recogen pasajeros justo al frente del acceso principal a la universidad. Esta situación motiva a que numerosos estudiantes crucen la vía directamente, sin utilizar pasos peatonales ni puentes, exponiéndose a un alto riesgo de atropello debido a la ausencia de infraestructura específica para tal fin.

Esta conducta peatonal, sumada a la carencia de señalización horizontal o vertical que advierta a los conductores sobre la presencia frecuente de personas cruzando, representa un problema crítico de seguridad vial. Por tanto, se considera necesaria la implementación de una intersección adecuada con dispositivos de canalización y control que permita reorganizar el flujo vehicular y proteger a los peatones, garantizando un entorno más seguro y funcional.

#### **4.2 Propuesta de rediseño geométrico**

El diseño geométrico propuesto para la intersección se fundamenta principalmente en lo establecido por la Norma Ecuatoriana de Vialidad NEVI-12, la cual constituye el documento técnico oficial vigente para el desarrollo de infraestructura vial en el país. Esta normativa define los parámetros geométricos mínimos que deben cumplirse en el trazado de intersecciones, incluyendo radios de giro según tipo de vehículo, anchos de carril, longitudes de cambio de velocidad, visibilidad mínima requerida, y condiciones de canalización para movimientos conflictivos.

Asimismo, se han considerado los lineamientos establecidos en el Highway Capacity Manual (HCM) para evaluar la capacidad operativa y el nivel de servicio (LOS) de la intersección, tanto en su estado actual como en la condición propuesta. Esta referencia internacional permite validar el desempeño del rediseño en términos de eficiencia y funcionalidad, aplicando criterios objetivos para la asignación de tiempos semafóricos, análisis de colas y clasificación de desempeño vial por movimientos o aproximaciones.

#### 4.2.1 Plano base del rediseño

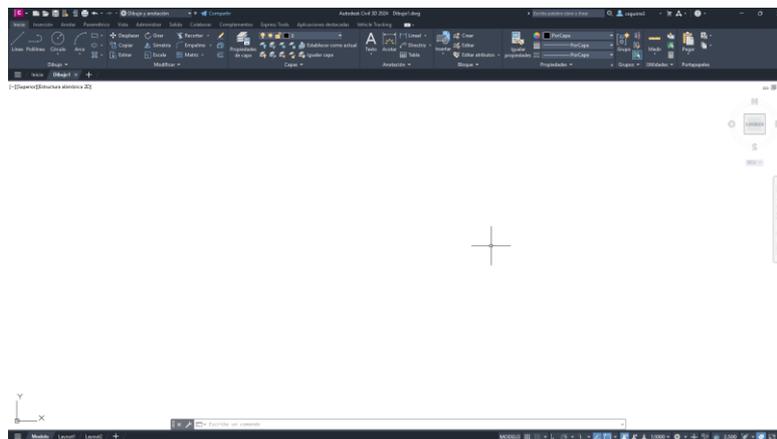
Para desarrollar el rediseño geométrico de la intersección, fue necesario generar primero un plano base topográfico y vial, utilizando el software AutoCAD Civil 3D. Este plano representa la geometría actual de la vía y sirve como referencia directa para el trazado de la nueva configuración.

A continuación, se detallan las etapas realizadas para su elaboración:

Configuración inicial del entorno gráfico:

- Iniciar Civil 3D y comenzar un nuevo proyecto.

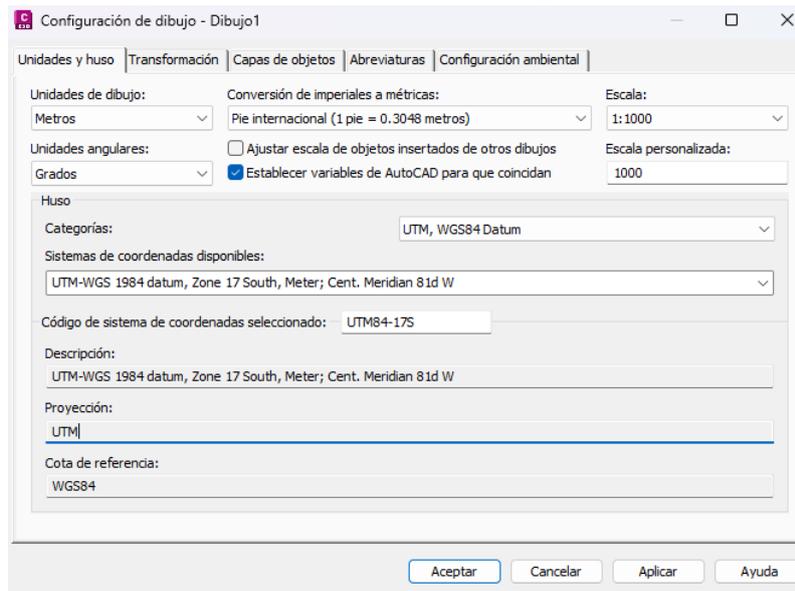
#### Ilustración 9: Inicio de proyecto en Civil 3D



Fuente: Elaboración propia

- Selecciona el sistema de referencia espacial y ajusta las unidades de medición correspondientes al trabajo, considerando que se emplea la zona UTM 17S y que las distancias se expresan en metros, conforme al Sistema Internacional.

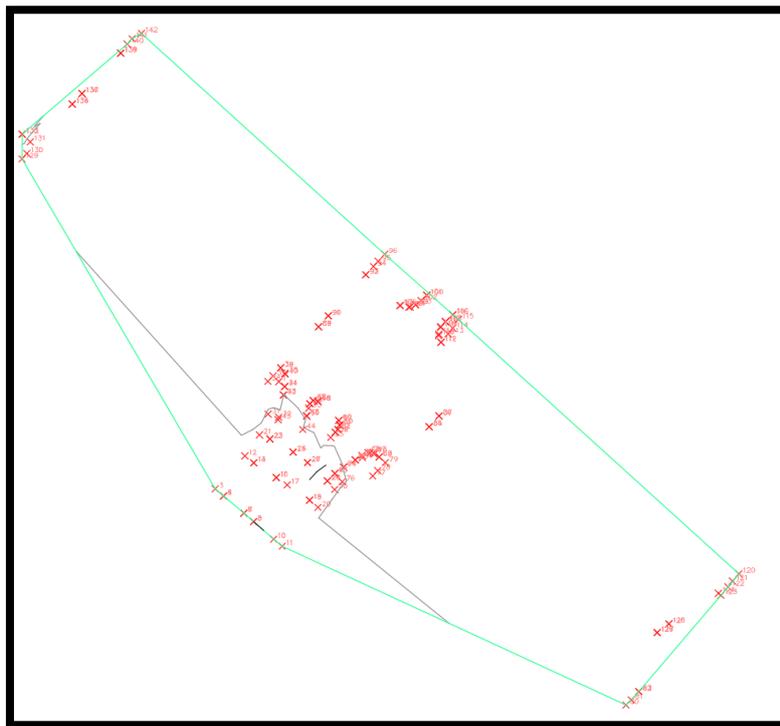
## Ilustración 10: Configuración del sistema de referencia



Fuente: Elaboración propia

- Se insertan los puntos topográficos y se trazan las alineaciones de las vías que se interceptan, junto con sus respectivos perfiles longitudinales y las curvas de nivel correspondientes

## Ilustración 11: Inserción de puntos tomados en topografía



Fuente: Elaboración propia

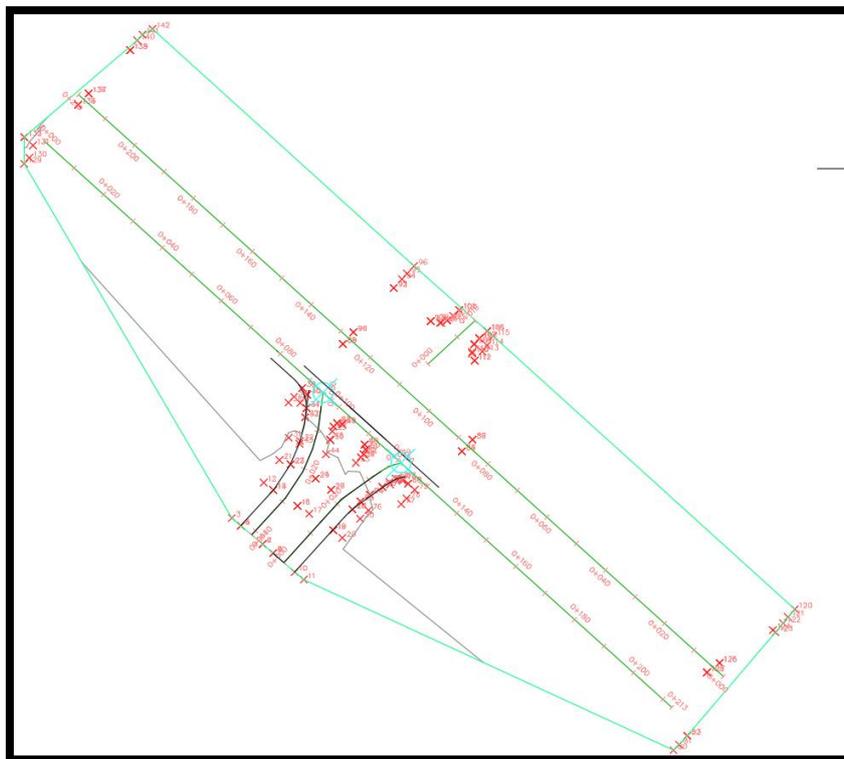
Se emplean las herramientas de diseño de Civil 3D para generar las alineaciones y los perfiles requeridos en la conformación de una intersección tipo T o tipo Y.

**Ilustración 12: Icono de perfiles**



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 13: Creación de alineamientos**



Fuente: Elaboración propia

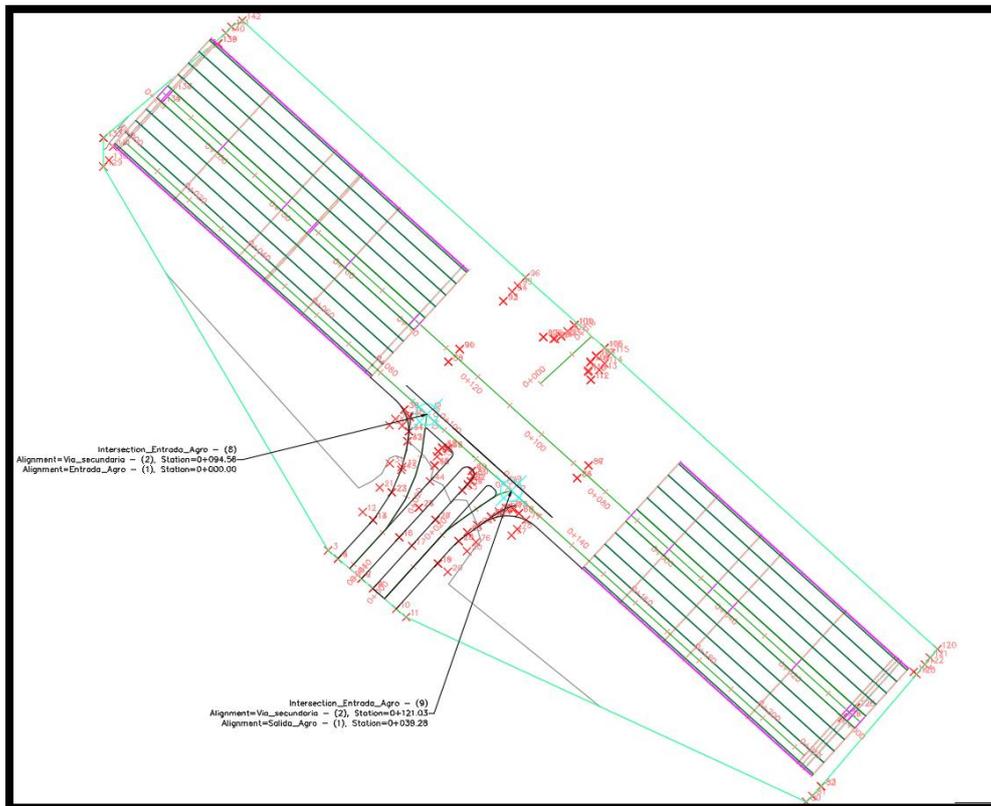
- Se generan los corredores correspondientes para las vías que participan en la intersección

## Ilustración 14: Icono para corredores viales



Fuente: Elaboración propia

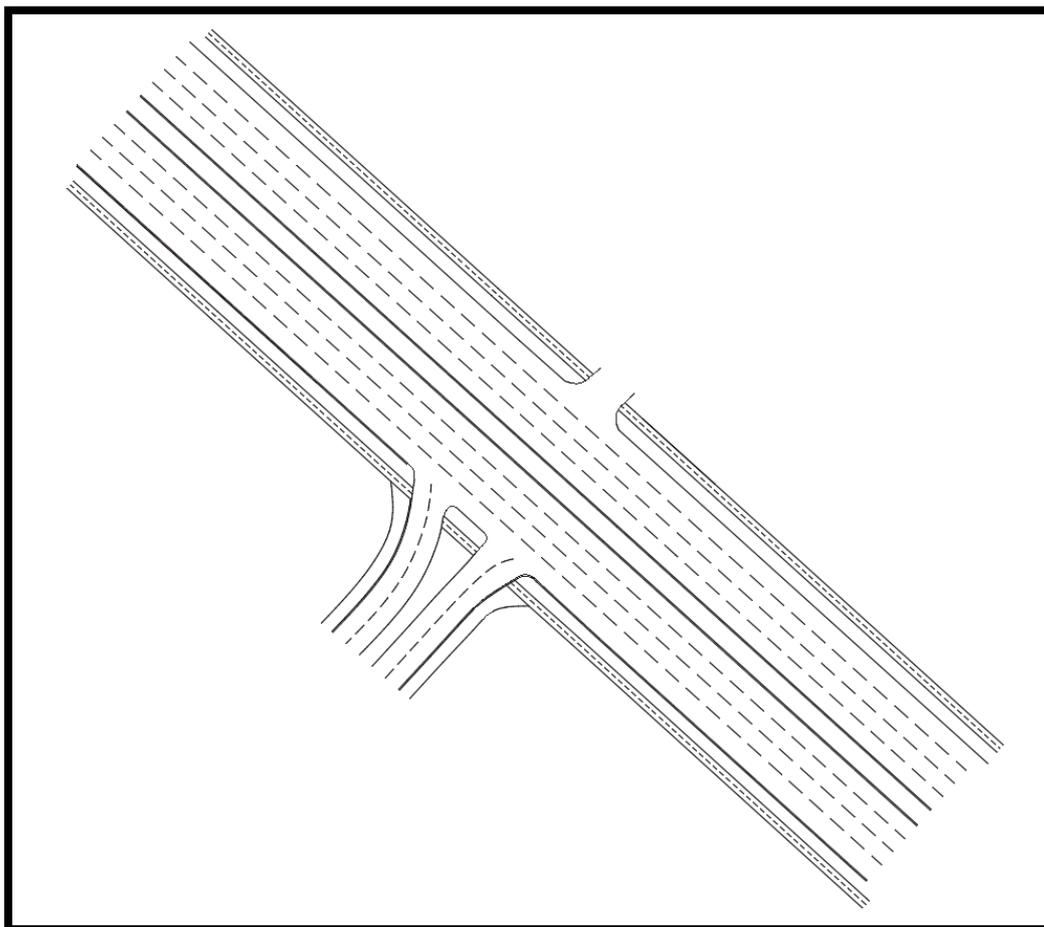
## Ilustración 15: Creación de corredores viales



Fuente: Elaboración propia

- A partir del modelo con alineamientos y corredores generados en Civil 3D, se procede a representar el diseño geométrico en planta. Para ello, se proyectan los bordes y elementos del corredor como referencia visual, y se trazan manualmente los carriles, ejes viales y ramales mediante polilíneas, siguiendo la geometría establecida en el modelo 3D.
- Posteriormente, se ajustan las curvas de giro y canalizaciones según los radios de diseño, y se aplican estilos de línea apropiados (segmentadas, continuas, etc.) en capas diferenciadas. El resultado final es un trazado geométrico claro y detallado de la intersección, listo para presentación en planos técnicos.

**Ilustración 16: Trazado geométrico del estado actual del tramo de vía**



Fuente: Elaboración propia

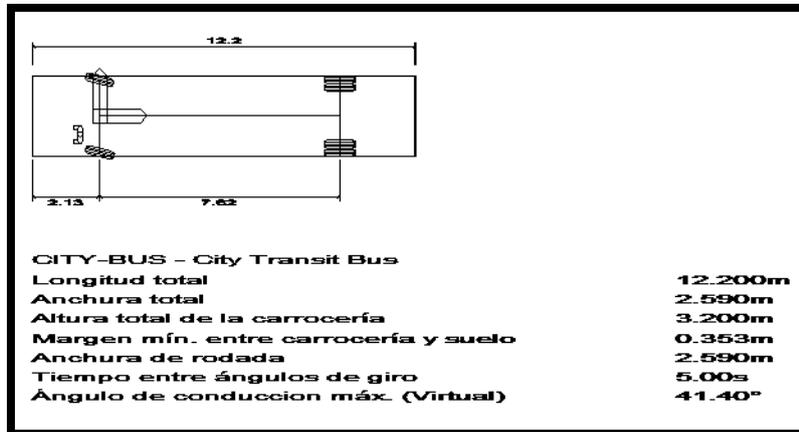
## **4.2.2 Cálculo de elementos geométricos**

### **4.2.2.1 Radio mínimo de giro**

Para el diseño geométrico de la intersección en la vía 25 de Junio, se realizó el cálculo de radios mínimos de giro utilizando los parámetros definidos en la guía NEVI-12 y comparándolos con los radios normativos obtenidos mediante el software Autodesk Vehicle Tracking (basado en el HCM). A continuación, se detallan los cálculos para los dos vehículos de diseño considerados: un vehículo liviano (auto tipo turismo) y un vehículo pesado (bus de ciudad).

### 4.2.3 Vehículo Pesado – CITY BUS

Ilustración 17: Datos técnicos de vehículo diseño 1



Fuente: (AASHTO, 2011) – Vehicle Tracking

- Longitud entre ejes (L): 7.62 m
- Ancho del vehículo (B): 2.59 m
- Ángulo de giro ( $\theta$ ): 41.2°

Aplicando la fórmula:

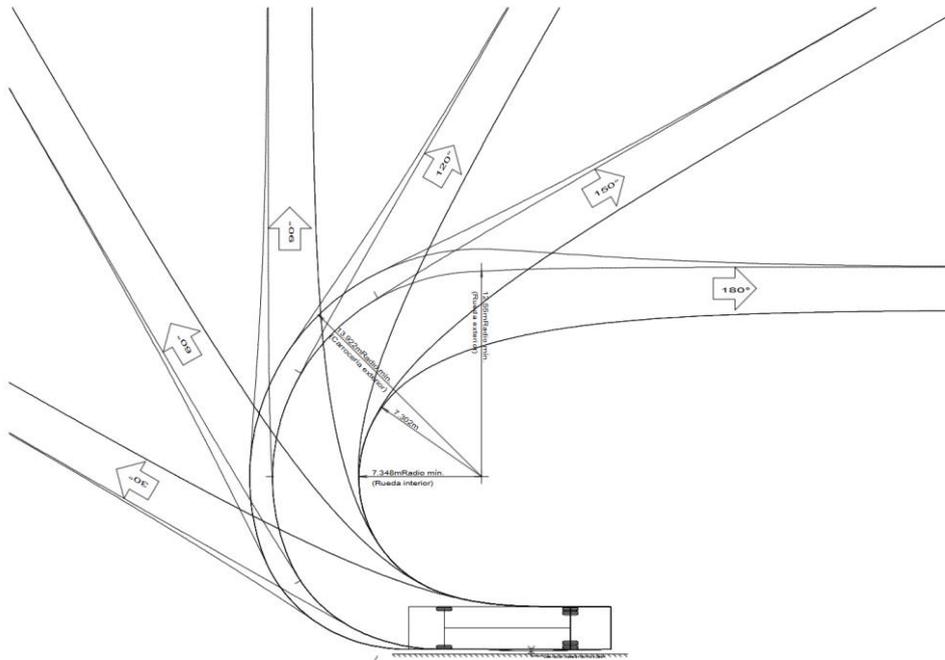
$$R = (L / \tan(\theta)) + (B / 2)$$

$$R = (7.62 / \tan(41.2)) + (2.59 / 2)$$

$$R \approx 9.999 \text{ m}$$

El radio mínimo calculado para el vehículo tipo bus es de aproximadamente 10.00 metros. Este valor es coherente con el radio exterior normativo reportado por Autodesk Vehicle Tracking: 13.922 m, lo cual valida el diseño propuesto para permitir maniobras adecuadas sin invadir carriles contiguos.

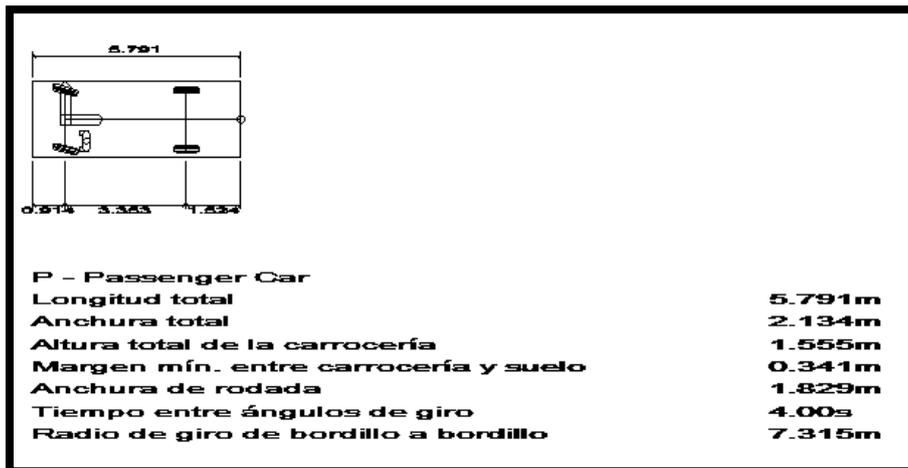
### Ilustración 18: Radios de giro para bus de vehicle tracking



Fuente: Vehicle tracking

### 4.2.4 Vehículo Liviano – PASSENGER CAR

#### Ilustración 19: Datos técnicos de vehículo de diseño 2



Fuente: (AASHTO, 2011) – Vehicle Tracking

- Longitud entre ejes (L): 3.353 m

- Ancho del vehículo (B): 2.134 m
- Ángulo de giro ( $\theta$ ): 31.6°

Aplicando la fórmula:

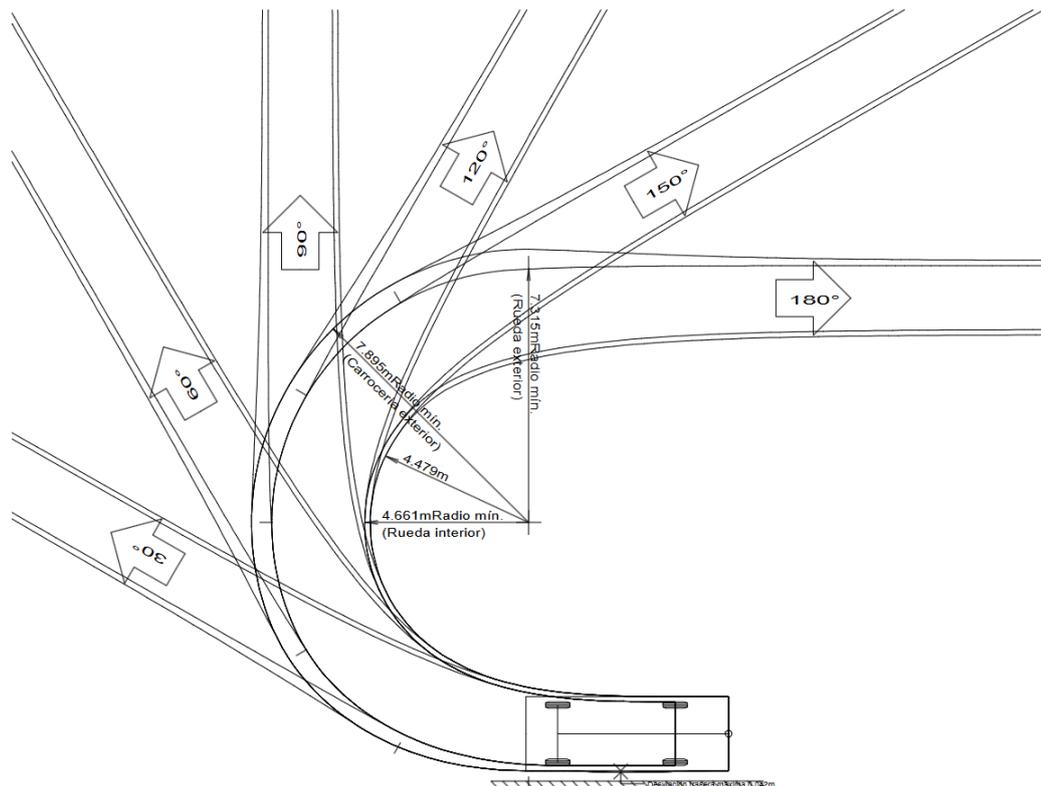
$$R = (L / \tan(\theta)) + (B / 2)$$

$$R = (3.353 / \tan(31.6)) + (2.134 / 2)$$

$$R \approx 6.517 \text{ m}$$

El radio mínimo calculado para el vehículo tipo auto es de aproximadamente 6.52 metros. Este resultado también guarda concordancia con el radio exterior mínimo reportado por el software (7.895 m), lo cual confirma que el diseño geométrico para este tipo de vehículo es factible y seguro.

### Ilustración 20: Radios de giro para vehículo liviano de vehicle tracking



Fuente: Vehicle tracking

#### 4.2.5 Ancho de carril y sobreebanco

El ancho de carril es un parámetro esencial en el diseño geométrico de intersecciones, ya que influye directamente en la capacidad, seguridad y comodidad del tránsito. Para este proyecto se ha considerado la información proveniente del levantamiento topográfico, estableciendo un ancho de carril actual de 3.60 metros.

De acuerdo con las normas NEVI-12 y AASHTO, un ancho de 3.60 m es adecuado para vías urbanas de alta demanda, especialmente cuando se prevé el tránsito de vehículos pesados. Este valor será mantenido en la propuesta de rediseño de la intersección.

Además del ancho básico, se requiere calcular el sobreebanco necesario en zonas de curvas, debido a la trayectoria ampliada que requieren los vehículos durante las maniobras de giro.

Para el cálculo del sobreebanco, se utiliza la siguiente fórmula, tomada del manual de diseño geométrico de carreteras:

$$S = (W \times V) / (R \times 127)$$

Donde:

- S = Sobreebanco requerido (m)
- W = Ancho del vehículo (m)
- V = Velocidad de giro (km/h)
- R = Radio de giro (m)

Considerando un vehículo pesado (bus) de 2.59 m de ancho, una velocidad de giro de 20 km/h y un radio de giro de 12 m:

$$S = (2.59 \times 20) / (12 \times 127) = 0.34 \text{ m}$$

Para vehículos livianos de 1.83 m de ancho, velocidad de 20 km/h y radio de 7 m:

$$S = (1.83 \times 20) / (7 \times 127) = 0.41 \text{ m}$$

Con base en estos resultados, se considera un sobreecho promedio de 0.90 m en los retornos para vehículos livianos, mientras que para los giros más amplios destinados a vehículos pesados se contemplan ajustes geométricos mayores y diseño canalizado.

De este modo, el ancho total requerido en curvas para vehículos pesados asciende a aproximadamente 4.50 m (3.60 m + 0.90 m), cumpliendo con los requerimientos de operación segura y fluida.

Esta dimensión ha sido aplicada en el diseño CAD de la intersección, y fue verificada mediante simulación con software de maniobrabilidad (AutoTURN), donde los radios de giro y los anchos fueron validados satisfactoriamente.

#### **4.2.6 Longitud de almacenamiento y visibilidad**

La longitud de almacenamiento corresponde al tramo de carril destinado a albergar vehículos que realizan giros, particularmente a la izquierda, sin interferir con el flujo principal. En esta etapa del diseño, dicha longitud se estima utilizando únicamente los datos de aforo, ya que aún no se ha definido el sistema de fases semafóricas.

Según los registros obtenidos en el estudio de tránsito, se identificó una demanda máxima de 35 vehículos que giran a la izquierda durante un intervalo de 15 minutos. Asumiendo un escenario conservador en el que solo una fracción de estos vehículos logra completar el giro por ciclo —por ejemplo, aproximadamente 1/4 del total—, se considera que hasta 9 vehículos podrían llegar a acumularse simultáneamente en el carril canalizado.

Para determinar la longitud requerida, se adopta una ocupación promedio de 6.5 metros por vehículo detenido, considerando tanto la longitud del vehículo como el espacio de separación. Así, la longitud de almacenamiento se calcula como:

$$L = n \times 6.5 \text{ m} = 9 \times 6.5 \text{ m} = 58.5 \text{ m} \approx 60.0 \text{ m}$$

En consecuencia, se adopta una longitud de 60 metros para el carril canalizado de giro izquierdo, la cual garantiza un nivel de servicio adecuado en condiciones de

máxima demanda. Este valor se encuentra dentro de los rangos recomendados por guías internacionales como el HCM y se alinea con los criterios establecidos en la norma NEVI-12

#### **4.2.7 Diseño de ramales de acceso y salida**

El diseño geométrico de los ramales que conforman las conexiones de entrada y salida en la intersección propuesta constituye un elemento clave para garantizar la fluidez vehicular, la seguridad operativa y la eficiencia del sistema vial. Esta configuración fue desarrollada tomando como base los datos topográficos, los aforos origen-destino, y la evaluación funcional realizada mediante simulación en el software Synchro, todo ello en cumplimiento de los criterios técnicos establecidos en la norma NEVI-12.

La propuesta de diseño responde a los siguientes principios geométricos y operacionales:

- Compatibilidad con radios mínimos de giro, definidos a partir del cálculo técnico utilizando vehículos tipo representativos: un vehículo pesado (bus) y uno liviano (automóvil).
- Operación fluida del tránsito, garantizada por la segregación de movimientos mediante la incorporación de islas canalizadoras y carriles exclusivos de giro.
- Adecuación a la velocidad de circulación, establecida en 40 km/h para el eje principal y 20 km/h para maniobras de giro, lo cual influye directamente en la selección de radios de curvatura.
- Minimización de conflictos viales, a través de una geometría que canaliza los movimientos y dirige los flujos de manera controlada.

Una vez definido el trazado de los ramales, se procedió a su validación en el entorno de simulación de Synchro Trafficware, en donde se comprobó que:

- Las maniobras de giro no interfieren con los flujos vehiculares directos, asegurando una operación sin entrecruzamientos peligrosos.
- La capacidad de evacuación de los ramales resulta adecuada para la demanda estimada en los períodos de máxima carga.

- Los tiempos semafóricos asignados permiten mantener un nivel de servicio aceptable para todas las fases, según el reporte actualizado de simulación.

Adicionalmente, el diseño geométrico desarrollado en AutoCAD Civil 3D fue verificado mediante el uso del módulo Vehicle Tracking, mediante el cual se comprobó que los radios de curvatura proyectados permiten el paso cómodo y seguro de los vehículos tipo, sin invadir carriles adyacentes ni comprometer las zonas de seguridad peatonal.

#### **4.2.8 Ramales de ingreso**

- Dos carriles con ancho de 3.60 m cada uno.
- Radio de entrada de 12.00 m para vehículos pesados-buses.
- Canalización mediante islas guía.
- Incorporación de sobreaño calculado (0.92 m para vehículos pesados-buses).

#### **4.2.9 Ramales de salida**

- Dos carriles de salida hacia el flujo principal.
- Ángulo de inserción optimizado para minimizar puntos de conflicto.
- Señalización proyectada con semaforización inteligente y marcas horizontales.

#### **4.2.10 Giros protegidos y retornos**

- Disposición de carriles exclusivos para retorno en U para vehículos livianos.
- Alineación con el flujo principal sin interferencia cruzada gracias al sistema de fases semafóricas establecidas.

### **4.3 Diseño de islas canalizadoras**

### 4.3.1 Ubicación y función de las islas

En la intersección propuesta se han incorporado cuatro islas canalizadoras, estratégicamente ubicadas en los accesos y ramales de giro para ordenar los movimientos vehiculares. Estas islas cumplen una doble función: por un lado, dirigen y segregan los flujos de circulación, especialmente los giros izquierdos y movimientos en diagonal; por otro, brindan zonas de refugio y protección para los peatones, al coincidir con los cruces peatonales semaforizados.

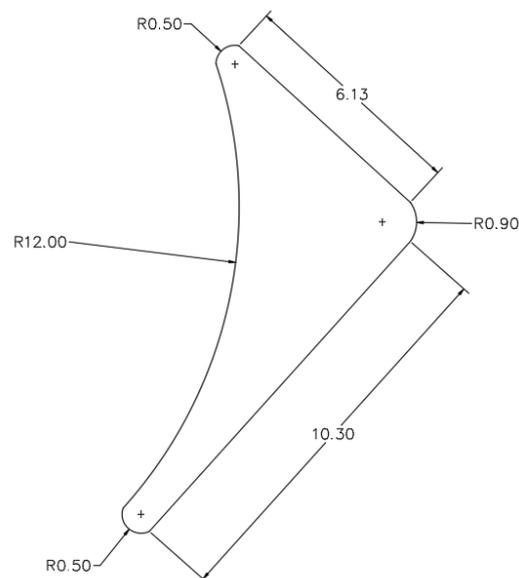
Dos de las islas se ubican en el acceso principal para separar el flujo de giro izquierdo del flujo directo, mientras que las otras dos están posicionadas en los ramales secundarios, canalizando los giros de entrada y salida hacia la vía principal. Su forma y ubicación fueron definidas considerando las trayectorias de giro generadas en el diseño geométrico, así como la ubicación de los semáforos y pasos peatonales.

### 4.3.2 Dimensiones geométricas

Las dimensiones de las islas fueron definidas con base en las condiciones físicas del espacio disponible y los radios de giro requeridos para vehículos tipo. A continuación, se detallan las medidas principales:

- Isla 1: Largo aproximado de 10.30 m, ancho máximo de 6.13 m, con radio exterior de 12.00 m y radios internos de curvatura de 0.50 m a 0.90 m.

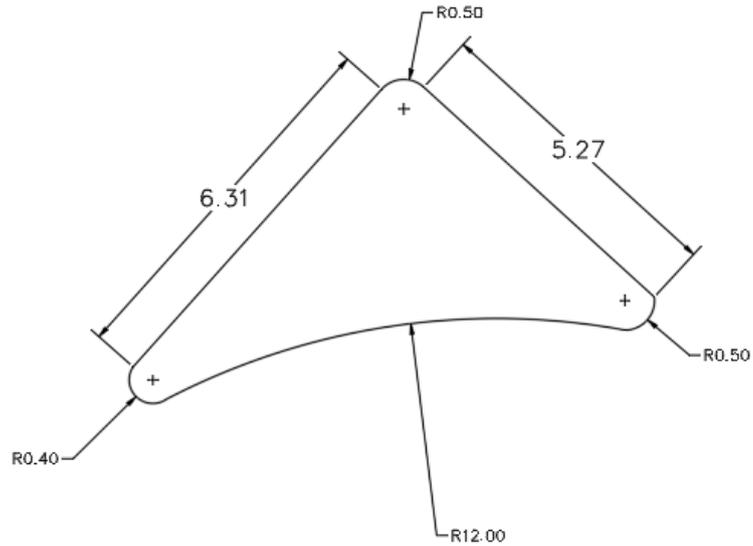
**Ilustración 21: Geometría de isla 1**



Fuente: Elaboración propia

- Isla 2: Longitudes laterales de 6.31 m y 5.27 m, con radio central curvo de 12.00 m, adecuada para ramales más cerrados.

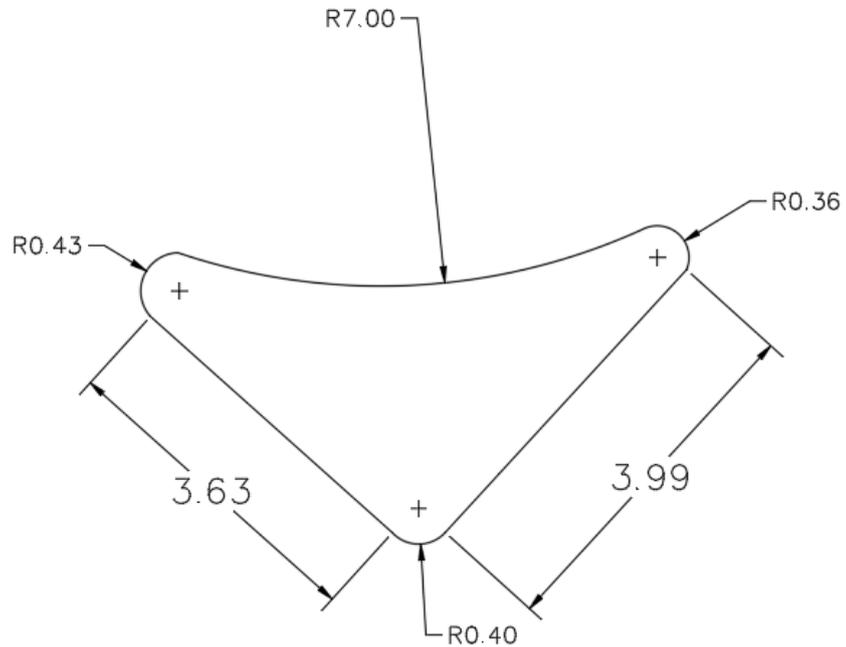
### Ilustración 22: Geometría de isla 2



Fuente: Elaboración propia

- Isla 3: Dimensiones reducidas de 3.63 m × 3.99 m, con radio interior de 7.00 m, utilizada en ramales angostos.

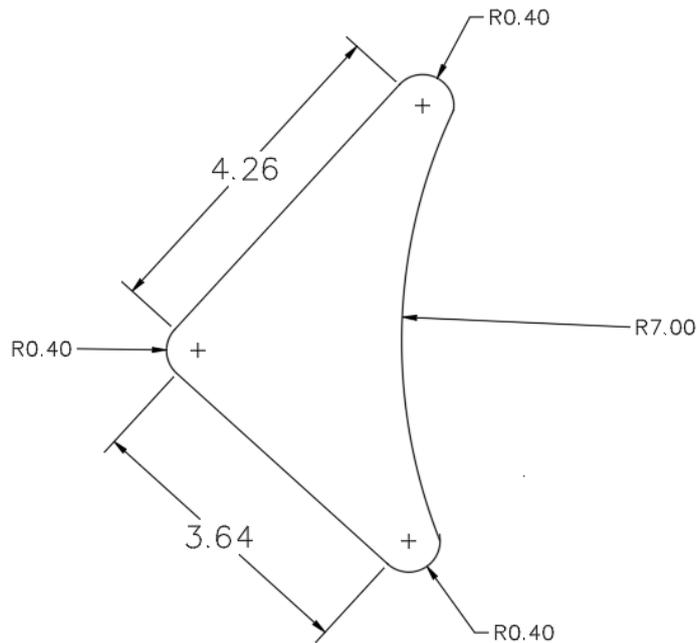
### Ilustración 23: Geometría de isla 3



Fuente: Elaboración propia

- Isla 4: Formato compacto de 4.26 m × 3.64 m, con curvatura central de 7.00 m y vértices suavizados con radios de 0.40 m.

### Ilustración 24: Geometría de isla 4



Fuente: Elaboración propia

Estas dimensiones fueron diseñadas para permitir una canalización efectiva sin interferir con la envolvente de giro de los vehículos tipo, conforme a los análisis realizados con el módulo Vehicle Tracking en AutoCAD Civil 3D.

#### 4.4 Justificación funcional y normativa

Normativamente, el diseño se encuentra en concordancia con lo establecido por la norma NEVI-12, la cual recomienda el uso de islas canalizadoras en intersecciones donde existan movimientos de alto volumen o cruces conflictivos. Asimismo, según lo desarrollado en el Capítulo 3 de esta tesis, se establece que las islas deben contar con un ancho mínimo de 1.80 metros, bordes curvos con radios no menores a 0.30 metros, y una disposición geométrica que no interfiera con la continuidad de los pasos peatonales. En todos los casos, las islas diseñadas en este proyecto superan estos criterios mínimos, con anchos de hasta 6.13 metros y radios de borde de hasta 0.90 metros, asegurando su plena funcionalidad en campo.

Finalmente, la validación geométrica fue realizada mediante simulación en el módulo Vehicle Tracking de AutoCAD Civil 3D, lo cual permitió comprobar que los radios proyectados permiten la circulación fluida de vehículos tipo, sin invasión de carriles adyacentes ni afectación de zonas de seguridad peatonal.

## 4.5 Diseño semafórico

El cálculo de los tiempos semafóricos constituye una etapa crítica en el diseño de una intersección controlada por semáforos, pues garantiza la eficiencia operativa y la seguridad vial. Su correcta determinación permite definir la duración óptima de cada fase, en función de los flujos vehiculares, movimientos conflictivos y características geométricas del entorno. Este apartado presenta el proceso completo aplicado en el caso de estudio, con respaldo en métodos teóricos, hojas de cálculo y validación mediante el software Synchro.

### 4.5.1 Descripción de fases y movimientos vehiculares

La intersección proyectada fue dividida en tres fases semafóricas, cada una agrupando movimientos con compatibilidad operacional. A continuación, se describe el flujo correspondiente a cada fase:

Tabla 20: Flujos de fases

<b>Fase</b>	<b>Descripción de los movimientos vehiculares controlados</b>
<b>Fase 1</b>	Prioriza el flujo principal Nor-Oeste a Sur-Este, correspondiente a la vía Panamericana E25.
<b>Fase 2</b>	Atiende los movimientos desde Sur-Oeste a Nor-Este y desde Sur-Oeste a Nor-Oeste, que conectan con los accesos secundarios laterales.
<b>Fase 3</b>	Controla los retornos en U, específicamente de Sur-Este a Sur-Este y de Nor-Oeste a Nor-Oeste, además de los giros a la izquierda desde Sur-Oeste a Sur-Este y desde Nor-Oeste a Nor-Este.

Fuente: Elaboración propia

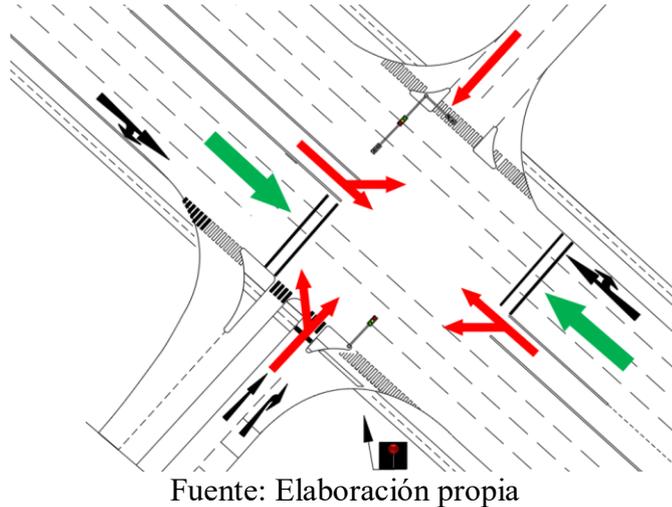
### 4.5.2 Asignación de fases semafóricas

La asignación de fases semafóricas se fundamenta en los criterios establecidos por el Manual HCM y la norma ecuatoriana NEVI-12, los cuales recomiendan priorizar el movimiento de los flujos principales en la programación semafórica, seguido por los movimientos secundarios y finalmente los giros en U o giros a la izquierda que presentan mayor complejidad de maniobra y riesgo de conflicto vehicular.

- Fase 1: Prioriza el flujo principal en ambos sentidos del eje Nor-Oeste a Sur-Este. Esto incluye los cuatro carriles de ida (Nor-Oeste a Sur-Este) y los cuatro carriles de retorno (Sur-Este a Nor-Oeste), con un flujo

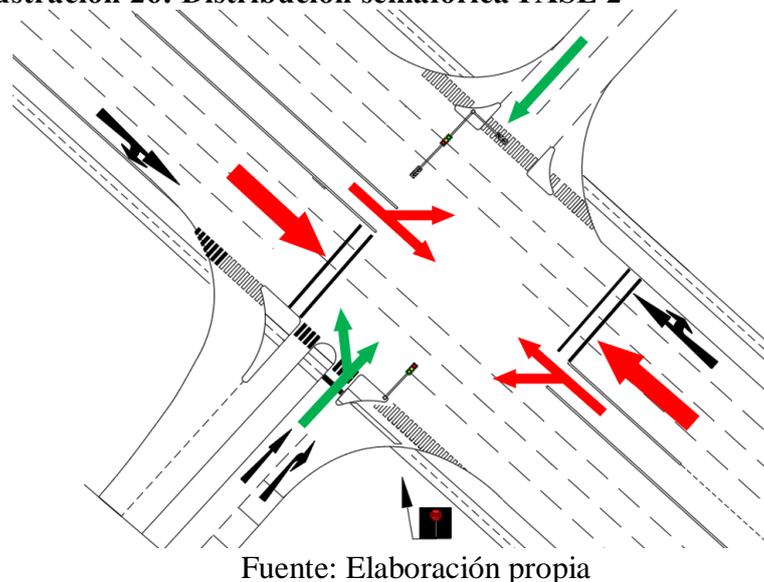
promedio superior a 800 veh/h en ambos sentidos. Dado que este eje soporta la mayor demanda vehicular, se le ha asignado el mayor tiempo de verde efectivo.

**Ilustración 25: Distribución semafórica FASE 1**



- Fase 2: Atiende los movimientos transversales desde el Sur-Oeste hacia el Nor-Este (recto) y también giros desde el Nor-Oeste hacia el Nor-Este. Estos movimientos corresponden a flujos secundarios que intersectan el eje principal y requieren una fase específica para minimizar conflictos.

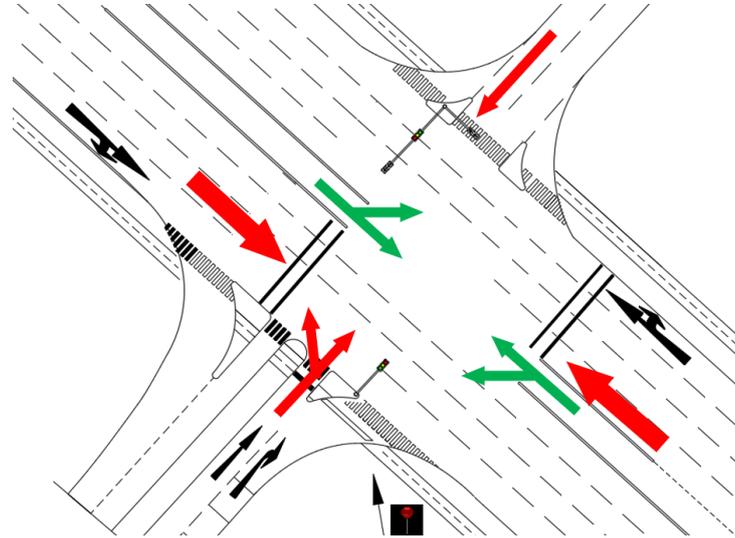
**Ilustración 26: Distribución semafórica FASE 2**



- Fase 3: Está destinada a los movimientos de retorno en U y giros a la izquierda. Esto incluye retornos desde el Sur-Este hacia el Sur-Este, desde el Nor-Oeste hacia el Nor-Oeste, así como los giros a la izquierda desde el

Sur-Oeste hacia el Sur-Este y desde el Nor-Oeste hacia el Nor-Este. Estos movimientos presentan mayores tiempos de despeje y complejidad operativa, por lo que requieren una fase exclusiva.

**Ilustración 27: Distribución semafórica FASE 3**



Fuente: Elaboración propia

Esta clasificación y asignación garantiza una separación segura de movimientos conflictivos, facilita la lectura operativa de los ciclos semafóricos y permite una programación eficiente dentro del software Synchro. La Fase 1, al comprender los carriles con mayor carga de tránsito, ha sido diseñada para operar con prioridad dentro del ciclo.

### 4.5.3 Determinación del tiempo de ciclo y reparto de tiempos semafóricos

#### 4.5.3.1 Cálculo del tiempo amarillo ( $A_i$ ) y all-red ( $TR_i$ )

Para cada fase se determina el tiempo amarillo ( $A_i$ ) utilizando la fórmula de tránsito del Manual HCM:

$$A_i = t + v / (2a + 64.4g)$$

donde:

- $t$  = tiempo de percepción-reacción (1 s)
- $v$  = velocidad de aproximación (km/h)
- $a$  = aceleración ( $m/s^2$ )
- $g$  = pendiente (se adopta 0)

Se utilizó un valor estándar de  $A_i = 4$  segundos por fase. El tiempo de todo rojo ( $TR_i$ ), correspondiente al tiempo de despeje, se adoptó como 1 segundo por fase según las condiciones geométricas de la intersección.

#### 4.5.3.2 Parámetros básicos

Los siguientes parámetros fueron establecidos con base en Synchro y hojas de cálculo en Excel:

- Tiempo total de ciclo ( $C_o$ ): 71 segundos
- Tiempo de amarillo total: 8 segundos
- Tiempo de todo rojo: 3 segundos
- Tiempo total de pérdida por ciclo ( $L$ ): 11 segundos
- Tiempo efectivo de verde total ( $gT$ ): 60 segundos

#### 4.5.3.3 Relación de flujo ( $Y_i$ )

La relación de flujo  $Y_i$  se obtiene como el cociente entre el flujo por carril  $q_i$  y el flujo de saturación estándar  $s = 1800$  veh/h/carril:

Tabla 21: Relación para distribución de verde en fases

Fase	$q_i$ (veh/h/carril)	$Y_i$
1	830	0.340
2	143	0.226
3	224	0.120

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.3.4 Cálculo del ciclo óptimo ( $C_o$ )

Aplicando la fórmula de Webster:

$$C_o = (1.5L + 5) / (1 - \sum Y_i)$$

$$C_o = (1.5 \cdot 15 + 5) / (1 - (0.175 + 0.181 + 0.150)) = 27.5 / 0.494 \approx 55.67 \text{ s}$$

Para implementación práctica y compatibilidad con Synchro, se adopta  $C_o = 71$ s.

#### 4.5.3.5 Reparto proporcional del verde efectivo ( $g_i$ )

El tiempo efectivo total de verde es:  $gT = C_o - L = 71 - 11 = 60$  s

Tabla 22: Verde efectivo

Fase	$Y_i$	$g_i$ (verde efectivo)
1	0.340	30 s
2	0.226	20 s
3	0.120	10 s

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.3.6 Ajuste a tiempos reales por fase ( $G_i$ )

Desde Excel, se ajustaron los tiempos según condiciones reales:

Tabla 23: Verde Real

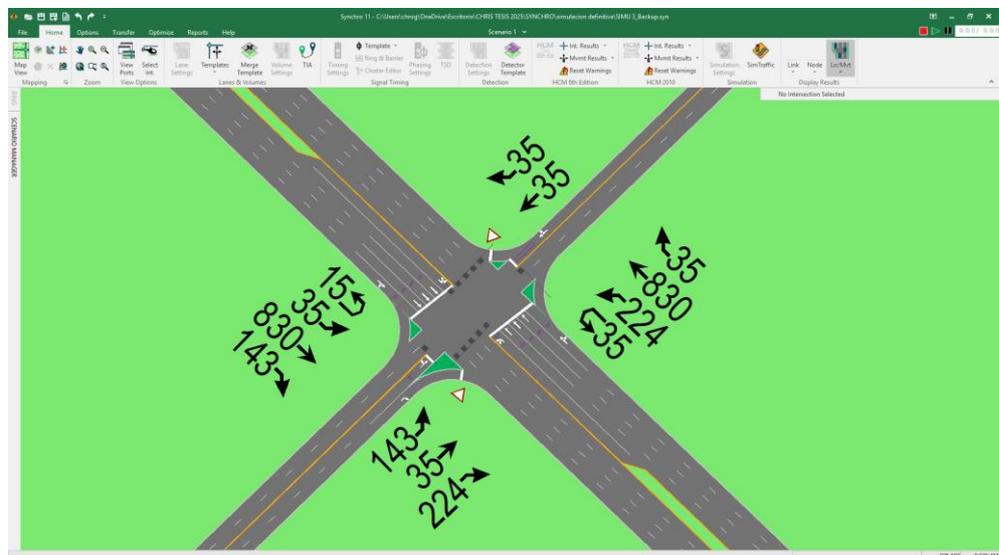
Fase	Verde efectivo $g_i$	Verde real $G_i$ (Excel)
1	30s	30 s
2	20 s	20 s
3	10 s	10 s

Fuente: Elaboración propia

### 4.6 Simulación operativa del diseño propuesto

#### 4.6.1 Modelación Synchro y Nivel de servicio por movimiento y por carril

Ilustración 28: Distribución de tráfico en Synchro



Fuente: Elaboración propia

El modelo propuesto fue simulado en el software Synchro utilizando los datos de aforo vehicular, tiempos semafóricos calculados y geometría de diseño proyectada. Los resultados muestran que el diseño presenta una operación funcional adecuada bajo demanda de hora pico, alcanzando niveles de servicio A,

B y C según los diferentes movimientos de aproximación. No se registraron niveles D, E ni F, lo cual es un indicador positivo de rendimiento.

El modelo propuesto fue simulado en el software Synchro utilizando los datos de aforo vehicular, tiempos semafóricos calculados y geometría de diseño proyectada. Los resultados muestran que el diseño presenta una operación funcional adecuada bajo demanda de hora pico, alcanzando niveles de servicio A, B y C según los diferentes movimientos de aproximación. No se registraron niveles D, E ni F, lo cual es un indicador positivo de rendimiento.

Se destaca lo siguiente:

- Reducción de demoras en movimientos principales a menos de 30 s/veh.
- Giros protegidos con flujos óptimos gracias a la canalización.
- Coordinación semafórica eficiente con un ciclo total de 71 segundos.
- Desempeño general acorde a los criterios del Manual de Capacidad Vial (HCM).

Este análisis demuestra la viabilidad funcional de la intersección propuesta, alineando los resultados del software con los criterios técnicos de eficiencia y seguridad establecidos por normativa.

Tabla 24: ICU LOS Synchro

<b>Aproximación / Movimiento</b>	<b>Volumen (veh/h)</b>	<b>Control Delay (s)</b>	<b>Total Delay (s)</b>	<b>LOS</b>
<b>SEU (Entrada sur – recto)</b>	830	5.6	5.6	A
<b>SEL (Entrada sur – izq)</b>	35	13.0	13.0	B
<b>SET (Entrada sur – derecha)</b>	143	2.0	2.0	A
<b>NWU (Entrada norte – recto)</b>	830	13.2	13.2	B
<b>NWL (Entrada norte – izq)</b>	35	29.0	29.0	C
<b>NWT (Entrada norte – derecha)</b>	224	13.2	13.2	B
<b>NEL, NET, NER (Salida Facultad)</b>	143/35/224	26.8 – 0.2	26.8 – 0.2	B / A
<b>SWL, SWT, SWR (Vías laterales)</b>	0–35	11.8 – 0.2	11.8 – 0.2	B / A

Fuente: Elaboración propia

## **4.7 Comparación de situación actual**

En el tramo de vía analizada, la situación actual muestra un tramo de la Av. 25 de junio con una configuración de ocho carriles (cuatro por sentido), sin control semafórico, sin ramales de giro protegidos, y sin conectividad directa para el ingreso o salida desde la Facultad de Agronomía. Esta configuración obliga a los vehículos que se dirigen desde zonas como Santa Rosa, Pasaje o El Guabo hacia la Facultad a recorrer distancias adicionales hasta el redondel ubicado cerca del terminal terrestre para realizar un retorno, incrementando tiempos de viaje, consumo de combustible y niveles de congestión.

Con la propuesta desarrollada en esta investigación, se introduce una intersección semaforizada con canalizaciones, islas de giro protegido, ramales directos de ingreso y salida, y sincronización de fases. A través de la simulación en Synchro, se valida que las nuevas conexiones reducen significativamente la distancia y el tiempo requerido para acceder a la Facultad. Esto se refleja en una operación más eficiente, con nivel de servicio promedio B en la mayoría de los movimientos, en comparación con la situación actual donde el cruce informal genera un riesgo para los peatones y pérdida de tiempo. La evaluación demuestra que la propuesta mejora el flujo vehicular, reduce la conflictividad, eleva la seguridad vial y peatonal.

### **4.7.1 Análisis comparativo de indicadores operativos**

A partir de la simulación realizada en Synchro 11, se evaluaron los principales indicadores de operación vial bajo la situación actual y la propuesta diseñada. Los resultados obtenidos se resumen a continuación:

Tabla 25: Analisis comparativo

Indicador	Situación Actual	Propuesta Semaforizada
<b>Demora promedio por vehículo (control delay)</b>	No aplica, ya que no existe control de acceso.	Entre 8.3 y 22.4 segundos/vehículo por movimiento.
<b>Nivel de servicio (LOS)</b>	La fluidez es alta en la vía principal, pero al no existir giros, se generan trayectos prolongados y mayor consumo de combustible.	LOS C como promedio general, con niveles A, B y C según el giro y brazo.
<b>Longitud de cola máxima</b>	No se dispone de mediciones confiables debido a la inexistencia de control semafórico.	Entre 31 y 56 metros por movimiento, dentro del rango aceptable.
<b>Movilidad de ingreso y retorno</b>	Acceso indirecto, largos recorridos y maniobras riesgosas.	Giros directos, seguros y controlados con semáforos y canalización.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7.2 Validación técnica según normativa NEVI-12 y guía técnica

Tabla 26: Criterios de validacion NEVI12

Tipo de intersección	Capacidad media de diseño por carril (veh/h*carril)	Número Máximo de carriles	Restricciones
<b>Semáforo</b>	750	5	Se puede restringir movimientos
<b>Redondel</b>	600	2	Se requiere gran espacio
<b>PARE</b>	200	2	Se dificulta el paso de la vía secundaria cuando existen un volumen elevado en la vía principal

Fuente: Elaboración propia

La propuesta desarrollada fue validada conforme a la normativa ecuatoriana NEVI-12 y la guía técnica para diseño de intersecciones urbanas. En particular, se comprobó que:

Tabla 27: Criterios de diseño en la propuesta

<b>Componente</b>	<b>Descripción de la propuesta</b>
<b>Radios de giro</b>	Los radios mínimos proyectados cumplen con los requerimientos para vehículos livianos (autos) y vehículos pesados (buses), según los datos geométricos y simulaciones con AutoTURN.
<b>Carriles de aproximación</b>	Se diseñaron conforme a la demanda aforada y criterios del HCM, incluyendo carriles exclusivos para giros y suficientes longitudes de almacenamiento.
<b>Tiempos semafóricos</b>	Calculados en base al volumen aforado actualizado y ajustados en Synchro, cumpliendo con la lógica de fases, tiempos verdes, amarillos y todo rojo establecidos por normativa.
<b>Canalización</b>	Se integraron islas de canalización y divisoras según los principios técnicos establecidos, como control de ángulos, reducción de conflictos y prioridad al flujo principal.
<b>Simulación</b>	El diseño geométrico fue simulado y validado en Synchro 11, lo que permite confirmar que la operación proyectada mejora la seguridad y funcionalidad general de la intersección.

Fuente: Elaboración propia

Esta validación técnica respalda la viabilidad del diseño propuesto, asegurando su factibilidad operativa y su adecuación a las normativas vigentes en Ecuador.

#### 4.7.3 Validación del diseño

- Todos los movimientos principales (rectos y giros) se encuentran dentro de los niveles de servicio A, B o C.
- No se reportan condiciones críticas (D, E o F) en ningún punto de la intersección.
- Los resultados obtenidos son consistentes con la demanda aforada, los ciclos semafóricos optimizados ( $C_o = 71$  s) y la capacidad vial configurada.
- El diseño geométrico y semafórico propuesto cumple satisfactoriamente con las normas técnicas y ofrece condiciones óptimas de operación para los flujos actuales y futuros.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones respecto a los objetivos**

- Se llevó a cabo una revisión teórica y contextual amplia sobre el diseño geométrico vial, lo cual permitió establecer una base sólida para el desarrollo de la propuesta. Se recopilaron normativas como la NEVI-12 y se analizaron experiencias previas aplicables a la realidad del sector estudiado, consolidando así los fundamentos técnicos necesarios para abordar el problema de conectividad y seguridad en la zona académica de Machala.
- A partir del diagnóstico situacional y el análisis topográfico, se formuló una propuesta geométrica de intersección canalizada y semaforizada, que optimiza los movimientos vehiculares de entrada y salida a la Facultad de Ciencias Agropecuarias. El diseño contempló anchos de carril normativos, radios mínimos de giro, sobreanchos para vehículos pesados, canalizaciones mediante islas, carriles exclusivos y señalización estructurada, todo conforme a los parámetros técnicos establecidos en la normativa vigente.
- La validación de la propuesta mediante el software Synchro permitió comparar su desempeño frente a la condición actual de flujo libre. Los resultados evidenciaron mejoras en seguridad, fluidez y eficiencia operativa. Se obtuvo un nivel de servicio A, B o C según el ramal, y un ciclo semafórico total de 71 segundos, lo que evidencia un diseño técnicamente viable y funcional para ordenar los flujos vehiculares y reducir riesgos de colisión o maniobras improvisadas.

### **5.2 Conclusión general**

- La propuesta desarrollada transforma un entorno conflictivo y desorganizado en una intersección técnica, segura y eficiente. La incorporación de principios geométricos, control semafórico y validación por simulación demuestra que es posible mejorar la movilidad urbana mediante soluciones estructuradas basadas en evidencia técnica y normativa. La implementación del diseño propuesto representa un avance significativo hacia una infraestructura vial más ordenada y segura para los usuarios del sector académico de Machala.

### 5.3 Recomendaciones

- Se recomienda ejecutar la propuesta de intersección conforme a los planos y parámetros geométricos desarrollados, respetando los radios de giro calculados, los sobrecanchos asignados para maniobras de vehículos pesados, los anchos normativos de carril y las dimensiones de las islas canalizadoras. Asimismo, es fundamental implementar el sistema semafórico con un tiempo de ciclo total de 71 segundos, incluyendo los tiempos verdes, amarillos y all-red definidos para cada fase, tal como se estableció en la simulación validada mediante el software Synchro. La instalación de señalización horizontal y vertical debe seguir las especificaciones de la normativa NEVI-12, garantizando una correcta visibilidad en condiciones diurnas y nocturnas.
- Durante el primer año de funcionamiento, se sugiere realizar un monitoreo técnico constante que permita evaluar los tiempos de demora, el comportamiento del flujo vehicular y la seguridad vial general. Para ello, pueden emplearse métodos de aforo periódico, observación directa y análisis comparativo de niveles de servicio. Este seguimiento permitirá ajustar oportunamente la programación semafórica, optimizar la operación del cruce y evitar degradaciones en el nivel de servicio. Asimismo, se recomienda promover auditorías de seguridad vial al sexto y duodécimo mes con participación de autoridades técnicas y operadores locales.
- Desde el punto de vista normativo, se propone gestionar ante los entes competentes la incorporación de los criterios establecidos en la guía NEVI-12 como estándar obligatorio para futuros desarrollos de intersecciones urbanas. Además, se sugiere documentar la experiencia desarrollada en este proyecto como caso piloto, de modo que pueda ser replicado en otras vías urbanas con características geométricas y de demanda similares. La elaboración de manuales operativos para el manejo de controladores semafóricos programados será de gran utilidad para el personal técnico responsable de la operación y mantenimiento de la infraestructura.
- Finalmente, se considera indispensable informar y sensibilizar a la ciudadanía sobre la transición del sistema de flujo libre desordenado hacia una intersección canalizada y semaforizada. Este proceso de comunicación debe enfocarse en los beneficios obtenidos en términos de seguridad vial, ordenamiento del tránsito y reducción de conflictos. Asimismo, se recomienda fomentar la participación

activa de usuarios y operadores en el seguimiento post-implementación, integrando sus observaciones como parte del proceso continuo de mejora.

## Referencias

- AASHTO. (2011). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. *American Association of State Highway and Transportation*.
- Ahmed, A., Sadullah, A. F., & Yahya, A. S. (2021). Analysis of the effect of directional traffic volume and mix on road traffic crashes at three-legged unsignalized intersections. *Transportation Engineering*, 1.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.treng.2021.100052>
- Alba Menéndez, M. L., & Hernández Menéndez, O. (2020). Análisis de sincronización de semáforos utilizando el programa Synchro. *Infraestructura Vial / LanammeUCR*, 1,6-9. doi:<https://doi.org/10.15517/IV.V22I39.40953>
- Babić, D., Babić, D., Fiolić, M., & Ferko, M. (2022). Road Markings and Signs in Road Safety. *Encyclopedia of Engineering*, 1.  
doi:<https://doi.org/10.3390/encyclopedia2040119>
- Baque Parrales, E. M., Moll Martínez, R., Moreno Ponce, L. A., & Solórzano Villegas, L. E. (2022). Evaluación de la accidentalidad en la zona urbana de Jipijapa por deficiencias en la señalización vertical. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 1,5,8,9,10. doi:<https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss45.2022pp74-83>
- Bonela, S. R., & Kadali, B. R. (2022). Review of traffic safety evaluation at T-intersections using surrogate safety measures in developing countries context. *IATSS Research*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2022.03.001>
- Cabrera Amaique, J. (2024). Diseño, análisis y detección de patrones de movilidad urbana en Guayaquil mediante algoritmos de aprendizaje supervisado. *YUYAY: Estrategias, Metodologías & Didácticas Educativas*, 3,7.  
doi:<https://doi.org/10.59343/yuyay.v3i2.70>
- Felizia, J., & Felicia, L. (2015). Highway Capacity Manual 2010 Autopistas. *Universidad Nacional de Cuyo*.

- Gallo, M., & Marinelli, M. (2020). Sustainable Mobility: A Review of Possible Actions and Policies. *Sustainability*, 1,3. doi:<https://doi.org/10.3390/su12187499>
- García Ramírez, Y., & Carvallo, S. (2024). Enhancing intersection safety: Testing measures to reduce law violations in Loja (Ecuador). *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 1,11-12. doi:<https://doi.org/10.24294/jipd.v8i12.9012>
- Gómez, J., & Delgado, D. (2022). El congestionamiento vehicular, análisis y propuesta de solución: intersección semaforizada entre avenidas América y Reales Tamarindos, Portoviejo, Ecuador. *Investigación & Desarrollo (Universidad Técnica de Machala)*, 173-202. doi:<https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1732>
- Gupta Gupta, G., Anand Anand, A., Raj Raj, A., & Robert George, B. R. (2022). Study of traffic volumes. *International Journal of*, 1. doi:<https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS1.7363>
- Huo, Y., Zhao, J., Li, X., & Guo, C. (2021). Using fuzzy clustering of user perception to determine the number of level-of-service categories for bus rapid transit. *Journal of Public Transportation*. doi:<https://doi.org/10.5038/2375-0901.23.2.3>
- Hussein, N. (2022). Synchro Software-Based Alternatives for Improving Traffic Operations at Signalized Intersections. *ARO – The Scientific Journal of Koya University*, 1,6,7-8. doi:<https://doi.org/10.14500/aro.10915>
- Ketter, W., Schroer, K., & Valogianni, K. (2023). Information Systems Research for Smart Sustainable Mobility: A Framework and Call for Action. *Information Systems Research*, 1,3,6. doi:<https://doi.org/10.1287/isre.2022.1167>
- Khanmohamadi, M., & Guerrieri, M. (2025). Smart Intersections and Connected Autonomous Vehicles for Sustainable Smart Cities: A Brief Review. *Sustainability*, 1,2,4. doi:<https://doi.org/10.3390/su17073254>
- León Torres, L. M., Villarruel Meythaler, F. S., Campoverde Muñoz, J. L., & Guerra Soria, S. L. (2023). Análisis de las intersecciones aledañas al terminal terrestre de la ciudad de Tena -Ecuador. *Holopraxis*, 2,4,25,28-29. doi:<https://doi.org/10.61154/holopraxis.v8i1.3460>
- Liu Liu, S., Xiong Xiong, H., Li Li, Y., & Liu Liu, Y. (2023). Impacts of automated passenger cars on the capacity of a freeway basic section under various lane-

- changing conditions. *Digital Transportation and Safety*, Vol. 2(4), pp. 298–307,  
1. doi:<http://dx.doi.org/10.48130/DTS-2023-0025>
- MACHALA, G. (2019). *PDOT MACHALA*.
- Majstorović, Ž., Tišljarić, L., Ivanjko, E., & Carić, T. (2023). Urban Traffic Signal Control under Mixed Traffic Flows: Literature Review. *Applied Sciences*, 5-6.  
doi:<https://doi.org/10.3390/app13074484>
- Mayorov, V. I., Denisenko, V. V., & Solovev, S. G. (2023). A systemic approach to road safety in the EU. *Jurídicas CUC*, 1,6.  
doi:<https://doi.org/10.17981/juridcuc.19.1.2023.09>
- MTOP. (2013). *Normas para estudios y diseños viales*. Ministerio de Transporte y Obras Públicas.
- NEVI12. (2013). *Norma para estudios y diseños viales*. MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas).
- Ojha, K. N. (2021). Road safety status and some initiatives in Nepal. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (ITEGAM-JETIA)*, 20.  
doi:<https://doi.org/10.5935/jetia.v7i27.713>
- Paucara Rojas, M., Avilés Córdova, S. E., & Huaquisto Cáceres, S. (2023). Utilización de la microsimulación para el estudio de tráfico vehicular en vías urbanas. *Investigación & Desarrollo (Universidad Privada de Bolivia)*, 1,6-9.  
doi:<https://doi.org/10.23881/idupbo.023.1-5i>
- Pedraza Farías, S. R., Cáceres Castellanos, G., & Quevedo Reyes, J. E. (2025). Smart Mobility: Road Incident Monitoring System for Urban Traffic Management. *Revista Facultad de Ingeniería (Tunja)*, 1-2.  
doi:<https://doi.org/10.19053/01211129.v34.n71.2025.19015>
- Pineda Mayuza, S. I. (2025). Challenges and opportunities of urban mobility in Latin America: strategies toward sustainable development. *DYNA*, 1,2,4.  
doi:<https://doi.org/10.15446/dyna.v92n237.119033>
- Rajha, R., Shiode, S., & Shiode, N. (2025). Improving Traffic-Flow Prediction Using Proximity to Urban Features and Public Space. *Sustainability*, 1.  
doi:<https://doi.org/10.3390/su17010068>

- Rodríguez Polo, K. A., Moreno Anselmi, L. Á., Gaviria Mendoza, C. A., & Ospina García, M. Á. (2023). Evaluación operacional del BRT mediante microsimulación en la avenida 68 de la ciudad de Bogotá. *Tecnura: Ciencia, Tecnología e Ingeniería (Universidad Distrital Francisco José de Caldas)*, 1,14-18. doi:<https://doi.org/10.14483/22487638.17741>
- Shepelev, V., Glushkov, A., Gritsenko, A., Nevolin, D., & Vorobyev, A. (2022). Assessing the Traffic Capacity of Urban Road Intersections. *Frontiers in Built Environment*, 1,2,4. doi:<https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.968846>
- Sudhakaran, G. M., Booth, C. A., Prabhakaran, A., Abbey, S. J., Georgakis, P., Renuappa, S., . . . Hilse, V. S. (2025). Road safety of micro-mobility and vulnerable road users: Insights and issues from a world café. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2. doi:<https://doi.org/10.1080/15568318.2025.2522370>
- Tanikawa Obregón, K., & Paz Gómez, D. M. (2021). El peatón como base de una movilidad urbana sostenible en Latinoamérica: una visión para construir ciudades del futuro. *Revista Brasileira de Controle de Tráfego (RBCT)*, 1,2,3. doi:<https://doi.org/10.15446/rbct.n50.94842>
- Zhang, X., Fan, X., Yu, S., Shan, A., Fan, S., Xiao, Y., & Dang, F. (2022). Intersection Signal Timing Optimization: A Multi-Objective Evolutionary Algorithm. *Sustainability*, 1-2. doi:<https://doi.org/10.3390/su14031506>

# ANEXOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PLANO DE UBICACIÓN



SECTOR: PARRAQUITA  
CANTÓN: MACHALA  
PROVINCIA: ELIZABETH  
AV. 25 DE JUNIO Y LA ENTRADA MACHALA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE  
LA INTERSECCIÓN EN LA  
AV. 25 DE JUNIO Y LA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS DE LA  
UTMACH

LONGITUDES Y RADIOS DE  
GIRO.

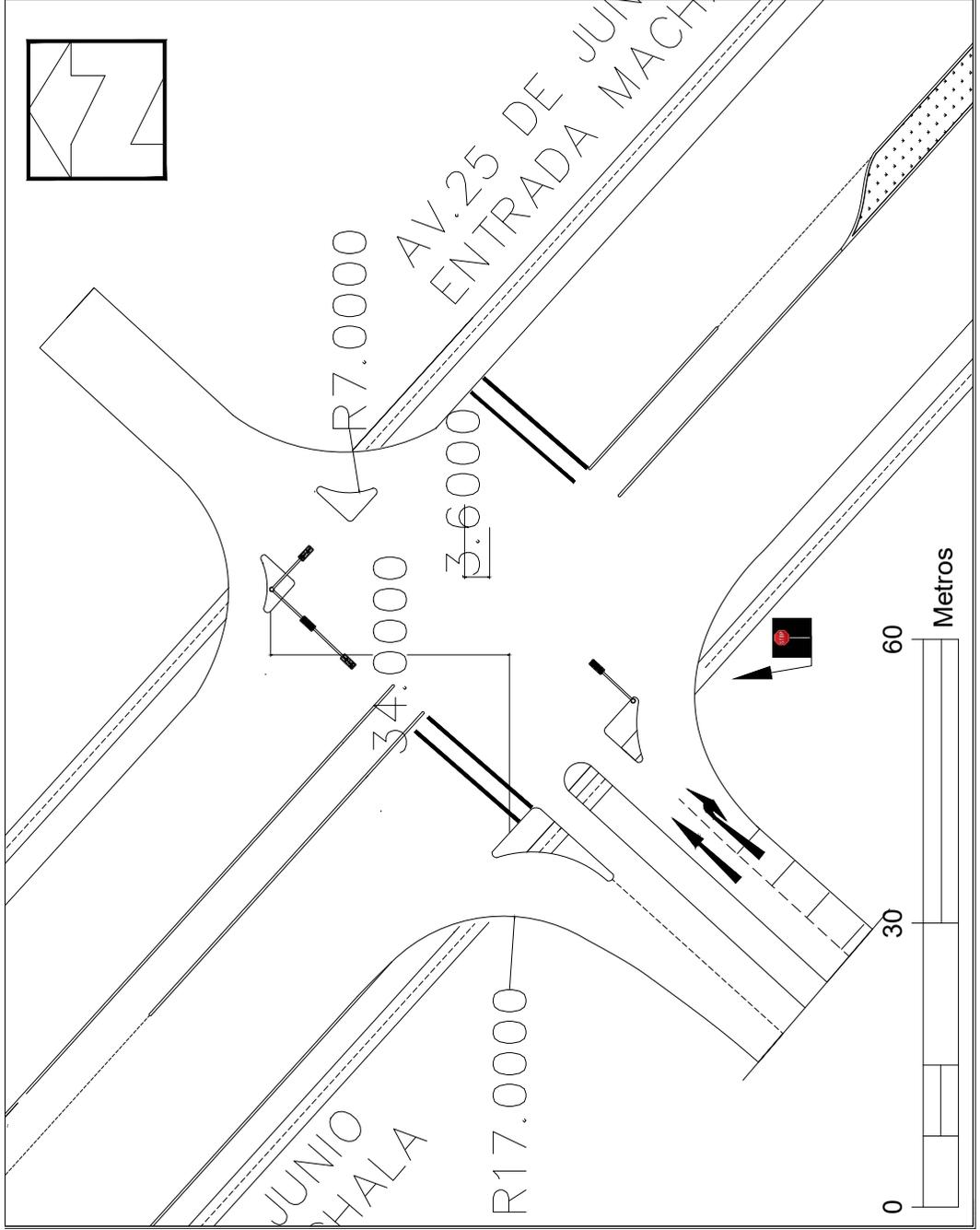
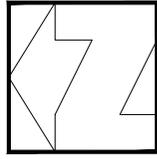
REVISADO POR:  
Ing. civ. Yudy Patricia Medina Sanchez, Mg. Sc.

DISEÑADO POR:  
CHRISTIAN J. AGUIRRE  
CALVAS

FECHA:  
20/07/2025

ESCALA:  
1:500

LAMINA  
**1/6**





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 PLANO DE UBICACIÓN



SECTOR: AV. 25 DE JUNIO Y LA PAZ  
 CANTÓN: MACHALA  
 PROVINCIA: EL ORO

PARROQUIA: MACHALA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE

LA INTERSECCIÓN EN LA

AV. 25 DE JUNIO Y LA

FACULTAD DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS DE LA

UTMACH

LONGITUDES DE RAMALES

CANALIZADOS

REVISADO POR:  
 Ing. Cív. Yudy Patricia Medina Sanchez, Mge

DISEÑADO POR:  
 CHRISTIAN J. AGUIRRE  
 CALVAS

FECHA:  
 20/07/2025

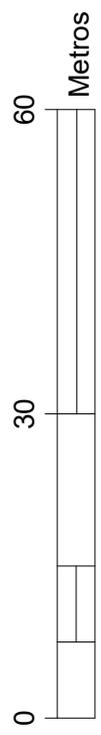
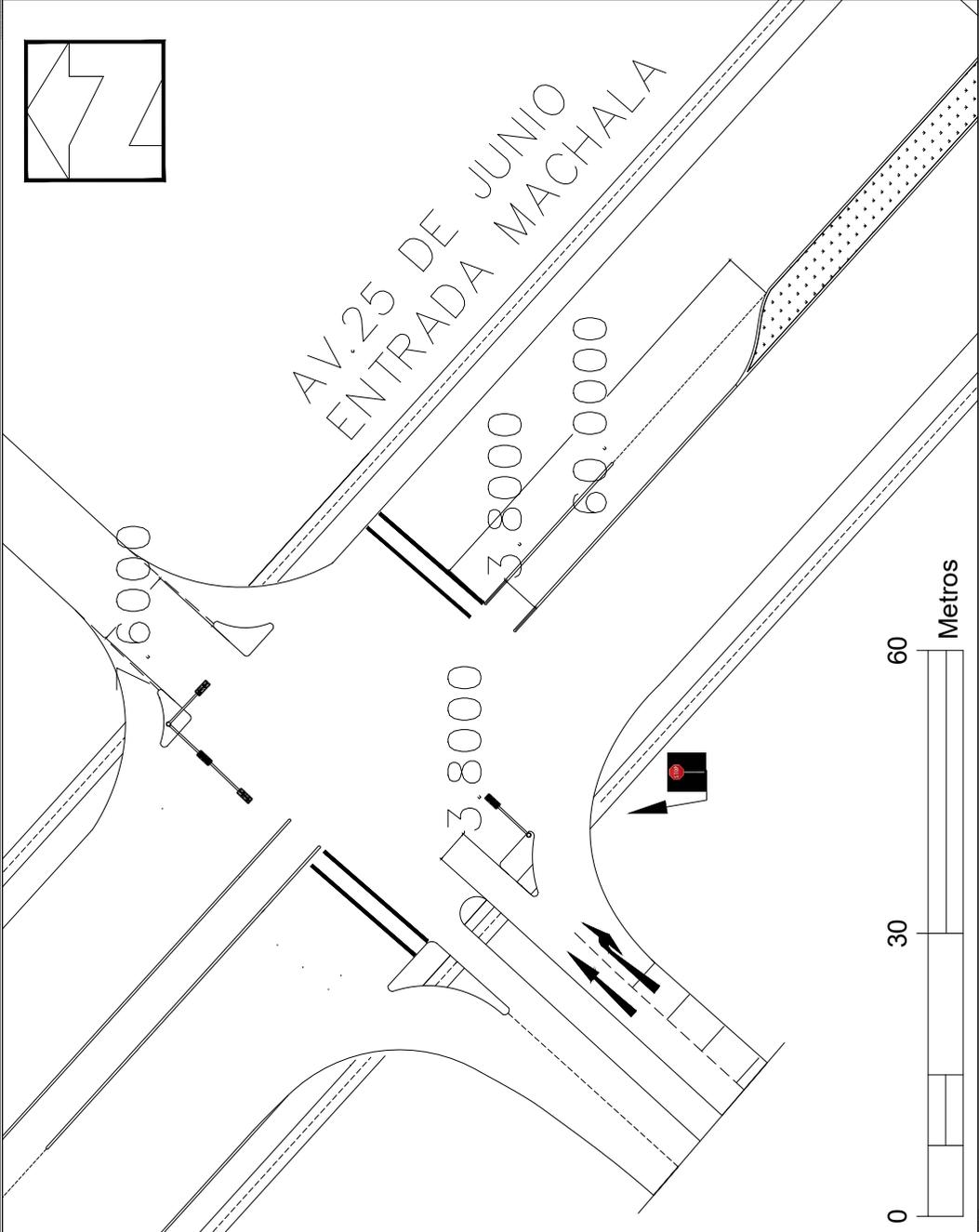
ESCALA:  
 1:500

LAMINA

2/6



AV. 25 DE JUNIO  
 ENTRADA MACHALA





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 PLANO DE UBICACIÓN



SECTOR: JUNIO Y LA ENTRADA MACHALA  
 CANTÓN: GUAYAS  
 PROVINCIA: EL ZARZANO

PARRAQUIA: MACHALA  
 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN EN LA AV.25 DE JUNIO Y LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UTMACH

SEÑALIZACIÓN  
 HORIZONTAL Y VERTICAL

REVISADO POR:  
 Ing. Ctr. Yudy Patricia Medina Sanchez, Mgs.

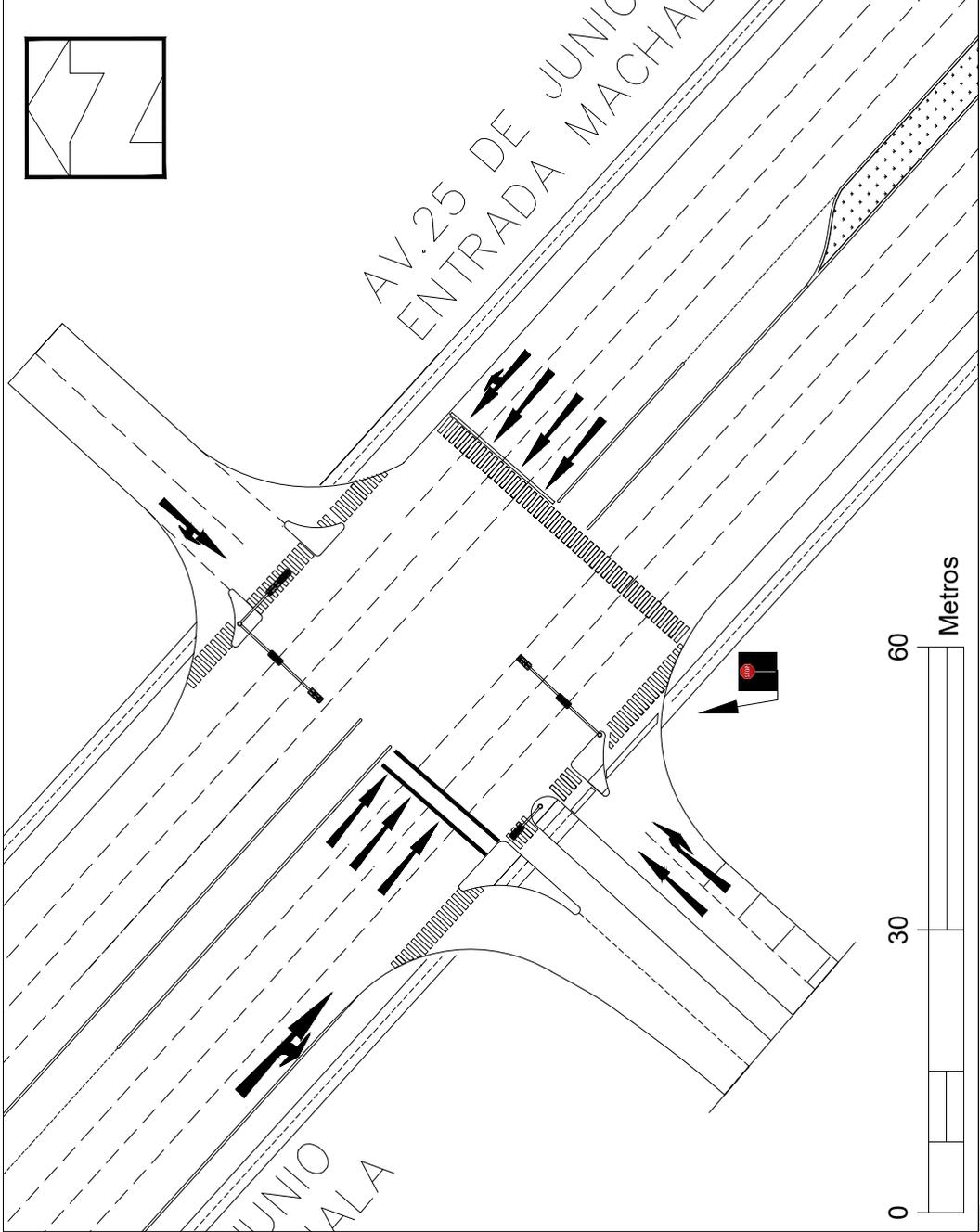
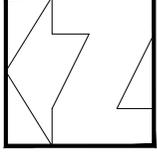
DISEÑADO POR:  
 CHRISTIAN J. AGUIRRE CALVAS

FECHA:  
 20/07/2025

ESCALA:  
 1:500

LAMINA

3/6





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 PLANO DE UBICACIÓN



SECTOR: AV. 25 DE JUNIO Y LA PAZ  
 CANTÓN: MACHALA  
 PARROQUIA: MACHALA  
 PROVINCIA: EL GUAYO

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN EN LA AV. 25 DE JUNIO Y LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UTMACH

RADIOS DE GIRO VEHICULAR TRACKING FASE 1

REVISADO POR:  
 Ing. Ch. Yudy Patricia Medina Sanchez, Mge

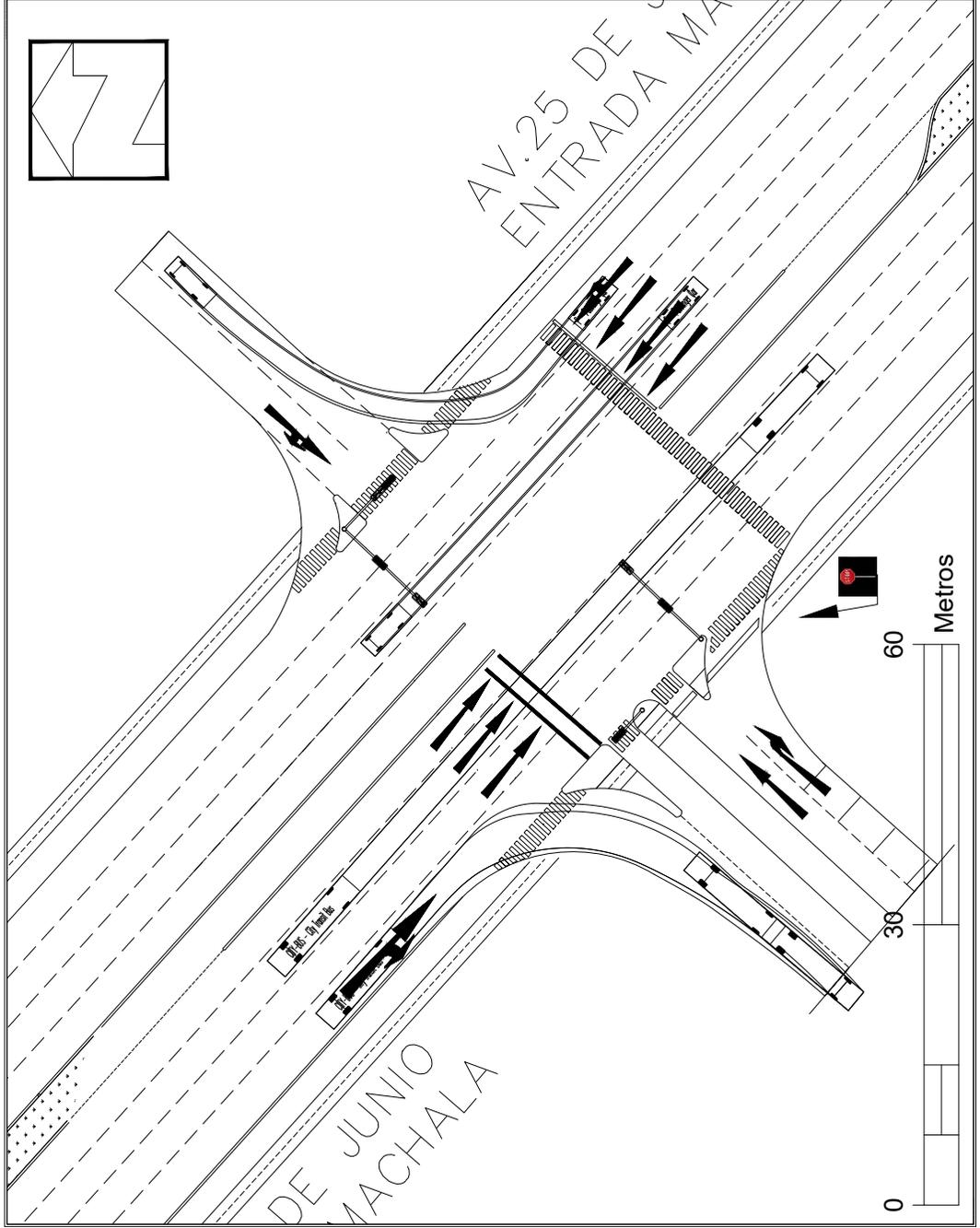
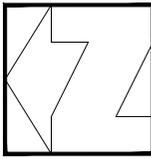
DISEÑADO POR:  
 CHRISTIAN J. AGUIRRE CALVAS

FECHA:  
 20/07/2025

ESCALA:  
 1:500

LAMINA

4/6





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 PLANO DE UBICACIÓN



SECTOR: AV. 25 DE JUNIO Y LA MACHALA  
 PARROQUIA: MACHALA  
 CANTÓN: MACHALA  
 PROVINCIA: EL GUAYO

DISEÑO GEOMÉTRICO DE  
 LA INTERSECCIÓN EN LA  
 AV. 25 DE JUNIO Y LA  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 AGROPECUARIAS DE LA  
 UTMACH

RADIOS DE GIRO VEHICULO  
 TRACKING FASE 2

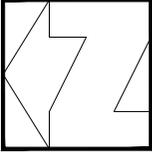
REVISADO POR:  
 Ing. Ch. Yudy Patricia Medina Sanchez, Mgs.

DISEÑADO POR:  
 CHRISTIAN J. AGUIRRE  
 CALVAS

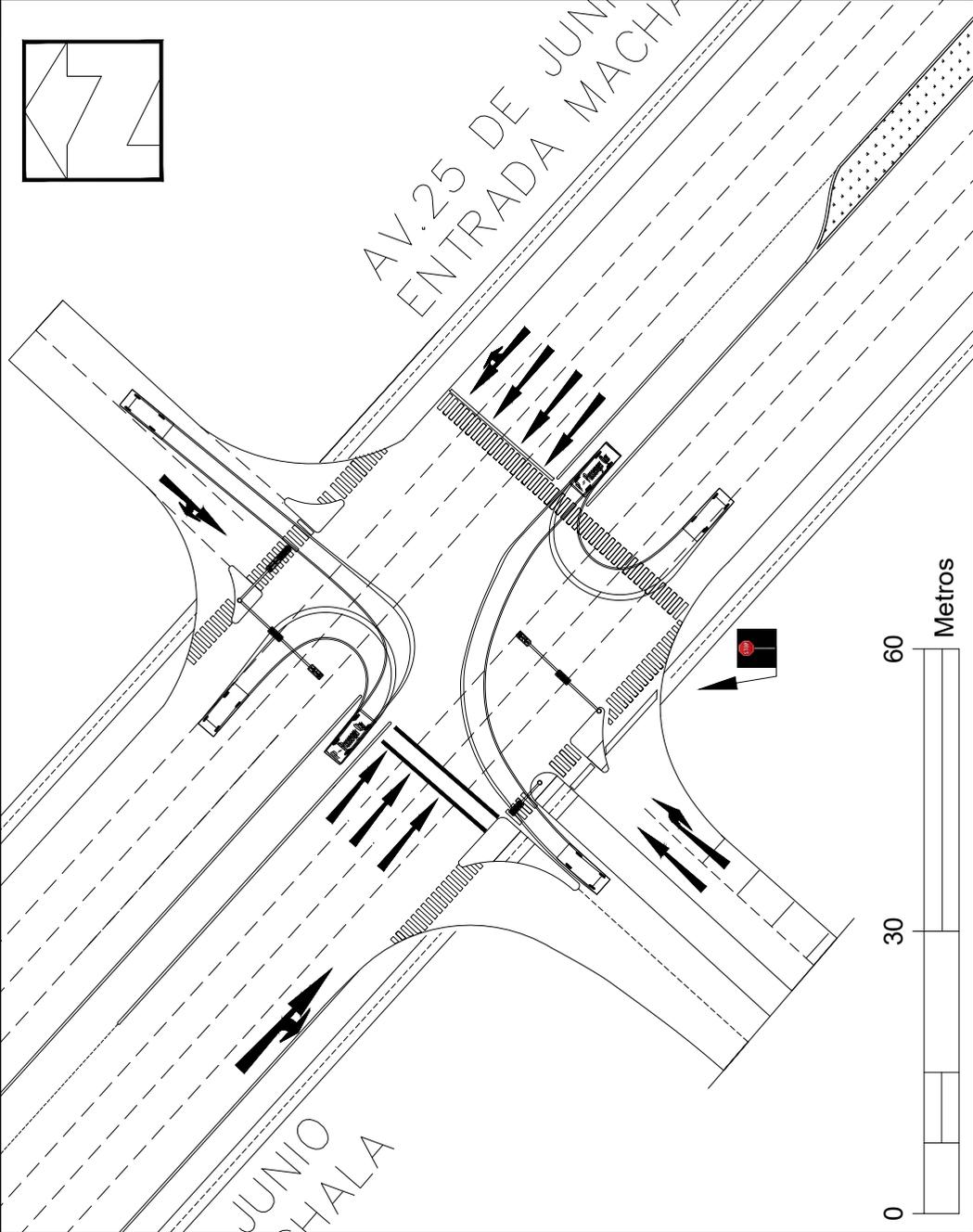
FECHA:  
 20/07/2025

ESCALA:  
 1:500

LAMINA  
 5/6



AV. 25 DE JUNIO  
 ENTRADA MACHALA



JUNIO  
 HALA





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
**PLANO DE UBICACIÓN**



SECTOR: **LA CHALA**  
 CANTÓN: **LA CHALA**  
 PROVINCIA: **EL GUAYO**

PARROQUIA: **LA CHALA**  
 DISTRITO: **LA CHALA**

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN EN LA AV.25 DE JUNIO Y LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UTMACH**

**RADIOS DE GIRO VEHICLE TRACKING FASE 3**

REVISADO POR:  
 Ing. Cte. Yudy Patricia Medina Saucedo, Mge.

**DISEÑADO POR:  
 CHRISTIAN J. AGUIRRE CALVAS**

FECHA:  
 20/07/2025

ESCALA:  
 1:500

LAMINA  
**6/6**

