



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS DEL TRAZADO GEOMÉTRICO DE UNA ROTONDA  
UBICADA EN LA INTERSECCIÓN DE LAS VÍAS E584 Y E59 DE LA  
CIUDAD DE PASAJE**

**LEON VALLADOLID ANTHONY STEVEN  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS DEL TRAZADO GEOMÉTRICO DE UNA ROTONDA  
UBICADA EN LA INTERSECCIÓN DE LAS VÍAS E584 Y E59 DE  
LA CIUDAD DE PASAJE**

**LEON VALLADOLID ANTHONY STEVEN  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**ANÁLISIS DEL TRAZADO GEOMÉTRICO DE UNA ROTONDA  
UBICADA EN LA INTERSECCIÓN DE LAS VÍAS E584 Y E59 DE  
LA CIUDAD DE PASAJE**

**LEON VALLADOLID ANTHONY STEVEN  
INGENIERO CIVIL**

**OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER**

**MACHALA  
2024**

# ANÁLISIS DEL TRAZADO GEOMÉTRICO DE UNA ROTONDA UBICADA EN LA INTERSECCIÓN DE LAS VÍAS E584 Y E59 DE LA CIUDAD DE PASAJE\_ ANTHONY STEVEN LEÓN VALLADOLID




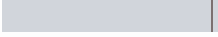

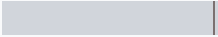

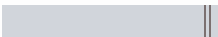

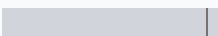





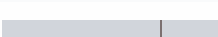



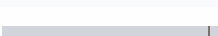

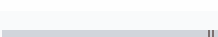

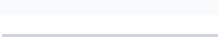

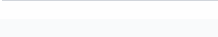

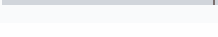

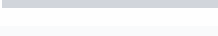

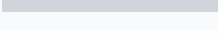

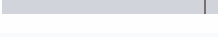

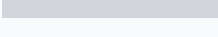




**Nombre del documento:** ANÁLISIS DEL TRAZADO GEOMÉTRICO DE UNA ROTONDA UBICADA EN LA INTERSECCIÓN DE LAS VÍAS E584 Y E59 DE LA CIUDAD DE PASAJE\_ ANTHONY STEVEN LEÓN VALLADOLID.pdf  
**ID del documento:** 91abee6a8ffaafa8345cf7067f68a37d5b63f6d7  
**Tamaño del documento original:** 2,86 MB  
**Autores:** []


**Depositante:** Oyola Estrada Erwin Javier  
**Fecha de depósito:** 7/2/2025  
**Tipo de carga:** interface  
**fecha de fin de análisis:** 7/2/2025

**Número de palabras:** 10.823  
**Número de caracteres:** 77.366

Ubicación de las similitudes en el documento:

**Fuentes ignoradas** Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 <b>Tesis Felipe Vacacela fin.docx</b>   Tesis Felipe Vacacela fin #aee3a2 El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
2	 <b>doi.org</b>   Impact of Splitter-Island on Pedestrian Safety at Roundabout Using Surroga... <a href="https://doi.org/10.3390/su15065359">https://doi.org/10.3390/su15065359</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
3	 <b>doi.org</b>   Geometric Design of Suburban Roundabouts <a href="https://doi.org/10.3390/encyclopedia1030056">https://doi.org/10.3390/encyclopedia1030056</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
4	 <b>doi.org</b>   Research on Speeds at Roundabouts for the Needs of Sustainable Traffic M... <a href="https://doi.org/10.3390/su13010399">https://doi.org/10.3390/su13010399</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
5	 <b>civilejournal.org</b>   Assessing the Effect of Geometric Design and Land Use on Round... <a href="https://civilejournal.org/index.php/cej/article/view/5307">https://civilejournal.org/index.php/cej/article/view/5307</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
6	 <b>www.redalyc.org</b>   Uso de un vehículo aéreo no tripulado como alternativa para gen... <a href="https://www.redalyc.org/journal/5722/572273150005/">https://www.redalyc.org/journal/5722/572273150005/</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
7	 <b>repositorio.upla.edu.pe</b> <a href="https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/6229/T037_42745158_T.pdf?sequ...">https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/6229/T037_42745158_T.pdf?sequ...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
8	 <b>repositorio.upla.edu.pe</b> <a href="https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/6229/T037_42745158_T.pdf?sequ...">https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/6229/T037_42745158_T.pdf?sequ...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
9	 <b>repository.ucc.edu.co</b> <a href="https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e38560c5-49a5-4f47-8981-60784dfed8d...">https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e38560c5-49a5-4f47-8981-60784dfed8d...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
10	 <b>doi.org</b>   An Overview of the Efficiency of Roundabouts: Design Aspects and Contribu... <a href="https://doi.org/10.3390/vehicles6010019">https://doi.org/10.3390/vehicles6010019</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
11	 <b>dx.doi.org</b> <a href="http://dx.doi.org/10.33936/riemat.v6i2">http://dx.doi.org/10.33936/riemat.v6i2</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
12	 <b>doi.org</b>   Dense Vehicle Counting Estimation via a Synergism Attention Network <a href="https://doi.org/10.3390/electronics11223792">https://doi.org/10.3390/electronics11223792</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
13	 <b>doi.org</b>   Cooperative Roundabout Control Strategy for Connected and Autonomous ... <a href="https://doi.org/10.3390/app122412678">https://doi.org/10.3390/app122412678</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
14	 <b>doi.org</b>   Análisis del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Manabí y Am... <a href="https://doi.org/10.33936/riemat.v6i2.4287">https://doi.org/10.33936/riemat.v6i2.4287</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
15	 <b>doi.org</b>   The Design Vehicle Steering Path Construction Based on the Hairpin Bend G... <a href="https://doi.org/10.3390/app122111019">https://doi.org/10.3390/app122111019</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
16	 <b>Documento de otro usuario</b> #f7d38c El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)
17	 <b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b> <a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/670318/Rodriguez_NM.pdf?se...">https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/670318/Rodriguez_NM.pdf?se...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
18	 <b>dx.doi.org</b>   Estudio de la calidad de circulación mediante su capacidad vehicular y ni... <a href="http://dx.doi.org/10.56048/mqr20225.8.1.2024.1070-1087">http://dx.doi.org/10.56048/mqr20225.8.1.2024.1070-1087</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
19	 <b>Documento de otro usuario</b> #e09bdc El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
20	 <b>dx.doi.org</b>   Оцінка ефективності функціонування перехрестя з круговим рухом <a href="http://dx.doi.org/10.36910/automash.v2i21.1228">http://dx.doi.org/10.36910/automash.v2i21.1228</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)

« < 1 2 > »

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

- 1  <https://doi.org/10.21307/tp-2020-013>
- 2  <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.108>
- 3  <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490001>
- 4  <https://doi.org/10.2174/1874447802014010120>
- 5  <https://doi.org/10.37934/araset.34.1.279288>



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

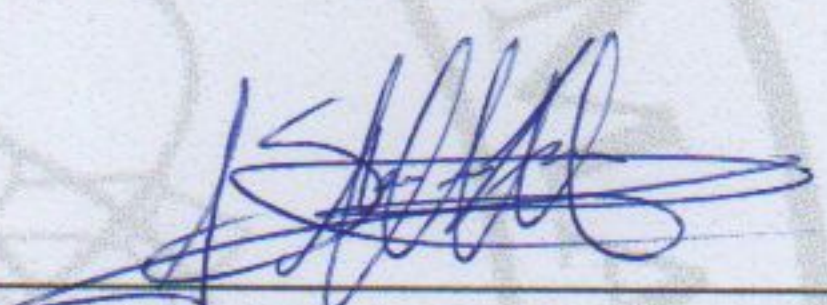
El que suscribe, LEON VALLADOLID ANTHONY STEVEN, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DEL TRAZADO GEOMÉTRICO DE UNA ROTONDA UBICADA EN LA INTERSECCIÓN DE LAS VÍAS E584 Y E59 DE LA CIUDAD DE PASAJE, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico 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.



LEON VALLADOLID ANTHONY STEVEN

0707234431



## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado con todo mi amor y gratitud a quienes han sido mi pilar y mi inspiración en cada paso de este camino.

A mis padres, Zoila Amada Valladolid y Luis León Mendieta, mis hermanos Larisa León y Paul Romero, quienes están conmigo en cada momento apoyándome y brindándome todo su cariño y paciencia.

A Rita Ramón y Víctor Hugo Ayala, por ser siempre incondicionales y estar presentes ante cualquier adversidad que se me presente.

A Dayana Chávez Huanga, Kristell Saraguro Huanga y Julia Huanga Huanga, por ser el sostén de mi vida, siendo mi segunda familia, brindándome todo su amor, guía y respeto.

Y finalmente a mis amigos, Milton Martínez, Raymond Riofrio y Cristopher Valarezo, por ser esas personas que siempre me motivan a seguir adelante con sus palabras, apoyo y fortaleza.

**Anthony Steven León Valladolid**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por siempre cuidarme y guiarme en la toma de mis decisiones.

A mi familia, especialmente a mi hermano, Paul Romero, quien desde pequeño ha sido un ejemplo para mí, pues me ha demostrado que a pesar de cualquier adversidad que se presente en la vida, con dedicación, trabajo arduo, y perseverancia se consiguen las metas.

A mi tutor, el Ing. Erwin Javier Oyola Estrada, por compartir conmigo su conocimiento y experiencias, por brindarme su tiempo y paciencia para poder guiarme a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A mis amigos y compañeros, pues no me imagino llegando hasta aquí sin ellos, son personas dignas de admirar, a quienes respeto y considero mucho, cada instante compartido lo llevaré siempre conmigo.

**Anthony Steven León Valladolid**



## RESUMEN

Este estudio analiza los elementos geométricos de una rotonda ubicada en la ciudad de Pasaje, Ecuador, considerando normativas locales e internacionales como la Federal Highway Administration, el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 de Perú y el Manual de Diseño de Carreteras Colombiana 2008. Se examinan los riesgos que enfrentan conductores y peatones cuando una rotonda no cumple con los parámetros de diseño, así como los beneficios en seguridad y confort de una correctamente diseñada.

La metodología comenzó con un levantamiento topográfico mediante dron, lo que permitió obtener una representación precisa del área de estudio. Posteriormente, se realizó un conteo vehicular para determinar el volumen de tráfico. Con estos datos, se trazaron los elementos geométricos de la rotonda conforme a las normativas establecidas. Finalmente, su desempeño fue evaluado mediante Vehicle Tracking, verificando que, incluso en condiciones críticas con la circulación de vehículos pesados, la rotonda sigue garantizando la seguridad vial de los usuarios.

**Palabras claves:** Intersecciones a nivel, Rotonda, Volumen de tráfico, Diseño de los elementos geométricos de una rotonda.

## **ABSTRACT**

This study analyzes the geometric elements of a roundabout located in the city of Pasaje, Ecuador, considering local and international regulations such as the Federal Highway Administration, the Highway Manual: Geometric Design DG-2018 of Peru and the Colombian Highway Design Manual 2008. The risks faced by drivers and pedestrians when a roundabout does not comply with the design parameters are examined, as well as the safety and comfort benefits of a correctly designed one.

The methodology began with a topographic survey using a drone, which allowed obtaining an accurate representation of the study area. Subsequently, a vehicle count was carried out to determine the traffic volume. With this data, the geometric elements of the roundabout were drawn in accordance with the established regulations. Finally, its performance was evaluated using Vehicle Tracking, verifying that, even in critical conditions with the circulation of heavy vehicles, the roundabout continues to guarantee the road safety of users.

**Keywords:** At-grade intersections, Roundabout, Traffic volume, Design of the geometric elements of a roundabout.



## INDICE

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT .....	5
INTRODUCCIÓN .....	9
CAPITULO I .....	11
1. Planteamiento del problema .....	11
1.1. Antecedentes .....	11
1.1.1. Datos de población .....	11
1.1.2. Situaciones turísticas y sociales .....	12
1.1.3. Ordenamiento territorial Cantón Pasaje .....	12
1.1.4. Transporte .....	12
1.2. Descripción de la situación problemática (causas y efectos).....	13
1.3. Formulación del problema: preguntas científicas .....	14
1.4. Delimitación del objeto de estudio .....	14
1.5. Justificación.....	15
1.6. Objetivos .....	17
1.6.1. Objetivo general.....	17
1.6.2. Objetivos específicos.....	17
CAPITULO II.....	18
2. Marco Teórico.....	18
2.1. Antecedentes contextuales .....	18
2.2. Antecedentes conceptuales.....	19
2.3. Antecedentes Referenciales .....	22
CAPITULO III .....	24
3. Metodología .....	24
3.1. Modalidad básica de la investigación .....	24
3.2. Tipo de investigación.....	24
3.2.1. Descriptiva .....	24
3.2.2. Documental.....	24
3.2.3. Cuantitativa.....	24
3.2.4. De campo .....	25

3.3. Objeto de estudio .....	25
3.4. Descripción de la población y muestra .....	25
3.5. Métodos teóricos o empíricos con los materiales utilizados .....	25
3.5.1. Investigación Documental .....	30
3.5.2. Investigación de campo .....	30
3.5.2.1 Conteo vehicular .....	31
3.5.2.2. Levantamiento topográfico .....	31
3.6 Procesamiento de datos.....	34
CAPITULO IV .....	35
4. Analisis e interpretación de resultados .....	35
4.1. Análisis del estado actual.....	35
4.2. Conteo Vehicular.....	42
4.3. Rediseño geométrico de la rotonda .....	45
4.4. Recorrido del vehículo de diseño .....	51
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	52
5.1. Conclusiones .....	52
5.2. Recomendaciones .....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXO 1: Estado actual de la rotonda. ....	58
ANEXO 2: Medidas del estado actual de la rotonda. ....	59
ANEXO 3: Movimiento y cantidad de vehículos que circulan por la rotonda en el ramal más crítico .....	60
ANEXO 4: Rediseño de los elementos geométricos de la rotonda .....	61
ANEXO 5: Recorrido del vehículo de diseño ASSHTO WB-20.....	62



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Proyección de la población del cantón Pasaje, superficie, y densidad poblacional .....	12
Tabla 2: Coordenadas geográficas de la rotonda.....	15
Tabla 3: Descripción del proceso metodológico .....	26
Tabla 4: Clasificación del Volumen de tráfico .....	31
Tabla 5: Check list comparativo entre la guía informativa FHWA-2010 y las medidas actuales de la rotonda.....	36
Tabla 6: Check list comparativo entre el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 de la república de Perú y las medidas actuales de la rotonda .....	38
Tabla 7: Check list comparativo entre el Manual de Diseño de Carreteras Colombiana y las medidas actuales de la rotonda.....	40
Tabla 8: Conteo Vehicular de la zona de estudio en sentido Norte.....	43
Tabla 9: Conteo Vehicular de la zona de estudio en sentido Sur .....	43
Tabla 10: Conteo Vehicular de la zona de estudio en sentido Sur .....	44
Tabla 11: Conteo Vehicular de la zona de estudio en sentido Sur .....	44
Tabla 12: Normativas seleccionadas para el rediseño de la rotonda. ....	46
Tabla 13: Medidas del vehículo de diseño WB - 20.....	51

## INDICE DE FIGURA

Figura 1: Árbol de causa y efecto .....	13
Figura 2. Zona de estudio.....	15
Figura 3: Vista superior de la posición inicial de la imagen .....	32
Figura 4: Ortomosaico y el modelo digital de superficie .....	33

## **INTRODUCCIÓN**

### **Importancia del tema**

El cantón Pasaje, ubicado en la provincia de El Oro, Ecuador, experimenta un crecimiento urbano y vehicular significativo, lo que genera una demanda creciente de infraestructuras viales modernas que favorezcan el desarrollo social y económico del lugar. Por ello, las rotondas representan una solución eficiente para mejorar la seguridad y fluidez del tráfico en intersecciones a nivel, siempre que cumplan con los parámetros mínimos de diseño establecidos por normativas locales e internacionales. Esto permite garantizar mayor seguridad y confort a los usuarios, además de reducir el riesgo de accidentes en la intersección y optimizar la movilidad vehicular en la zona.

### **Actualidad de la problemática**

En Ecuador, muchas rotondas presentan deficiencias geométricas por el incumplimiento de normativas vigentes, aumentando los accidentes y la congestión vial. En la ciudad de Pasaje, la rotonda ubicada en la intersección de las calles E584 y E59 ejemplifica este problema, puesto que, su diseño compromete la seguridad vial. Las carencias en su trazado geométrico permiten ingresos a altas velocidades, mientras que la ausencia de radios de giro óptimos y zonas de refugio, dificulta realizar maniobras seguras, elevando el riesgo de colisiones. Este diseño deficiente no solo afecta la movilidad, sino que pone en peligro la seguridad y bienestar de la comunidad.

### **Estructura del trabajo**

El Capítulo I, Planteamiento del problema, establece la base del estudio al describir la situación actual de la zona, formular el problema y presentar la justificación y los objetivos.

El Capítulo II, Marco teórico, recopila antecedentes de estudios previos a nivel internacional, nacional, regional y local, junto con conceptos y normativas clave. También se incluyen referencias de artículos científicos y tesis con metodologías similares.



El Capítulo III detalla los métodos empleados para recopilar y analizar datos obtenidos en la visita a campo, explicando las técnicas utilizadas y el enfoque metodológico.

El Capítulo IV aplica la metodología para analizar los elementos geométricos de una rotonda en Pasaje, interpretando los resultados adquiridos, y contrastándolos con los lineamientos proporcionados por la FHWA (Federal Highway Administration), el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 de Perú y el Manual de Diseño de Carreteras Colombiana 2008. Esta estructura permite comprender la problemática y fundamentar soluciones técnicas.

## CAPITULO I

### 1. Planteamiento del problema

#### 1.1. Antecedentes (Línea base del proyecto)

##### 1.1.1. Datos de población

El cantón Pasaje, perteneciente a la provincia de El Oro, experimenta un crecimiento constante en términos poblacionales y culturales. Basado en la proyección poblacional del 2020 reflejada en la Tabla 1, se puede apreciar que la mayor densidad poblacional se encuentra en la cabecera cantonal de Pasaje, con 490,96 habitantes/km<sup>2</sup> (4,91 habitantes/ha). En comparación con la densidad poblacional de la provincia de El Oro, que en 2020 fue de 192,32 habitantes/km<sup>2</sup>. Pasaje se distingue por concentrar una mayor población en su cabecera cantonal en comparación con sus parroquias rurales.

La provincia de El Oro se destaca por su fuerte inversión en el sector agrícola, impulsada por el gobierno local y productores privados. Dado que la economía de la provincia depende en gran medida de la agricultura, garantizar una red vial eficiente es clave para facilitar el transporte de productos y fortalecer el crecimiento económico de Pasaje.

La vía E584, que conecta con la entrada a la parroquia Buenavista, se encuentra bajo la jurisdicción del Gobierno Provincial de El Oro y tiene una longitud de 3,24 km. Su estado actual se clasifica como bueno. Además, se intercepta con la vía E59 a través de una rotonda que facilita la fluidez vehicular y mejora la conectividad en la zona. Esta intersección permite mejorar la accesibilidad hacia sectores productivos, zonas residenciales y otros puntos estratégicos del cantón. A continuación, se presenta la tabla detalla de la proyección de la población del cantón Pasaje, superficie y densidad poblacional acorde a las distintas parroquias presentas en el cantón.



**Tabla 1:** Proyección de la población del cantón Pasaje, superficie, y densidad poblacional

Parroquias		Población 2020	Superficie			Densidad poblacional (hab/ha)	Densidad poblacional (hab/km <sup>2</sup> )
Urbana	Rural		Hectáreas (ha)	Kilómetros cuadrados (km <sup>2</sup> )	Porcentaje de la superficie cantonal (%)		
Pasaje		64443.00	13126.21	131.26	0.29	4.91	490.95
Buenavista		7881.00	4125.86	41.26	0.09	1.91	191.01
Progreso		4780.00	14889.15	148.89	0.33	0.32	32.10
La Peaña		4339.00	1658.24	16.58	0.04	2.62	261.66
Casacay		2960.00	6124.75	61.25	0.13	0.48	48.33
Caña Quemada		2216.00	2666.23	26.66	0.06	0.83	83.11
Uzhcurrumi		1104.00	3023.30	30.23	0.07	0.37	36.52
Total		87723.00	45613.74	456.14	1.00	1.92	192.32

**Fuente:** INEC (2010); Cartografía IGM (2019); Límites CONALI (2019)

### 1.1.2. Situaciones turísticas y sociales

El cantón ofrece una amplia diversidad de atractivos turísticos, ideales para el esparcimiento y la integración familiar. Estos espacios, tanto en zonas urbanas como rurales, incluyen parques, balnearios naturales y sitios culturales de interés.

A través de sus recursos patrimoniales y turísticos, el GAD de Pasaje trabaja en conjunto con los departamentos de Cultura, Patrimonio y Turismo para fortalecer la identidad local y promover al cantón como un destino turístico destacado. Su objetivo es consolidar a Pasaje como un referente en la región sur, resaltando su riqueza cultural, su entorno natural y su patrimonio histórico.

### 1.1.3. Ordenamiento territorial Cantón Pasaje

Según el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Pasaje, uno de los problemas que se presenta actualmente es la carencia de un espacio físico de embarque y desembarque de pasajeros en el cantón que se movilizan y circulan a nivel interno y externo. Por lo que la ciudadanía por sus propios derechos y corresponsabilidad ciudadana dentro del desarrollo integral del cantón, demanda de la necesidad de contar con un terminal terrestre, por cuanto la costumbre de movilización ha obligado la inclusión de diversas movi­lidades de transporte tanto interprovincial e interprovincial. Con esto, se podrá

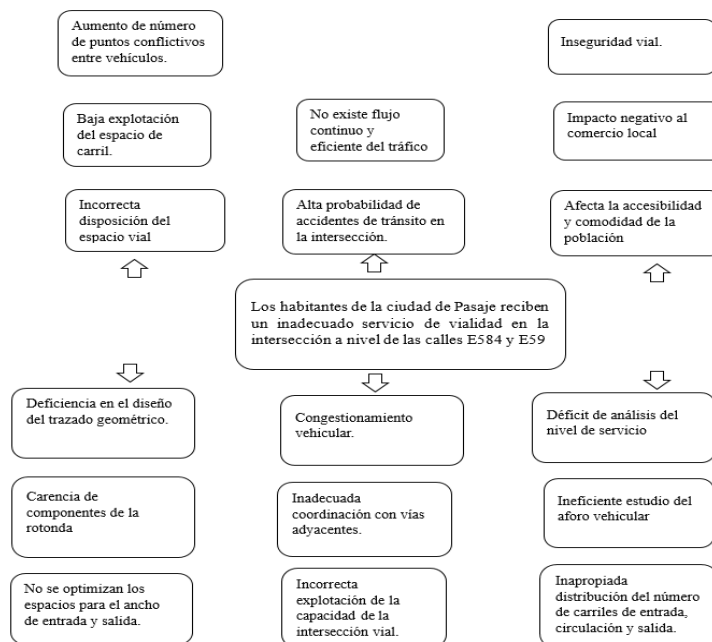
administrar la circulación de estas unidades por vías específicas sin afectar la movilidad en zonas comerciales y la afectación de las vías.

### 1.1.4. Transporte

De acuerdo con la información y registros administrativos del GAD Municipal Pasaje, existen registradas al 2019 y con permisos de Operación y funcionamiento a nivel del cantón Pasaje, 25 Empresas/Compañías que prestan el servicio público de Transporte intracantonal, intercantonal e interprovincial. El transporte público urbano de pasajeros se hace a través de cooperativas de taxis y camionetas que recorren los barrios del Sureste de la ciudad, por la Ochoa León o Avenida Río Jubones hacia los Naranjos, chóferes, Tierra Prometida, Loma de Franco y con menor frecuencia se realiza también a través de buses que van a los sectores rurales de la ciudad. En cuanto a lo que tiene que ver el transporte público interurbano se da en baja frecuencia con Santa Rosa, El Guabo, Uzhcurrumi y en alta frecuencia con Machala, existiendo para estas últimas dos cooperativas de buses como son: El Oro Express y Calderón unidades que empiezan a laborar desde las 6 de la mañana y cada 5 minutos hasta las 7 de la tarde y operan con menos frecuencia hasta las 8 de la noche.

### 1.2. Descripción de la situación problemática (causas y efectos)

Figura 1: Árbol de causa y efecto



Fuente: Elaboración propia

La problemática central consiste en el inadecuado servicio vial que otorga los elementos que conforman la rotonda ubicada en las vías urbanas E584 y E59 presentando dificultades al momento de proporcionar un flujo continuo y eficiente del tránsito, aumentando así las probabilidades de accidentes, y afectando negativamente a la población. En consecuencia, el diseño geométrico de la rotonda parte desde el análisis de la capacidad de sus elementos, en el caso de la rotonda de estudio, la isleta divisoria atenta contra la seguridad de los transeúntes, pues este elemento debe tener medidas tales que proporcionen seguridad a los peatones en los pasos de peatones y las operaciones de tráfico al proporcionar refugio a los peatones ayudando al control de la velocidad de entrada y guiando el tráfico hacia la rotonda (Karwand et al., 2023).

Al tratarse de una rotonda de varios carriles, el incremento en la curvatura de la trayectoria de los vehículos genera una mayor fricción lateral entre los flujos de tráfico adyacentes. Este fenómeno puede llevar a un aumento en el cruce de carriles por parte de los vehículos, elevando el riesgo de colisiones laterales. Además, una curvatura excesiva puede comprometer la visibilidad de los conductores, reduciendo el tiempo de reacción ante posibles conflictos. Por tanto, es crucial diseñar la rotonda con radios de curvatura adecuados y medidas de seguridad que mitiguen estos riesgos y optimicen la fluidez del tráfico (Pratelli et al., 2022).

El aumento poblacional causa consigo una mayor cantidad de vehículos que transitan por la ciudad, es así que, cuando el conductor de un vehículo que se encuentra en el carril interior de la rotonda tiene que realizar una maniobra de cambio de carril en un espacio notablemente corto, para poder salir del cruce (peor aún si hay dos carriles de salida) se pueden producir accidentes por conflictos entre los vehículos antes mencionados y aquellos que se encuentran en el carril exterior de la rotonda y quieren continuar su recorrido. Todo esto se ve agravado por el hecho de que la geometría concéntrica de la rotonda requiere que los siguientes conductores no tengan forma de saber qué maniobra harán los conductores que van delante (Pratelli et al., 2022).

Un factor presente en casi el 60% de todos los accidentes es el diseño geométrico que incluye un ángulo de entrada excesivamente bajo y un radio de entrada excesivo. La alineación del eje de acceso, en relación con el centro de la rotonda, juega un papel importante en su diseño. Afecta la desviación de la isla central (la capacidad de

controlar las velocidades de paso), la trayectoria de un vehículo de diseño y la distancia de visión (Bezina et al., 2020).

### 1.3. Formulación del problema: preguntas científicas

Un diseño geométrico incorrecto de una rotonda aumenta el número de puntos conflictivos entre vehículos, impide el flujo continuo y eficiente del tráfico, incrementa las probabilidades de accidentes de tránsito en la intersección y afecta negativamente a la localidad. Por lo tanto, en esta investigación planteamos el siguiente problema: ¿Reciben los habitantes de la ciudad de Pasaje un servicio vial inadecuado por parte de la intersección a nivel tipo rotonda ubicada en las calles E584 y E59?

### 1.4. Delimitación del objeto de estudio

**Figura 2.** Zona de estudio



**Fuente:** Autor

**Tabla 2:** Coordenadas geográficas de la rotonda

Latitud	3°20'27.57"S
Longitud	79°48'48.80"O
Elevación respecto al nivel del mar	23 m

**Fuente:** Elaboración propia



## **1.5. Justificación**

El correcto análisis del trazado geométrico de la rotonda ubicada en la ciudad de Pasaje, entre las calles E584 y E59, es esencial para garantizar una circulación vehicular segura y eficiente. El diseño geométrico debe considerar factores como el radio de giro, la visibilidad, tamaño de la isleta divisoria, isleta central, los ángulos de entrada y salida, y la capacidad de la rotonda para manejar el volumen de tráfico esperado. Además, es crucial tener en cuenta la seguridad de todos los usuarios de la vía, incluidos peatones y ciclistas.

Una rotonda correctamente diseñada puede traer numerosos beneficios a los moradores del lugar. Entre estos se incluye la reducción de la congestión vehicular, lo que mejora los tiempos de viaje y disminuye la emisión de contaminantes. Además, las rotondas tienden a reducir la gravedad de los accidentes comparadas con las intersecciones controladas por semáforos, puesto que, obligan a los conductores a reducir la velocidad. Esto no solo mejora la seguridad vial, sino que también puede fomentar un entorno más atractivo para el comercio local, al facilitar un flujo de tráfico más ordenado y predecible.

Un trazado geométrico inadecuado puede generar puntos conflictivos que aumentan el riesgo de accidentes, tanto para vehículos como para peatones. La falta de un flujo de tráfico continuo y eficiente puede llevar a congestiones frecuentes, afectando el nivel socioeconómico de la zona. Por ello, una evaluación exhaustiva y un diseño cuidadoso son fundamentales para evitar estos problemas y asegurar que la rotonda cumpla con su propósito de mejorar la vialidad urbana en Pasaje.

Es fundamental destacar que, acorde a las exigencias académicas de la Universidad Técnica de Machala, he realizado este proyecto con el propósito principal de completar satisfactoriamente mi carrera y obtener el título de ingeniera civil. Estoy seguro de que este trabajo tendrá un impacto positivo en mi crecimiento profesional.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Analizar el diseño del trazado geométrico de la rotonda ubicada en la intersección de las calles E584 y E59 mediante criterios técnicos de ingeniería vial, con el fin de mejorar la seguridad, la eficiencia del tráfico y el estándar de vida de los habitantes de la ciudad de Pasaje.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Realizar una revisión bibliográfica exhaustiva de métodos para evaluar los componentes de rotondas, estableciendo una base teórica sólida para el análisis y la optimización.
- Efectuar un levantamiento topográfico detallado de la rotonda y su entorno utilizando tecnología de dron, para obtener datos precisos sobre la geometría y condiciones actuales del sitio.
- Proponer un rediseño de la rotonda conforme a las normativas vigentes, garantizando su cumplimiento con los criterios de evaluación técnica y optimizando su funcionalidad y seguridad vial.
- Establecer los fundamentos teóricos y metodológicos de la investigación para garantizar que los futuros diseños de rotondas contribuyan a mejorar el confort vial y minimizar la incidencia de accidentes de tránsito.

## CAPITULO II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1. Antecedentes contextuales

##### Macro

En la ciudad de Nablus, Palestina, se estudia el efecto de las rotondas en los usuarios de la vía mediante el uso de drones equipados con cámaras, que capturan imágenes detalladas de la infraestructura vial y del comportamiento de los conductores. Esta técnica permite optimizar el diseño de las rotondas, elegir su ubicación y tamaño de manera estratégica y adaptarlas a los patrones de conducción, con el objetivo de reducir los accidentes de tráfico (Dwekat & Almsre, 2022).

En la ciudad de Trento (Italia), se evalúa la capacidad de una rotonda mediante el análisis de su trazado geométrico y su interacción con el flujo vehicular. Para ello, se estudia distintos escenarios de tráfico, considerando variables como el radio de giro, la longitud de las islas centrales y el ancho de los carriles de entrada y salida. Las mediciones fueron obtenidas a partir de videos aéreos capturados con drones, complementadas con datos sobre aceleraciones y límites de velocidad en las inmediaciones de la intersección. Estos resultados permiten detectar deficiencias en el diseño original y determinar su impacto en la fluidez y seguridad del tráfico, clasificando la intersección según su nivel de servicio (Guerrieri, 2024).

##### Meso

En la entrada de Varadero, Cuba, se analiza la implementación de una rotonda como solución para mejorar la circulación vehicular. El estudio comienza con un aforo vehicular, cuyos resultados permiten evaluar la capacidad de las vías en intersección y su eficiencia para gestionar el volumen de tráfico. A partir de estos datos, se identifican posibles ajustes en el diseño geométrico, como el radio de giro, la ubicación de accesos y la configuración de los carriles, con el objetivo de optimizar la fluidez del tránsito y reducir los tiempos de espera (Pérez et al., 2021).

El proceso para la determinación de la capacidad de los elementos de la rotonda, el volumen y los niveles de servicio se rige por los métodos de cálculo establecidos en la NC 53-118/1984. Con esta metodología, se evalúan las características del diseño, las características operacionales y la adaptabilidad al lugar de emplazamiento (Pérez et al., 2021).

## **Micro**

En la intersección semaforizada de las Avenidas Manabí y América en la ciudad de Portoviejo, Ecuador, se evalúa la eficiencia de la intersección, a través de un estudio integral que incluye el análisis de su geometría y señalización. Se lleva a cabo aforos vehiculares y peatonales en diferentes días de la semana, garantizando que los datos no estuvieran afectados por eventos atípicos. A partir de esta información, se calcula el volumen de tráfico, el flujo de saturación y los tiempos de demora por carril. Posteriormente, la intersección se modela en un software CAD para evaluar su desempeño actual y desarrollar propuestas de mejora en su diseño y posibles soluciones como la implementación de una rotonda que atienda a todos los problemas encontrados al momento de realizar los estudios pertinentes. (Vera et al., 2021).

## **2.2. Antecedentes conceptuales**

### **Diseño del trazado geométrico.**

El diseño de rotondas combinado con cambios graduales en las características de los vehículos implica que los diseños existentes deban examinarse en una gama más amplia de escenarios, controlando el impacto que genera las grandes, medianas o pequeñas afluencias de tránsito a las que estas puedan estar sometida (Anagnostopoulos & Kehagia, 2020). El diseño del trazado geométrico tiene influencia directa, tanto en el desempeño operativo como de seguridad. Las características geométricas incluyen definir el tamaño de la intersección seleccionando el radio exterior, colocar los ejes de los tramos de aproximación y definir la geometría de los elementos de diseño en los carriles de entrada y salida de la rotonda, y en la vía circulatoria, e isla central. Pequeños cambios en la geometría de la rotonda provocan cambios significativos en su desempeño relacionado con la seguridad y las operaciones (Alshannaq & Imam, 2020).



## **Rotonda**

Una rotonda es una intersección a nivel con una isla central circular o elíptica en el centro que permite una mejor circulación del tránsito, en la que el tráfico rodado fluye casi en una dirección alrededor de la isla central. La evaluación de la seguridad de la rotonda, generalmente se basa en el análisis de conflictos del tráfico de la intersección debido a los registros aleatorios y limitados de accidentes reales (Ballari, 2022). El diseño óptimo de una rotonda depende de la relación entre el ancho de la vía de circulación, la alineación y la forma de los ramales de aproximación. La disposición de estos ramales influye en la curvatura de las trayectorias de los vehículos y en la visibilidad entre accesos adyacentes, afectando así la seguridad y fluidez del tráfico («Design Limits for Intersection Angles between Approach Legs of Suburban Roundabouts», 2019).

Las rotondas pueden influir significativamente en el tráfico, no solo en sus accesos, sino en toda la red vial circundante. En condiciones de flujo saturado, incluso pequeñas perturbaciones en cualquier segmento pueden generar congestión y provocar ondas de choque, afectando la fluidez del tránsito (Davidović et al., 2021).

## **Isleta central**

Las isletas centrales y divisorias suelen ser isletas de hormigón que se encuentran elevadas respecto a la superficie del pavimento. Pueden mejorar tanto la desviación de los vehículos, actuando como guía, como el flujo peatonal a través de las zonas transversales (Gkyrtis & Kokkalis, 2024). Su correcto diseño reduce los puntos de conflicto, reducen la velocidad alta, mejoran la seguridad del tráfico, reducen las demoras y aumentan la capacidad; lo que repercute en un mayor confort para las personas que hacen uso de esta infraestructura vial (Demir & Demir, 2020).

## **Isleta divisoria**

Esta zona elevada o pintada es la aproximación que constituye un sentido de circulación separado y opuesto que proporciona desvío para los vehículos que entran y/o salen y espacios accesibles para los peatones que cruzan en dos fases (Karwand et al., 2023).

## **Curvaturas de entrada y salida.**

Los radios de las curvas de entrada y salida; la selección de valores pequeños para esos radios garantiza que los conductores puedan llegar fácilmente a una zona de transición

antes y después de la rotonda. Por ello, este componente está más relacionado con el aspecto de la seguridad (Gkyrtis & Kokkalis, 2024).

### **Vía de circulación**

La vía de circulación es un carril en el que los vehículos circulan por la isla central en sentido antihorario. Los vehículos en una vía de circulación tienen prioridad sobre los vehículos que ingresan a una rotonda (Ahac & Dragčević, 2021). A medida que aumenta el número de vehículos en la vía, la velocidad de circulación disminuye, lo que genera mayor congestión y retrasos en los desplazamientos (Orozco Rivera et al., s. f.).

### **Carriles**

El ancho del carril es un elemento importante de una intersección que se ve afectado por la tasa de flujo de saturación de la intersección. También está influenciado por una variedad de otros factores, como las limitaciones de los recursos de la carretera, la composición del vehículo, la seguridad del tráfico y la comodidad de la conducción (Chang et al., 2019).

### **Radio exterior**

El radio exterior es una medida crucial en el diseño de rotondas y otras vías de circulación, puesto que determina el espacio necesario para que los vehículos puedan maniobrar de manera segura y eficiente. Este radio se define como la distancia desde el centro de la isla central hasta el borde exterior de la vía de circulación, es decir, es la suma del radio de la isla central y el ancho de la vía de circulación (Gkyrtis & Kokkalis, 2024). Los radios de giro atienden a la necesidad no solo de vehículos convencionales, como podrían ser los tipos sedán, sino que también, son necesarios para la operación óptima de vehículos articulados, es así, que su magnitud depende de los elementos geométricos propios de la vía, los ángulos de incidencia y las dimensiones entre ejes, para así evitar posibles accidentes de tránsito. (Cañón Buitrago et al., 2021).

## **Velocidad de circulación**

La velocidad de circulación a través de una rotonda está influenciada principalmente por la desviación de la trayectoria del vehículo, provocada por la isleta central de la rotonda. Esta isleta obliga a los conductores a reducir la velocidad para seguir la curva, garantizando así una mayor seguridad (Ahac & Dragčević, 2021). Para garantizar el bienestar de todos quienes hacen uso de la rotonda, los conductores deben conducir a baja velocidad al pasar por ellas. Las principales causas de colisiones en las rotondas son el exceso de velocidad, no ceder el paso y detenerse de forma abrupta durante el recorrido del vehículo por los carriles de circulación. (Wang et al., 2022).

## **Levantamiento topográfico con drones**

El levantamiento topográfico con drones permite acceder a zonas inaccesibles para una persona, como acantilados o claros rodeados de árboles, proporcionando una base de conocimiento más completa del terreno. Gracias a sus cámaras de alta precisión, captura una mayor cantidad de puntos para la creación de planimetrías y ofrece información gráfica más detallada que los métodos tradicionales (Del Río Santana et al., 2020) .

Los ortomosaicos generados a través de estas técnicas permiten evidenciar claramente el uso y cobertura del suelo, lo cual se puede digitalizar manualmente y obtener la delimitación y medición de parcelas de las distintas coberturas del objeto de estudio (Pacheco et al., 2023).

### **2.3. Antecedentes Referenciales**

El diseño de rotondas modernas comienza con una configuración preliminar de su geometría, la cual se somete a verificaciones de desempeño para garantizar su funcionalidad. En este proceso, se ajustan elementos como las alineaciones de acceso y la configuración de las islas divisorias según las condiciones del tráfico y el entorno (Ahac et al., 2022).

Para evaluar el rendimiento de los elementos geométricos de la rotonda, se analiza la trayectoria barrida del vehículo de referencia utilizando simulaciones computacionales con Autodesk Vehicle Tracking 2020. Este análisis permite ajustar la geometría de la

rotonda para optimizar la circulación y corregir posibles deficiencias en su configuración inicial (Ahac et al., 2022).

Un estudio en Benghazi evaluó el desempeño de una rotonda utilizando el software SIDRA 5.0. La metodología inició con un levantamiento topográfico para modelar la intersección, seguido de la propuesta de carriles de aceleración y desaceleración para reducir la congestión. Luego, se simuló una ampliación de la rotonda para medir su impacto en el tráfico. Finalmente, los datos analizados, permitieron ajustar el diseño geométrico según los resultados obtenidos (Fares Tarhuni et al., 2023).



## **CAPITULO III**

### **3. Metodología**

#### **3.1. Modalidad básica de la investigación**

El trabajo se basa en la recopilación de información mediante una revisión bibliográfica sobre las rotondas como solución para intersecciones viales. Se aplicaron métodos cuantitativos para evaluar la capacidad vial e identificar los problemas derivados del diseño vigente. Además, se desarrolló una investigación de campo, mediante observación directa y análisis en sitio, que permitió documentar las condiciones actuales de la rotonda y plantear propuestas concretas para su mejora.

#### **3.2. Tipo de investigación**

##### **3.2.1. Descriptiva**

Este análisis descriptivo permite recopilar información superficial respecto al estado actual de la rotonda, los múltiples problemas que se pueden presentar y las posibles soluciones que se podrían otorgar.

##### **3.2.2. Documental**

Esta investigación documental se sustenta en códigos de diseño y normativas vigentes, con el objetivo de analizar los elementos geométricos clave de la rotonda. El estudio integra artículos científicos y libros especializados para evaluar aspectos como los radios de giro, capacidad vial, recorrido del vehículo de diseño, entre otros, proporcionando un marco teórico sólido para el análisis técnico. Además, se comparan diferentes enfoques metodológicos utilizados en estudios previos para validar criterios de diseño y optimización del flujo vehicular.

##### **3.2.3. Cuantitativa**

Se realizó la recolección de datos numéricos sobre la cantidad de vehículos que transitan por la rotonda durante diferentes horas del día, con el fin de evaluar la

capacidad vial de la intersección. Este análisis permitió clasificar la capacidad en niveles bajo, medio o alto, según los valores observados.

#### **3.2.4. De campo**

Durante la visita in situ se realizó una observación directa para evaluar la funcionalidad de la rotonda en relación con la fluidez vehicular en la intersección de las vías. Además, se llevó a cabo un levantamiento topográfico mediante un vuelo de dron, que capturó imágenes detalladas de la superficie, permitiendo analizar el estado actual de los elementos geométricos que componen esta infraestructura vial.

#### **3.3. Objeto de estudio**

El objeto de estudio es la rotonda ubicada en la ciudad de Pasaje, en la intersección de las vías E584 y E59, como se muestra en el Anexo 1. Mediante una inspección preliminar, se identificaron conflictos como la capacidad de un vehículo para girar o cambiar de dirección y las dificultades para el tránsito de peatones, lo que afecta a transeúntes, residentes locales y demás usuarios. Por ello, este trabajo propone un rediseño integral de los elementos de la rotonda, asegurando que cumpla con los parámetros de seguridad, eficiencia y bienestar necesarios para mejorar la experiencia de los usuarios.

#### **3.4. Descripción de la población y muestra**

La población considerada en este estudio corresponde a los 87,723 habitantes de la ciudad de Pasaje, según lo indicado en la Tabla 1, ya que son los principales usuarios de la infraestructura vial debido a su residencia en la ciudad. En cuanto a la muestra de este proyecto de investigación, se seleccionó la rotonda ubicada en la cabecera central de Pasaje, por su relevancia como intersección principal en la red vial urbana.

#### **3.5. Métodos teóricos o empíricos con los materiales utilizados**

Este enfoque se fundamenta en la recopilación de información bibliográfica relevante, como normas de diseño vial, artículos académicos y estudios previos, con el propósito

de establecer los principios teóricos y metodológicos que sustentan este proyecto. Asimismo, define los procesos técnicos y análisis de tráfico necesarios para evaluar y proponer mejoras en la intersección vial ubicada en la ciudad de Pasaje.

**Tabla 3:** Descripción del proceso metodológico

Variable	Tipo de variable	Operación	Caracterización	Definición
Conteo vehicular	Cuantitativa	Sumar y clasificar el número de vehículos en un punto o tramo vial.	Datos precisos por hora, día, o categoría de vehículos.	Proceso de medición y registro del número de vehículos que circulan en un punto o tramo vial determinado. Su aplicación es fundamental para el control y gestión del tráfico, ya que permite identificar patrones de congestión y anticipar condiciones de circulación más complejas. Además, el conteo vehicular proporciona información clave para optimizar la movilidad urbana mediante el diseño de estrategias de gestión del tráfico y la planificación dinámica de rutas (Jin et al., 2022).

Capacidad vial	Cuantitativa	Cálculo del número máximo de vehículos que pueden circular en una vía.	Depende del diseño geométrico y flujo vehicular.	Se define como el máximo flujo de vehículos que una vía o sistema de transporte puede soportar de manera eficiente bajo condiciones específicas. Su evaluación permite optimizar la infraestructura vial mediante la adecuada relación entre la oferta y la demanda del tráfico. Considerar la capacidad como un indicador clave facilita el uso eficiente de los recursos viales, asegurando un aprovechamiento óptimo del sistema de tráfico urbano y garantizando una movilidad segura y sostenible (Ge et al., 2023).
----------------	--------------	--	--	---

<p>Levantamiento topográfico con dron</p>	<p>Cuantitativa Cualitativa</p>	<p>Medición y registro de características del terreno para evaluación y diseño.</p>	<p>Incluye datos de elevación, pendientes y distancias.</p>	<p>Un estudio topográfico tiene como objetivo obtener información detallada sobre la superficie terrestre. Los datos recopilados incluyen alturas, condiciones físicas y posiciones de objetos naturales o artificiales dentro del área de estudio. Los avances tecnológicos han impulsado el desarrollo de técnicas de topografía y cartografía, mejorando la precisión y eficiencia en la obtención de datos geospaciales (Nizamuddin et al., 2023).</p>
---	-------------------------------------	---	---	--



Modelado de datos	Cualitativa	Integrar y analizar datos relacionados con el diseño de la rotonda.	Uso de software Civil 3D.	El modelado de datos geoespaciales y de infraestructura civil puede realizarse con AutoCAD Civil 3D, un software especializado en el diseño y análisis de proyectos de ingeniería civil. Esta herramienta se emplea en el desarrollo de infraestructura vial (carreteras secundarias y autopistas), transporte (ferrocarriles y aeropuertos) y gestión de recursos hídricos. Además, permite mejorar la ejecución de proyectos, mantener datos y procesos más consistentes, y responder de manera eficiente a los cambios en el diseño (Ulchurriyyah et al., 2023).
-------------------	-------------	---	---------------------------	---

Fuente: Autor

### **3.5.1. Investigación Documental**

En esta investigación se aplicó, en primer lugar, el método de investigación documental, enfocado en la recopilación bibliográfica y la revisión de normativas, con el objetivo de fundamentar el análisis y las propuestas de mejora para la rotonda estudiada. Se consultaron fuentes especializadas como manuales, guías técnicas, artículos científicos y libros, que proporcionaron los fundamentos teóricos relacionados con el diseño, operación y mantenimiento de rotondas.

Se realizó un análisis exhaustivo de normativas nacionales e internacionales, incluyendo la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI 12) del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 de la república de Perú, el Manual de Diseño de Carreteras Colombiana 2008 y la Guía Informativa sobre Rotondas de la Federal Highway Administration (FHWA). Estas referencias permitieron identificar principios clave para la geometría, seguridad vial y estándares de diseño vial aplicables.

La combinación de estas fuentes garantizó que las propuestas de rediseño estuvieran alineadas con los criterios técnicos y legales vigentes, además de respaldar las decisiones tomadas mediante principios teóricos y casos documentados.

### **3.5.2. Investigación de campo**

En este trabajo se llevó a cabo una observación directa para evaluar el funcionamiento en tiempo real de la rotonda, analizando aspectos como el flujo vehicular, los patrones de comportamiento de los conductores y el estado general de la infraestructura. De manera complementaria, se realizaron mediciones detalladas, incluyendo un conteo vehicular, que permitió obtener datos precisos sobre los volúmenes de tráfico y su comportamiento en la intersección.

Este análisis permitió identificar deficiencias significativas, como congestión en horas pico, puntos de conflicto entre vehículos y peatones, y problemas en la geometría de la rotonda que podrían comprometer su eficiencia y seguridad vial. La combinación de estos métodos proporcionó una visión integral de las condiciones actuales, sirviendo de base para proponer mejoras fundamentadas.

### 3.5.2.1 Conteo vehicular

En este trabajo se llevará a cabo un conteo vehicular con el propósito de determinar el volumen de tránsito que circula por la intersección en estudio. Este análisis se realizará mediante observaciones programadas en horarios pico y no pico, utilizando dispositivos tecnológicos para garantizar la precisión de los datos recopilados.

Los datos obtenidos serán clasificados en niveles de flujo en moderado, bajo, alto o muy alto, siguiendo los criterios establecidos en normativas viales aplicables, conforme a la Tabla 4. Esta clasificación permitirá evaluar la capacidad actual de la intersección y determinar el número óptimo de carriles necesarios para mejorar la fluidez vehicular. El diseño propuesto estará orientado a satisfacer las demandas de tránsito actuales y proyectadas de la zona, asegurando una circulación eficiente y segura.

**Tabla 4:** Clasificación del Volumen de tráfico

Clasificación	Rango de Volumen Veh/h	Tipo de Infraestructura Recomendado
Bajo Tráfico	Menos de 1,000 veh/h	Rotonda de un carril
Tráfico Moderado	1,000 - 2,500 veh/h	Rotonda de uno o dos carriles dependiendo de la demanda
Tráfico Alto	2,500 - 4,000 veh/h	Rotonda de dos carriles con radios amplios y posible carril adicional en entrada
Tráfico Muy Alto	Más de 4,000 veh/h	Rotonda con carriles adicionales o intersección semaforizada

**Fuente:** Federal Highway Administration (FHWA 2010)

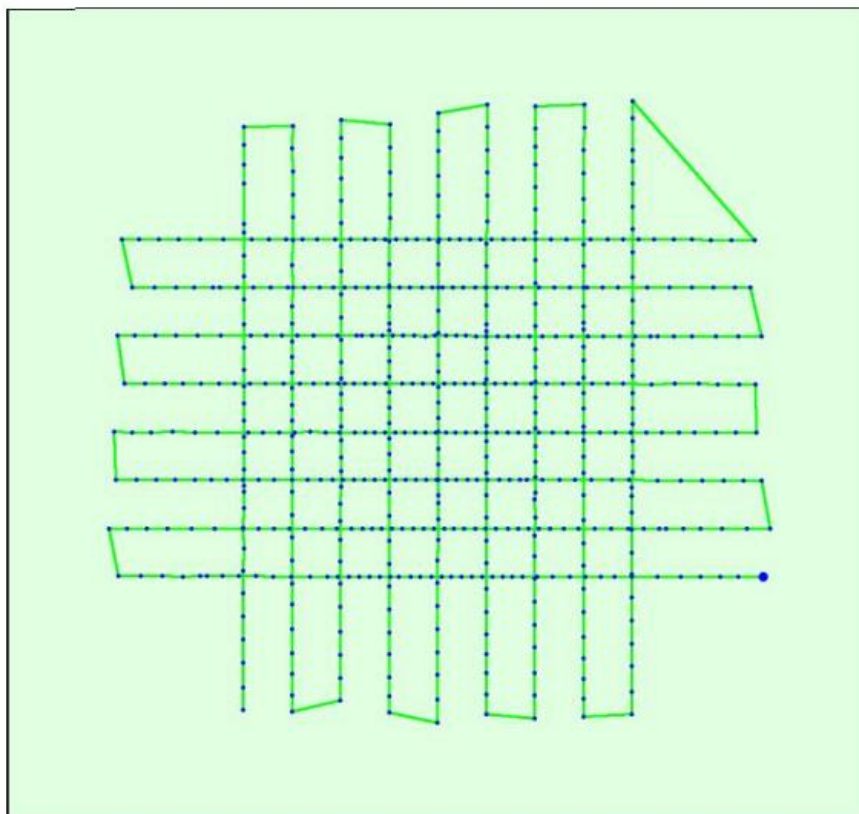
### 3.5.2.2. Levantamiento topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico de la rotonda, se utilizó un dron DJI Modelo Mavic 3 Enterprise, equipado con una cámara de alta resolución y un sistema de captura de imágenes aéreas. Se programó un vuelo automatizado a 100 metros de altura,

cubriendo la totalidad del área de estudio. Este proceso permitió capturar 634 imágenes calibradas un 99% de ellas. La georreferenciación del área se realizó mediante 3 puntos de control en el terreno (GCP), obteniendo un error medio de 0,039 m.

Durante el levantamiento topográfico con dron, se generó una nube de puntos compuesta por 634 puntos, correspondientes al recorrido para garantizar la cobertura completa del área de estudio. Cada una de las imágenes capturadas, un total de 634, presentó un promedio de 60,911 píxeles, lo que permitió obtener una resolución espacial de alta calidad y capturar detalles significativos de la infraestructura. En la Figura 3, se ilustra el recorrido automatizado del dron, diseñado estratégicamente para maximizar la calidad de los datos recolectados y asegurar la precisión del levantamiento.

**Figura 3:** Vista superior de la posición inicial de la imagen



**Fuente:** Autor

Las imágenes capturadas fueron procesadas en el software Pix4D, generando un ortomosaico georreferenciado y un modelo digital de elevación con precisión submétrica. Estos productos permitieron analizar en detalle la geometría y las

características del área de estudio, facilitando la planificación de propuestas de rediseño. Finalmente, los datos generados fueron validados mediante comparación con referencias geodésicas previas, asegurando la fiabilidad y precisión del levantamiento topográfico.

A partir de estos resultados, se realizó una segmentación del terreno para identificar variaciones en la pendiente y evaluar posibles afectaciones a la estabilidad estructural. Además, se integraron estos modelos en un entorno CAD para simular escenarios de optimización geométrica, garantizando una transición fluida entre el análisis topográfico y la fase de diseño. Este enfoque permitió una visualización más precisa del área de intervención, facilitando la toma de decisiones en función de las condiciones reales del sitio.

**Figura 4:** Ortomosaico y el modelo digital de superficie



**Fuente:** Autor

### **3.6 Procesamiento de datos**

El procesamiento de los datos obtenidos para este estudio se realizó con el software Civil 3D, con el propósito de elaborar planos técnicos que representaran tanto la configuración actual de la rotonda como el diseño propuesto.

En primer lugar, se cargó el ortomosaico en Civil 3D, utilizándolo como base para delinear y digitalizar las características principales de la rotonda existente. Este proceso incluyó el trazado de los límites de la estructura, carriles, accesos y elementos circundantes relevantes, asegurando una representación del estado actual.

Posteriormente, con las herramientas de diseño del software, se desarrollaron propuestas de modificación basadas en los niveles de flujo vehicular, identificados previamente. Estas propuestas incluyeron ajustes en el diseño geométrico, y las dimensiones optimizadas para mejorar la fluidez y eficiencia del tránsito. Las modificaciones fueron realizadas considerando las normativas técnicas vigentes, como las guías de diseño vial aplicables.

Finalmente, los planos generados fueron verificados para garantizar su coherencia con los datos recolectados y las necesidades identificadas durante el análisis. Este proceso permitió obtener una representación técnica precisa y funcional del diseño recomendado, orientado a mejorar la operatividad de la rotonda.

## CAPITULO IV

### **4. Análisis e interpretación de resultados**

#### **4.1. Análisis del estado actual**

A partir del levantamiento topográfico realizado con un dron, utilizando la técnica de superposición de imágenes para capturar detalles precisos de la superficie, se lleva a cabo un análisis comparativo del estado actual de la rotonda ubicada en la intersección de las vías E584 y E59, en la ciudad de Pasaje. Este análisis se contrasta con los parámetros de diseño establecidos en la guía técnica de construcción de la Federal Highway Administration (FHWA), el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 de la república de Perú y el Manual de Diseño de Carreteras Colombiana 2008 evaluando aspectos como los radios de giro, el ancho de los carriles y la geometría general de la rotonda.

La aplicación de esta metodología permitió identificar discrepancias clave entre las condiciones actuales y las normativas de diseño, sirviendo como base para proponer mejoras en la funcionalidad y seguridad de la intersección. Se detectaron variaciones en el radio de giro, la visibilidad en los accesos y la distribución de los carriles, aspectos fundamentales para optimizar el flujo vehicular. Además, se evidenciaron deficiencias en la señalización y en la demarcación vial, factores que influyen en la seguridad de los usuarios. A continuación, se presenta la tabla con el check list comparativo y sus resultados.



**Tabla 5:** Check list comparativo entre la guía informativa FHWA-2010 y las medidas actuales de la rotonda

ITEM	ELEMENTOS DE LA ROTONDA	ESPECIFICACIONES DE LA GUÍA INFORMATIVA FHWA – 2010	CUMPLE	
			SI	NO
1	Alineamientos	Diseñados para reducir velocidades, con radios horizontales que permitan giros seguros y eficiente	X	
2	Diámetro de la isleta central	Debe ajustarse al diseño del círculo inscrito para evitar grandes velocidades de entrada.		X
3	Diámetro del círculo inscrito	40-60 metros (dependiendo del volumen y tipo de vehículos).		X
4	Ancho de los carriles	4.2-4.5 metros por carril en la calzada circulatoria.		X
5	Isleta divisoria	15 a 30 m para separar flujos de entrada y salida; debe incluir refugio para peatones.		X
6	Ancho de la calzada circulatoria	8.4-10.8 metros (diseñado para dos carriles con espacio suficiente para camiones).		X
7	Diseño de la entrada	Ángulo de entrada de 20-30 grados para reducir la velocidad y priorizar la circulación interna.		X
8	Diseño de la salida	Ángulo de salida amplio (aproximadamente 15-20 grados) para facilitar la fluidez del tráfico.		X
9	Ángulos entre ramales de Aproximación	Idealmente entre 60-90 grados, con énfasis en visibilidad y capacidad de maniobra.		X

<b>10</b>	Parterre	Área ajardinada en la isleta central o divisorias; su diseño debe permitir visibilidad adecuada, con una elevación de 150-300 mm para canalizar visualmente el tráfico.	<b>X</b>	
<b>11</b>	Velocidad de diseño	La velocidad de entrada a la rotonda debe ser de entre 40 km/h a 50 km/h		<b>X</b>
<b>12</b>	Espaldón	1.5-2.0 metros de ancho; diseñado para el paso de peatones y ciclistas o para alojar servicios públicos como señalización y drenaje.		<b>X</b>
<b>13</b>	Berma	<b>1.5-3.0 metros,</b> dependiendo del tipo de vía y su función dentro de la rotonda.	<b>X</b>	

**Fuente:** Federal Highway Administration (FHWA 2010)

**Tabla 6:** Check list comparativo entre el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 de la república de Perú y las medidas actuales de la rotonda

ITEM	ELEMENTOS DE LA ROTONDA	ESPECIFICACIONES DE LA NORMATIVA PERUANA DE CARRETERAS	CUMPLE	
			SI	NO
1	Alineamientos	Diseñados para reducir velocidades, con radios horizontales que permitan giros seguros y eficiente	X	
2	Diámetro de la isleta central	Debe ajustarse al diseño del círculo inscrito para evitar grandes velocidades de entrada.		X
3	Diámetro del círculo inscrito	30-50 metros para rotondas urbanas y 50-70 metros para rotondas interurbanas.		X
4	Ancho de los carriles	3.5 - 4.5 metros por carril, dependiendo del volumen vehicular.		X
5	Isleta divisoria	Longitud mínima de 20 metros, deseable 30 metros, con un ancho mínimo de 2.0 metros para refugios peatonales.		X
6	Ancho de la calzada circulatoria	7.0-10.5 metros, dependiendo del número de carriles.		X
7	Diseño de la entrada	Radio de entrada entre 15-30 metros, permitiendo ingreso seguro a baja velocidad.		X

<b>8</b>	Diseño de la salida	Radio de salida entre 20-35 metros, asegurando una salida fluida sin interferencias.		<b>X</b>
<b>9</b>	Ángulos entre ramales de Aproximación	Menores o iguales a 90°, garantizando seguridad y fluidez en la circulación.		<b>X</b>
<b>10</b>	Parterre	2.0-6.0 metros, utilizado para paisajismo y separación de flujos vehiculares.	<b>X</b>	
<b>11</b>	Velocidad de diseño	La velocidad de entrada a la rotonda debe ser de entre 20 km/h a 30 km/h		<b>X</b>
<b>12</b>	Espaldón	1.5-3.0 metros, proporcionando espacio de seguridad para		<b>X</b>
<b>13</b>	Berma	1.0-2.5 metros, dependiendo de la clasificación de la vía.	<b>X</b>	

**Fuente:** Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 de la república de Perú

**Tabla 7:** Check list comparativo entre el Manual de Diseño de Carreteras Colombiana y las medidas actuales de la rotonda

ITEM	ELEMENTOS DE LA ROTONDA	ESPECIFICACIONES DE LA NORMATIVA COLOMBIANA DE CARRETERAS	CUMPLE	
			SI	NO
1	Alineamientos	Diseñados para reducir velocidades, con radios horizontales que permitan giros seguros y eficiente	X	
2	Diámetro de la isleta central	Debe ajustarse al diseño del círculo inscrito para evitar grandes velocidades de entrada.		X
3	Diámetro del círculo inscrito	40-50 metros (para rotondas de dos carriles).		X
4	Ancho de los carriles	3.5 - 4.5 metros por carril, dependiendo del volumen vehicular.		X
5	Isleta divisoria	Las isletas separadoras deben tener una longitud mínima de treinta metros (30 m) y preferiblemente de cien metros (100 m) o más.		X
6	Ancho de la calzada circulatoria	7.0-10.5 metros, dependiendo del número de carriles.		X
7	Diseño de la entrada	Radio de entrada de 30 m. Ideal para isletas centrales de 25 m		X

<b>8</b>	Diseño de la salida	Radio de entrada de 40 m. Ideal para isletas centrales de 25 m		<b>X</b>
<b>9</b>	Ángulos entre ramales de Aproximación	Angulo ideal para ramales de aproximación: 90°		<b>X</b>
<b>10</b>	Parterre	2.0-6.0 metros, utilizado para paisajismo y separación de flujos vehiculares.	<b>X</b>	
<b>11</b>	Velocidad de diseño	La velocidad de entrada a la rotonda debe ser de entre 40 km/h a 50 km/h		<b>X</b>
<b>12</b>	Espaldón	1.5-3.0 metros, proporcionando espacio de seguridad para		<b>X</b>
<b>13</b>	Berma	En caso de existir isletas divisorias y espaldón, el ancho de la berma deberá ser de 0.50 m	<b>X</b>	

**Fuente:** Manual de Diseño de Carreteras Colombiana 2008

## **4.2. Conteo Vehicular**

El conteo vehicular se llevó a cabo durante cuatro días, enfocado en los horarios de mayor demanda vehicular, como las horas pico de la mañana (7:00 a 8:00) y de la tarde (12:00 a 13:00) y (17:00 a 18:00). Este análisis se realizó mediante observación directa.

En la tabla 8 se presentan los resultados del conteo en dirección norte, en la tabla 9 el conteo vehicular en dirección sur, y así mismo, en la tabla 10 y tabla 11 se adjuntan los conteos vehiculares en dirección este y oeste respectivamente, detallando el tipo de vehículos que ingresan a la rotonda, las direcciones que toman al entrar en la infraestructura vial y la cantidad de vehículos registrados en cada período. Esta información proporciona una base sólida para evaluar los patrones de flujo vehicular y determinar posibles puntos de congestión o necesidades de ajuste en el diseño geométrico de la rotonda.



**Tabla 8:** Conteo Vehicular de la zona de estudio en sentido Norte

VÍA E584 SENTIDO NORTE																		
FECHA DE CONTEO	HORA	AUTOS				BUSES				CAMIONES				MOTOS				TOTAL
		↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	
21/10/2025	07:00 A 08:00	115	105	40	52	32	22	8	1	43	41	38	37	51	45	20	15	665
	12:00 A 13:00	105	110	45	48	28	26	10	2	47	45	44	43	63	55	25	18	714
	17:00 A 18:00	120	130	50	60	40	35	15	3	55	53	50	49	77	65	30	22	854
																		2233

Fuente: Autor

**Tabla 9:** Conteo Vehicular de la zona de estudio en sentido Sur

VÍA E584 SENTIDO SUR																		
FECHA DE CONTEO	HORA	AUTOS				BUSES				CAMIONES				MOTOS				TOTAL
		↑	←	→	↻	↑	←	→		↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	
25/10/2025	07:00 A 08:00	125	110	45	58	35	25	10	4	41	31	18	12	55	54	22	18	663
	12:00 A 13:00	115	120	51	52	30	22	12	7	45	35	22	14	65	61	28	29	708
	17:00 A 18:00	130	140	55	65	42	38	18	4	50	45	28	18	75	78	35	25	846
																		2217

Fuente: Autor

**Tabla 10:** Conteo Vehicular de la zona de estudio en sentido Sur

VÍA E59 SENTIDO ESTE																		
FECHA DE CONTEO	HORA	AUTOS				BUSES				CAMIONES				MOTOS				TOTAL
		↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	
26/10/2025	07:00 A 08:00	140	130	50	65	28	18	8	2	30	24	11	8	65	60	25	28	692
	12:00 A 13:00	120	125	55	60	25	20	5	2	35	25	15	10	75	72	32	25	701
	17:00 A 18:00	155	145	60	70	35	30	7	8	40	30	20	12	85	80	40	35	852
																		2245

Fuente: Autor

**Tabla 11:** Conteo Vehicular de la zona de estudio en sentido Sur

VÍA E59 SENTIDO OESTE																		
FECHA DE CONTEO	HORA	AUTOS				BUSES				CAMIONES				MOTOS				TOTAL
		↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	
30/10/2025	07:00 A 08:00	130	124	48	60	30	26	9	2	32	22	12	9	60	55	23	18	660
	12:00 A 13:00	115	118	58	58	27	22	11	5	38	28	17	11	70	65	28	22	693
	17:00 A 18:00	144	135	52	68	38	34	14	4	42	35	22	14	80	75	38	33	828

Fuente: Autor

Estos resultados permiten clasificar a la rotonda como una infraestructura de nivel de tráfico moderado, de acuerdo con los criterios establecidos por la Federal Highway Administration (FHWA). Para satisfacer estas demandas, se requiere un diseño con dos carriles de circulación, garantizando la capacidad para manejar el volumen de vehículos estimado.

Debido a la significativa presencia de vehículos grandes y pesados, como camiones y autobuses, el diseño debe incorporar radios de giro mínimos de 15 a 20 metros, según lo recomendado por la FHWA, asegurando una circulación segura y eficiente. Estas características geométricas permitirán que la rotonda cumpla con los estándares de funcionalidad y seguridad requeridos para su operación bajo las condiciones de tráfico proyectadas.

### **4.3. Rediseño geométrico de la rotonda**

El rediseño de la rotonda se fundamenta en los criterios establecidos en la guía de construcción de la Federal Highway Administration (FHWA), el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 de la república de Perú, y el Manual de Diseño de Carreteras Colombiana 2008, que proporciona directrices detalladas para el diseño geométrico de intersecciones viales. Asimismo, se adoptaron las normativas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), con énfasis en los estándares relacionados con el ancho de carril, asegurando que las modificaciones cumplan tanto con los requerimientos nacionales como internacionales.

El proceso de rediseño incluyó una evaluación exhaustiva de los elementos geométricos principales de la rotonda, como el diámetro central, los radios de giro, el ancho de carriles, el parterre y la berma. Estas características fueron analizadas en detalle, comparándolas con los parámetros establecidos en las normativas mencionadas. Los resultados de esta evaluación se presentan en el Anexo 4, junto con una tabla comparativa que muestra las diferencias entre la configuración actual y el diseño propuesto.

Las modificaciones propuestas tienen como objetivo optimizar la funcionalidad y la fluidez del tránsito, reducir puntos de conflicto entre vehículos y peatones, y garantizar la seguridad vial. Esta integración de normativas y criterios técnicos asegura que el rediseño cumpla con las necesidades específicas del área de estudio, proporcionando una solución eficiente y sostenible. Tal y como se ilustra en la siguiente tabla.

**Tabla 12:** Normativas seleccionadas para el rediseño de la rotonda.

<b>ELEMENTOS DE LA ROTONDA</b>	<b>ESPECIFICACIONES DE LA GUÍA AMERICANA FHWA</b>	<b>ESPECIFICACIONES DE LA NORMATIVA PERUANA DE CARRETERAS</b>	<b>ESPECIFICACIONES DE LA NORMATIVA COLOMBIANA DE CARRETERAS</b>	<b>ESTADO ACTUAL</b>	<b>MEDIDAS ACORDES AL ESTADO ACTUAL</b>	<b>MEDIDAS DE DISEÑO</b>
<b>Diámetro del círculo inscrito.</b>	40-60 metros (para rotondas de dos carriles).			61,54 m	35 m	40 m
<b>Diámetro de isleta central</b>			Diámetro mínimo para isletas centrales será de 25 m para el diseño de rotondas de dos carriles de circulación.	20 m	20 m	25 m
<b>Ancho de los carriles</b>	4.2-6.0 metros por carril en la calzada circulatoria			5,95 m	4.2 m	4.5 m

<b>Isleta divisoria</b>	Longitud mínima de 15 metros, deseable 30 metros, con un ancho mínimo de 1.8 metros para incluir refugios peatonales.		Las isletas separadoras deben tener una longitud mínima de treinta metros (30 m) y preferiblemente de cien metros (100 m) o más.	Medido por ramal: 13, 72 m <b>(1)</b> ; 81,32 m <b>(2)</b> ; 19,22 m <b>(3)</b> ; 154 m <b>(4)</b>	100 m	100 m
<b>Ancho de entrada</b>	6-9 metros dependiendo del flujo vehicular y del número de carriles.			Medido por ramal: 10,19 m <b>(1)</b> ; 8.69 m <b>(2)</b> ; 15.51 m <b>(3)</b> ; 8,63 m <b>(4)</b>	9 m	9 m

<b>Ancho de la calzada circulatoria</b>	8.4-12 metros (suma de los dos carriles).			11.90 m	8.4 m	9 m
<b>Diseño de la entrada</b>			Radio de entrada de 30 m. Ideal para isletas centrales de 25 m	Radio de entrada de 835.35 m en el cuarto ramal.	24 m	30 m
<b>Diseño de la salida</b>		.	Radio de entrada de 40 m. Ideal para isletas centrales de 25 m	Radio de salida de hasta 94.51 m en el cuarto ramal	32 m	40 m

<b>Ángulos entre ramales de aproximación</b>			Angulo ideal para de ramales aproximación: 90°	Ángulo de 120°	90 °	90°
<b>Ancho de Berma</b>			En caso de existir isletas divisorias y espaldón, el ancho de la berma deberá ser de 0.50 m	Actualmente cuenta con una berma de 0.50 m catalogado así por señalización vial in situ.	0.5 m	0.5 m



<b>Ancho de Parterre</b>		2.0-6.0 metros, utilizado para paisajismo y separación de flujos vehiculares.		2.0 metros de ancho de parterre.	2 m	2 m
<b>Ancho de Espaldón</b>		1.5-3.0 metros, proporcionando espacio de seguridad para peatones y ciclistas.		No cuenta el diseño actual con espaldón.	2.0 m	1.5 m

**Fuente:** Autor

#### 4.4. Recorrido del vehículo de diseño

El diseño propuesto cumple con las normas de seguridad y eficiencia vial establecidas. Según la Federal Highway Administration, una rotonda de dos carriles debe garantizar la seguridad incluso ante la circulación de vehículos pesados. Para verificar esto, el *Anexo 5* presenta la simulación del recorrido del vehículo de diseño AASHTO WB-20, mientras que la *Tabla 13* detalla sus dimensiones conforme a la normativa. A partir de estos datos, se evalúa si la trayectoria del vehículo se desarrolla sin interferencias. Este análisis confirma que la geometría de la rotonda permite un tránsito fluido y seguro.

**Tabla 13:** Medidas del vehículo de diseño WB - 20.

Vehículo de diseño	Símbolo	Altura	Ancho	Longitud	Voladizo Delantero	Voladizo trasero	WB1	WB2
Cabezal con semirremolque	WB-20	4.10 m	2.60 m	22.40 m	1.20 m	1.40 m - 1.80 m	6.6 m	13.20 m - 13.80 m

**Fuente:** Federal Highway Administration

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- El análisis de la intersección a nivel se fundamentó en una revisión exhaustiva de normativas y guías de diseño tanto nacionales como internacionales, incluyendo la FHWA (Federal Highway Administration), el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 de Perú y el Manual de Diseño de Carreteras Colombiana 2008. Estas referencias establecen los criterios mínimos que debe cumplir una rotonda de dos carriles para garantizar la seguridad y eficiencia en la circulación.
- El conteo vehicular permitió determinar la demanda de tráfico en la intersección, identificando los volúmenes y patrones de circulación que inciden en el comportamiento de los conductores. Esta información resultó clave para evaluar la funcionalidad de la infraestructura actual y definir los ajustes necesarios en su diseño.
- A través del levantamiento topográfico con dron, se verificó que la rotonda de dos carriles ubicada en la cabecera de la ciudad de Pasaje no cumple con los parámetros mínimos de diseño. Se identificaron deficiencias en elementos clave como el círculo inscrito, la isleta central, las isletas divisorias en dos de los cuatro ramales de entrada, los radios de entrada y salida, los ángulos entre ramales de aproximación, la velocidad de diseño y la ausencia de espaldones.

Entre los principales problemas detectados, se registraron radios de entrada de hasta 835.35 m y de salida de 94.51 m, lo que podría favorecer a maniobras de giro a alta velocidad y aumentar el riesgo de accidentes. Además, la insuficiente longitud de las isletas divisorias reduce la visibilidad y señalización anticipada para los conductores, incrementando la posibilidad de excesos de velocidad y maniobras inseguras. La ausencia de espaldones también representa una deficiencia crítica, ya que impide la existencia de un área de detención en caso de emergencia, lo que puede obstruir la circulación y aumentar el riesgo de colisiones.

- Ante estos hallazgos, se propuso un rediseño de la rotonda basado en las normativas mencionadas, garantizando el cumplimiento de los estándares

mínimos de seguridad y confort. Además de optimizar la infraestructura actual mediante la reducción de velocidades de entrada, la mejora en la visibilidad, la incorporación de refugios peatonales y la adecuación de los radios de entrada y salida para un tránsito más fluido y seguro, este rediseño también busca establecer pautas claras a través del contraste con diversas normativas. De este modo, se proporciona un marco de referencia que podrá aplicarse en futuras intersecciones a nivel tipo rotonda, asegurando que estas cumplan con los criterios de seguridad y eficiencia desde su fase de diseño.

## **5.2. Recomendaciones**

- Para el levantamiento topográfico de una infraestructura vial tipo rotonda, se recomienda el uso de un dron con un área de cobertura mínima de 28.49 hectáreas. Además, se deben colocar al menos tres puntos de control en el terreno para la georreferenciación, asegurando imágenes con un margen de error no mayor a 0.039 m. Las ortofotos deberán ser procesadas mediante la técnica de superposición de imágenes para generar un ortomosaico georreferenciado sin solapes ni distorsiones visibles.
- Antes de iniciar el diseño, se recomienda realizar un conteo vehicular, esta práctica facilitará la obtención del volumen de tráfico, mismo que servirá para comenzar con el proceso de diseño de la rotonda, y será la guía para preestablecer las medidas de los elementos geométricos de la infraestructura vial.
- Es fundamental que el diseño cumpla con los parámetros mínimos establecidos en las normativas nacionales e internacionales, en el caso de las normativas internacionales, se debe contrastar su efectividad con otros diseños de índole similar al objeto de estudio y evaluar su desempeño.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahac, S., Ahac, M., Džambas, T., & Dragčević, V. (2022). The Design Vehicle Steering Path Construction Based on the Hairpin Bend Geometry—Application in Roundabout Design. *Applied Sciences*, *12*(21), 11019.  
<https://doi.org/10.3390/app122111019>
- Ahac, S., & Dragčević, V. (2021). Geometric Design of Suburban Roundabouts. *Encyclopedia*, *1*(3), 720-743. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1030056>
- Alshannaq, M., & Imam, R. (2020). EVALUATING THE SAFETY PERFORMANCE OF ROUNDABOUTS. *Transport Problems*, *15*(1), 141-152.  
<https://doi.org/10.21307/tp-2020-013>
- Anagnostopoulos, A., & Kehagia, F. (2020). CAVs and roundabouts: Research on traffic impacts and design elements. *Transportation Research Procedia*, *49*, 83-94. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.09.008>
- Ballari, S. O. (2022). *Profesor asociado y director del Departamento de Ingeniería Civil, Campus Técnico de las Instituciones Guru Nanak, Hyderabad, Telangana.*
- Bezina, Š., Dragčević, V., & Stančerić, I. (2020). Approach Alignment Impact on the Geometric Design of Urban Roundabouts. *Transportation Research Procedia*, *45*, 700-707. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.108>
- Cañón Buitrago, E. D., Vargas Vargas, W. E., & Benavidez Zambrano, A. M. (2021). Propuesta de radios de giro para el diseño vial urbano en Colombia, caso camiones articulados. . . pp., 12.
- Chang, X., Li, H., Rong, J., Chen, X., & Wang, Y. (2019). Determining the appropriate lane width at urban signalised intersections – a case study in Beijing. *IET*

*Intelligent Transport Systems*, 13(12), 1785-1791. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2018.5401>

Davidović, S., Bogdanović, V., Garunović, N., Papić, Z., & Pamučar, D. (2021).

Research on Speeds at Roundabouts for the Needs of Sustainable Traffic Management. *Sustainability*, 13(1), 399. <https://doi.org/10.3390/su13010399>

Del Río Santana, O., Gómez Córdova, F. de J., López Castillo, N. V., Saenz Esqueda, J.

A., & Tadeo, A. (2020). *Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones*. 14(2).

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490001>

Demir, H. G., & Demir, Y. K. (2020). A Comparison of Traffic Flow Performance of

Roundabouts and Signalized Intersections: A Case Study in Nigde. *The Open Transportation Journal*, 14(1), 120-132.

<https://doi.org/10.2174/1874447802014010120>

Design limits for intersection angles between approach legs of suburban roundabouts.

(2019). *Journal of the Croatian Association of Civil Engineers*, 71(5), 389-399.

<https://doi.org/10.14256/JCE.2029.2017>

Dwekat, T. M., & Almsre, A. A. (2022). *Effect of roundabout design on the behavior of*

*road users: A case study of roundabouts with application of Unsupervised*

*Machine Learning*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.14540>

Fares Tarhuni, Rupesh Mahat, Ahmed Eltwati, Mohammed Eldofani, & Abdulsalam

Albarki. (2023). Turbo-Roundabouts as a Tool for Enhancing Urban Efficiency

and Safety: A Case Study. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 34(1), 279-288.

<https://doi.org/10.37934/araset.34.1.279288>

- Ge, Z., Du, M., Zhou, J., Jiang, X., Shan, X., & Zhao, X. (2023). An Assessment Scheme for Road Network Capacity under Demand Uncertainty. *Applied Sciences*, 13(13), 7485. <https://doi.org/10.3390/app13137485>
- Gkyrtis, K., & Kokkalis, A. (2024). An Overview of the Efficiency of Roundabouts: Design Aspects and Contribution toward Safer Vehicle Movement. *Vehicles*, 6(1), 433-449. <https://doi.org/10.3390/vehicles6010019>
- Guerrieri, M. (2024). A practical method for assessing sustainable traffic levels of roundabouts in urban areas using the macroscopic fundamental diagram. *Sustainable Futures*, 7, 100157. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100157>
- Jin, Y., Wu, J., Wang, W., Wang, Y., Yang, X., & Zheng, J. (2022). Dense Vehicle Counting Estimation via a Synergism Attention Network. *Electronics*, 11(22), 3792. <https://doi.org/10.3390/electronics11223792>
- Karwand, Z., Mokhtar, S., Suzuki, K., Oloruntobi, O., Shah, M. Z., & Misnan, S. H. (2023). Impact of Splitter-Island on Pedestrian Safety at Roundabout Using Surrogate Safety Measures: A Comparative Study. *Sustainability*, 15(6), 5359. <https://doi.org/10.3390/su15065359>
- Nizamuddin, N., Wirandha, F. S., & . A. (2023). Utilization of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Topographic Survey Using Ground Control Points (GCP) from Geodetic GNSS. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 12(1), 60-68. <https://doi.org/10.13170/aijst.12.1.31606>
- Orozco Rivera, J., Ceballos, Y., & Castillos Grisales, J. (s. f.). Análisis del alto flujo vehicular para una vía de acceso a Medellín usando simulación basada en agentes. *2021*, 21(1), 73-87.

- Pacheco, H., Jarre, E., Macías, J. R., Intriago, F., Ortega, B., & Menéndez, E. (2023). *Uso de un vehículo aéreo no tripulado como alternativa para generar información topográfica. 14(1), 62-74.*
- Pérez, O. S., Suárez, Y. S., Esquivel, H. M., Silvio, J., Vázquez, D., & Martínez, R. M. (2021). *SOLUCIÓN CONCEPTUAL DE INTERCAMBIO SEMIDIRECCIONAL EN VARADERO. 2.*
- Pratelli, A., Souleyrette, R. R., & Brocchini, L. (2022). Two-Geometry Roundabouts: Design Principles. *Transportation Research Procedia, 64*, 299-307.  
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.09.034>
- Ulchurriyah, N., Rifai, A. I., & Taufik, M. (2023). The Geometric Redesign of Horizontal Curved Using AutoCAD Civil 3D®: A Case Jalan Garuda – Jalan Moh. Hatta, Tasikmalaya West Java. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Science, 1(1)*, 288-303. <https://doi.org/10.55324/ijoms.v1i1.389>
- Vera, J. |, Loor, J., Ortiz Hernández, E., & Delgado, D. (2021). Análisis del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Manabí y América, Portoviejo, Ecuador: Analysis of the service level at the intersection of the Manabí and America avenues, Portoviejo, Ecuador. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721, 6(2)*, 29-42.  
<https://doi.org/10.33936/riemat.v6i2.4287>
- Wang, C., Wang, Y., & Peeta, S. (2022). Cooperative Roundabout Control Strategy for Connected and Autonomous Vehicles. *Applied Sciences, 12(24)*, 12678.  
<https://doi.org/10.3390/app122412678>



Anexo 1: Estado actual de la rotonda.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
*Calidad, pertinencia y calidad*  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**CONTIENE:**  
ESTADO ACTUAL DE LA ROTONDA

**UBICACIÓN:**  
CANTÓN PASAJE - PROVINCIA EL ORO



**ELABORADO POR:**  
ING. ANTHONY STEVEN LEÓN  
VALLADOLID

**ESCALA:**  
1:1000



**Anexo 2: Medidas del estado actual de la rotonda.**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
*Calidad, pertinencia y calidad*  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**CONTIENE:**  
 MEDIDAS DEL ESTADO ACTUAL DE LA  
 ROTONDA

**UBICACIÓN:**  
 CANTÓN PASAJE - PROVINCIA EL ORO



**ELABORADO POR:**  
 ING. ANTHONY STEVEN LEÓN  
 VALLADOLID



**ESCALA:**  
 1:1000



Anexo 3: Movimiento y cantidad de vehículos que circulan por la rotonda en el ramal más crítico



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
*Calidad, pertinencia y calidez*  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**CONTIENE:**  
RASTREO DE LA CANTIDAD Y MOVIMIENTO DE LOS VEHICULOS QUE INGRESAN POR EL TERCER RAMAL EN SENTIDO SUR

**UBICACIÓN:**  
CANTÓN PASAJE - PROVINCIA EL ORO

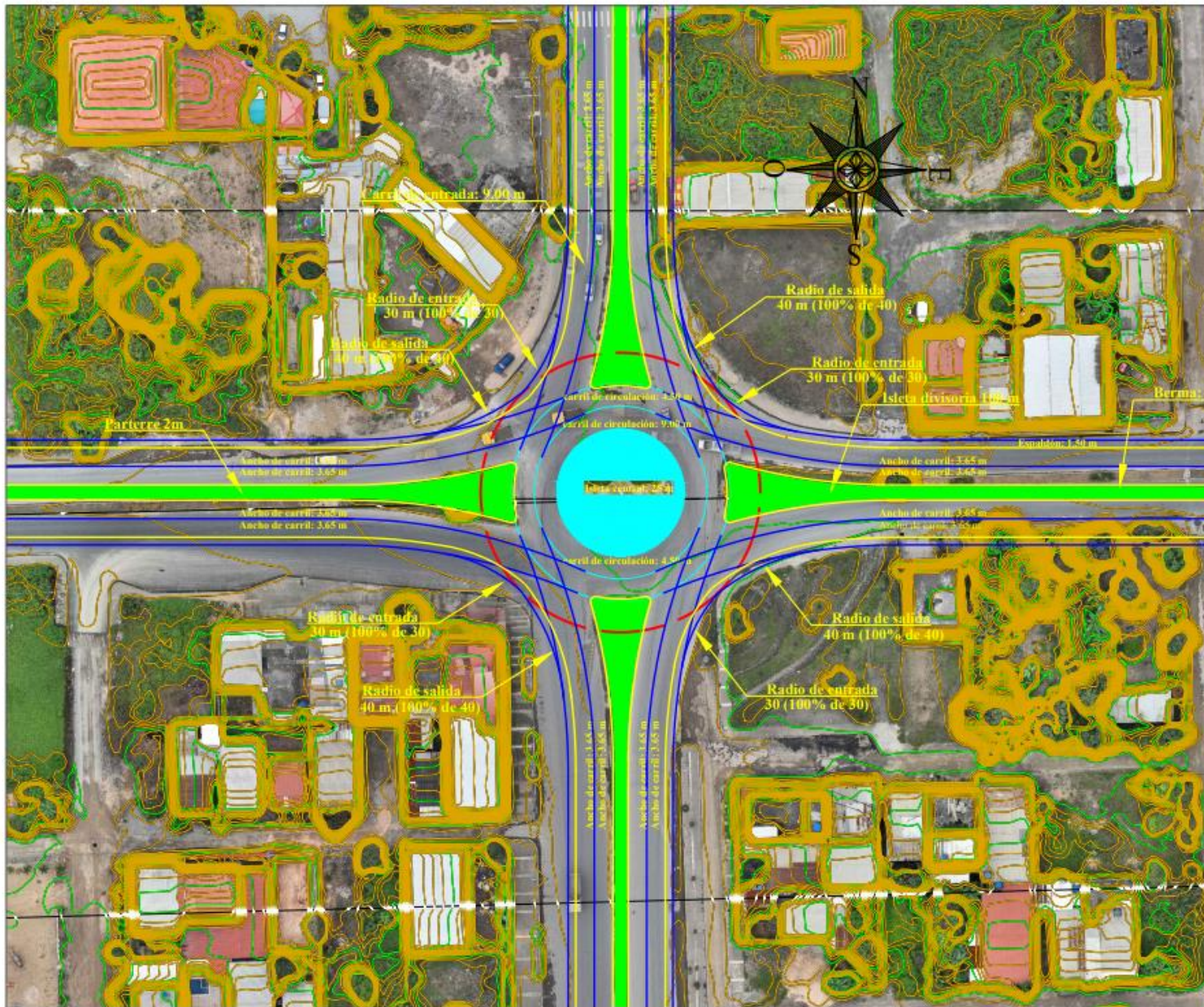


**ELABORADO POR:**  
ING. ANTHONY STEVEN LEÓN VALLADOLID



**ESCALA:**  
1:1000



Anexo 4: Rediseño de los elementos geométricos de la rotonda



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
*Calidad, pertinencia y calidad*  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**CONTIENE:**  
 REDISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA ROTONDA

**UBICACIÓN:**  
 CANTÓN PASAJE - PROVINCIA EL ORO

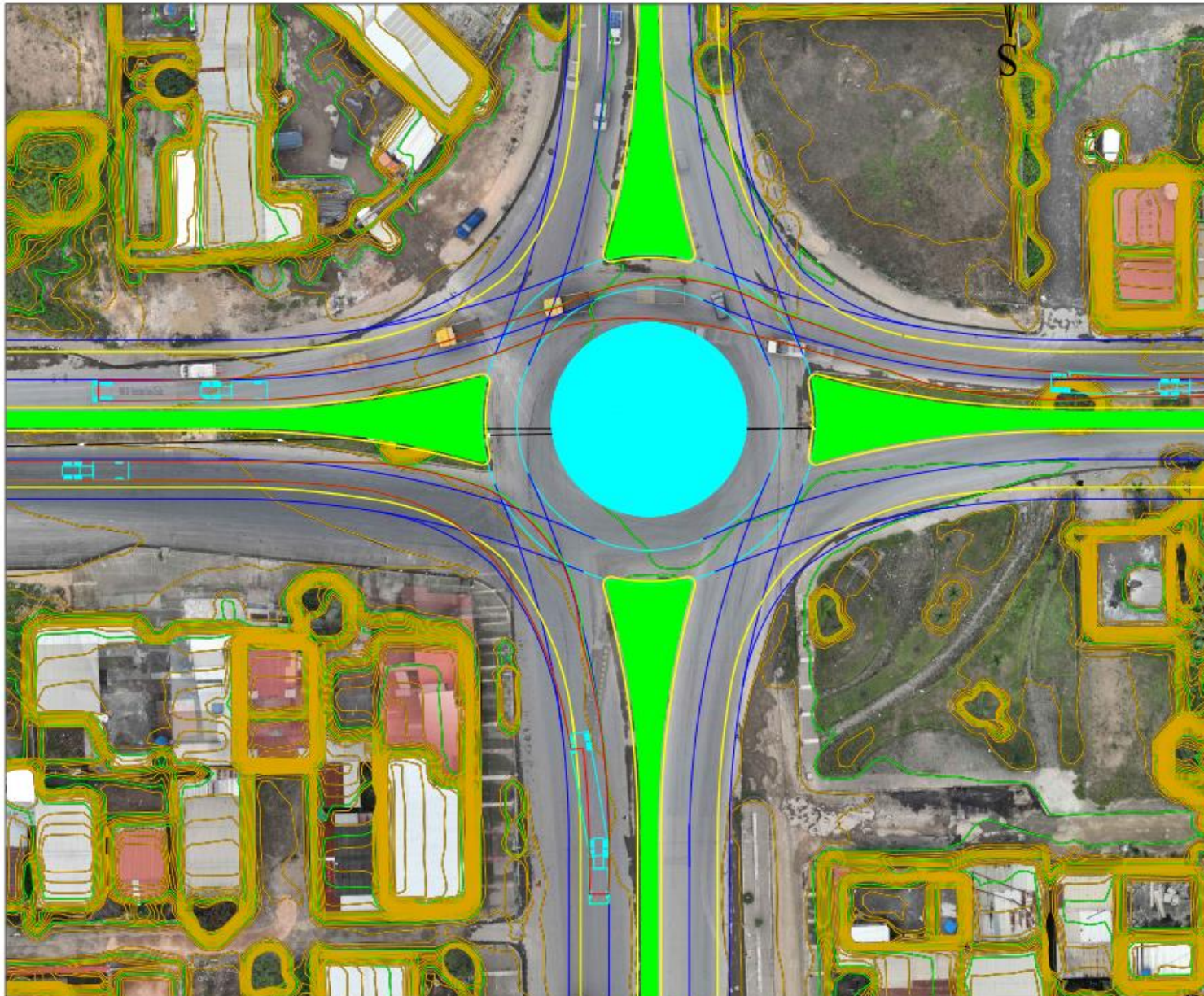


**ELABORADO POR:**  
 ING. ANTHONY STEVEN LEÓN  
 VALLADOLID



**ESCALA:**  
 1:1000



**Anexo 5:** Recorrido del vehículo de diseño ASSHTO WB-20



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
*Calidad, pertinencia y calidad*  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**CONTIENE:**  
SIMULACION DEL RECORRIDO DEL  
VEHICULO DE DISEÑO AASHTO WB-20

**UBICACIÓN:**  
CANTÓN PASAJE - PROVINCIA EL ORO



**ELABORADO POR:**  
ING. ANTHONY STEVEN LEÓN  
VALLADOLID

**ESCALA:**  
1:1000