



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Evaluación del trazado geométrico a la intersección tipo rotonda El Aguador  
en la Ciudad de Machala**

**JAPON NEVAREZ ANGIE MAYDED  
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Evaluación del trazado geométrico a la intersección tipo rotonda El  
Aguador en la Ciudad de Machala**

**JAPON NEVAREZ ANGIE MAYDED  
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**Evaluación del trazado geométrico a la intersección tipo rotonda El  
Aguador en la Ciudad de Machala**

**JAPON NEVAREZ ANGIE MAYDED  
INGENIERA CIVIL**

**OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER**

**MACHALA  
2024**



# EVALUACIÓN DEL TRAZADO GEOMÉTRICO A LA INTERSECCIÓN TIPO ROTONDA DENOMINADA "EL AGUADOR" EN LA CIUDAD DE MACHALA\_JAPÓN ANGIE

**0%**  
Textos sospechosos

**0%** Similitudes  
0% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas

**0%** Idiomas no reconocidos

<b>Nombre del documento:</b> EVALUACIÓN DEL TRAZADO GEOMÉTRICO A LA INTERSECCIÓN TIPO ROTONDA DENOMINADA "EL AGUADOR" EN LA CIUDAD DE MACHALA_JAPÓN ANGIE.pdf <b>ID del documento:</b> 20f38d79bcf36dea859c6f2de93e9868061bf9cf <b>Tamaño del documento original:</b> 3,42 MB <b>Autores:</b> []	<b>Depositante:</b> Oyola Estrada Erwin Javier <b>Fecha de depósito:</b> 4/2/2025 <b>Tipo de carga:</b> interface <b>fecha de fin de análisis:</b> 4/2/2025	<b>Número de palabras:</b> 12.074 <b>Número de caracteres:</b> 85.081
---	--	--

Ubicación de las similitudes en el documento:

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

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec">repositorio.utmachala.edu.ec</a>   Costo y plazo aplicando el método pert en la constr... <a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/14511">http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/14511</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

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

La que suscribe, JAPON NEVAREZ ANGIE MAYDED, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación del trazado geométrico a la intersección tipo rotonda El Aguador en la Ciudad 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 la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora 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.

La autora 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.



---

JAPON NEVAREZ ANGIE MAYDED

0750796575

## DEDICATORIA

Cada uno de mis logros son cumplidos porque Dios ha sido un refugio y apoyo fundamental en este largo camino de Estudio por eso le dedico cada logro que tengo.

Todo Trabajo y guía para construirme en una mejor persona han sido gracias a mis padres ***Miguel Angel Japón y Flor Maria Nevarez***, no solo les dedico este trabajo si no cada logro que tuve y que tendré a lo largo de mi vida, mis pilares fundamentales, el apoyo que nunca me faltó, acompañándome en cada etapa de felicidad, estrés, llantos y madrugadas, han sentido conmigo cada logro y fracaso facilitándome las cosas para no colapsar, pero siempre me han dicho que yo puedo. Gracias por enseñarme que las cosas se las consigue con esfuerzo y trabajo honesto sin humillar a otros. Papi y mami ustedes se merecen cada crédito. Espero no defraudar su confianza y devolverles más de lo que me dieron.

Les dedico esto también a mis hermanos, ***Maily y Sebastian*** quienes a lo largo de los años han llenado mi vida de alegría, su compañía y cariño hacen que todo sea menos estresante. Me han hecho compañía en las madrugadas para no sentirme sola, espero servir un poco de ejemplo, deseo que ustedes sean mejores que yo. A mi Bellita que ya no me acompaña, pero desde el día uno que Inicio esto estuvo a mi lado, junto a mi mesa de estudio, me dejó físicamente a poco de culminar, pero su compañía aun la sigo sintiendo.

A mis abuelos, tíos y primos que con sus palabras de aliento también han hecho que tome fuerzas para convertirme en una buena profesional.

Dedico este logro también a mí, que sentí cada una de las experiencias en este trayecto, no fue fácil, crecieron nuevas inseguridades, desafíos y ansiedades, pero con esfuerzo he logrado llegar a esta etapa final, aunque siempre se presentaban problemas y enfermedades en el camino pude manejarlo. Espero en el futuro dejar de procrastinar las cosas y ser más responsable.

**Angie Mayded Japón Nevarez**

## **AGRADECIMIENTO**

Un merecido agradecimiento al Ing. Erwin Javier Oyola por brindar sus conocimientos para ayudar a darle estructura a este trabajo, sin su apoyo y orientación hubiera sido difícil. También al Ing. Carlos Sánchez, quien también brindo su conocimiento cuando lo solicitada.

Le agradezco a mis amigos de vida, que sin estar presentes o compartir un aula de clases han sido de gran apoyo en mi carrera universitaria, mis amigas Allison, Priscilla y Joselyn, Anthony, Jimmy, Juanky, Jesthin y Michael, gracias su amistad incondicional.

Agradezco que este largo camino he podido coincidir con maravillosas personas, Gina y Nardy muchas gracias por amistad y apoyo, que felicidad haber compartido todo este camino con ustedes, recuerdo que lo veíamos lejos, admiro su esfuerzo, cada etapa de estrés, madrugadas fueron menos agobiantes en su compañía, me enseñaron mucho, les deseo éxitos. También A mis amigos los Amix por brindar alegría, espero que nos volvamos a encontrar.

Finalmente le agradezco a mi persona favorita que conocí en este trayecto universitario, gracias por confiar en mí, tus palabras, amor y ayuda han hecho que tomé fuerzas muchas veces. Coincidir contigo en este viaje ha sido de las mejores experiencias. Que seamos unos grandes profesionales y nos sigamos acompañando a lo largo de la vida.

**Angie Mayded Japón Nevarez**

## RESUMEN

El presente trabajo se encarga de la Evaluación del trazado geométrico a la intersección tipo Rotonda Elíptica El Aguador Ubicada en la Ciudad de Machala. La evaluación se rige por lo dictaminado en tres normativas aplicables al diseño de intersecciones a nivel tipo rotonda, contrastando que cada uno de los elementos geométricos de la infraestructura vial cumpla con los parámetros establecidos de seguridad y funcionalidad. El objeto de estudio cuenta con la particularidad de tener una isleta central de forma elíptica, lo que conlleva a evaluar su diseño a detalle. Es así que, en base a estas particularidades se realiza la combinación de normativas y trazos empíricos utilizando artificios y un método de proporcionalidad la cual ayuda darle las medidas idóneas para garantizar una correcta operatividad, eficiencia y desempeño de la rotonda.

**Palabras Claves:** rotonda; elíptica; intersección; elementos geométricos; manuales de diseño; congestionamiento.

## **ABSTRACT**

The present study focuses on the evaluation of the geometric layout of the El Aguador Elliptical Roundabout, located in the city of Machala. The assessment follows the guidelines set out in three regulations applicable to the design of roundabout-type intersections, ensuring that each geometric element of the road infrastructure complies with the established safety and functionality parameters. The study object is characterised by a central island with an elliptical shape, which necessitates a detailed evaluation of its design. Based on these particularities, a combination of regulations and empirical layouts is applied, using design artifices and a proportionality method to determine the optimal dimensions, ensuring the roundabout's proper operation, efficiency, and performance.

**Keywords:** Roundabout; Elliptical; intersection; geometric elements; design manuals; congestion.

## INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
RESUMEN .....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN .....	11
Importancia del tema.....	11
Actualidad de la problemática.....	11
Estructura del trabajo .....	11
CAPITULO I .....	13
1. Planteamiento del problema .....	13
1.1. Antecedentes (línea base del proyecto).....	13
1.1.1. Ubicación.....	13
1.1.2. Coordenadas Geográficas .....	13
1.1.3. Geografía .....	13
1.1.4. Población .....	14
1.1.5. Transporte a nivel cantonal.....	14
1.2. Descripción de la situación problemática .....	15
1.2.1. Árbol de problema .....	15
1.3. Formulación de Problema .....	16
1.3.1. Problema central .....	16
1.3.2. Primer Problema complementario .....	16
1.3.3. Segundo Problema complementario .....	16
1.3.4. Tercer Problema complementario .....	16
1.4. Delimitación del objeto de estudio.....	16
1.5. Justificación.....	17
1.6. Objetivos .....	18
Objetivo principal.....	18
Objetivos específicos.....	18
CAPITULO II.....	19
2. Marco Teórico.....	19
2.1. Antecedentes contextuales.....	19
2.1.1. Macro.....	19
2.1.2. Meso.....	19
2.1.3. Micro.....	20

2.2.	Antecedentes conceptuales.....	21
2.2.1.	Topografía.....	21
2.2.2.	Modelo digital de elevación (MDE).....	21
2.2.3.	Drones.....	21
2.2.4.	Rotonda.....	21
2.2.5.	Diseño de Rotondas.....	21
2.2.6.	Análisis de la trayectoria barrida.....	22
2.2.7.	Ancho de Carril.....	22
2.2.8.	Radio de la isla central.....	23
2.2.9.	Densidad Vial.....	23
2.2.10.	Conteo vehicular.....	23
2.2.11.	Capacidad vehicular.....	23
2.2.12.	Seguridad Vial.....	23
2.3.	Antecedentes referénciales o históricos.....	23
CAPITULO III.....		25
3.	Metodología.....	25
3.1.	Modalidad Básica de la investigación.....	25
3.2.	Tipo de investigación.....	25
3.2.1.	Investigación Documental.....	25
3.2.2.	Investigación de Campo.....	25
3.2.3.	Investigación experimental.....	26
3.3.	Objeto de estudio.....	26
3.4.	Descripción de la población y muestra.....	26
3.4.1.	Tamaño de la muestra.....	26
3.5.	Métodos teóricos o empíricos con los materiales utilizados.....	26
3.5.1.	Manual de diseño geométrico de Perú.....	28
3.5.2.	Manual de diseño geométrico de Colombia.....	30
3.5.3.	Especificaciones de la Guía informativa FWHA-2010.....	31
3.5.4.	Conteo Vehicular.....	34
3.5.5.	Capacidad Vehicular.....	34
CAPITULO IV.....		35
4.	Análisis e interpretación de resultados.....	35
4.1.	Análisis de resultados.....	35
4.1.1.	Análisis Topográfico-Fotogramétrico.....	35
4.1.2.	Interpretación de conteo vehicular.....	37

4.1.3.	Diagnóstico de la situación actual del Redondel EL Aguador.....	39
4.2.	Interpretación de Datos .....	44
4.2.1.	Interpretación del conteo vehicular.....	44
4.2.2.	Interpretación Del Modelo Actual .....	46
4.2.3.	Diseño empírico de la rotonda elíptica El Aguador .....	51
	CONCLUSIONES .....	61
	RECOMENDACIONES.....	63
	FUENTES BIBLIOGRAFICAS.....	64
	ANEXOS .....	67

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:Ubicación geográfica de la intersección de la calle circunvalación Norte y Guayas. ....	13
Ilustración 2Árbol de Problemas- causas y efectos del objeto de estudio. ....	15
Ilustración 3Delimitación de la zona de estudio del monumento del Aguador .....	17
Ilustración 4: Esquema básico de una intersección tipo rotonda o glorieta-Perú. ....	29
Ilustración 5: Esquema básico de una intersección tipo Glorieta .....	30
Ilustración 6: Comparación de categoría de rotondas. ....	31
Ilustración 7: Rango típicos de diámetro de círculo inscrito. ....	32
Ilustración 8: Dimensiones mínima de la isleta de partida para la FHWA 2010 .....	33
Ilustración 9: Patrón de vuelo del Dron .....	35
Ilustración 10 Alineamiento y Construcción 3D: .....	36
Ilustración 11: Orto mosaico y Modelo Digital de Superficie (DSM).....	37
Ilustración 12: Isleta central y Círculo inscrito de la Rotonda El Aguador .....	39
Ilustración 13: Ramal de la Circunvalación Norte (Noroeste).....	40
Ilustración 14:Ramal Vía el Guayas .....	41
Ilustración 15: Ramal Circunvalación Norte (Sureste).....	42
Ilustración 16: Ramal Vía la primavera .....	43
Ilustración 17: Demostración gráfica de los volúmenes de ingreso a la rotonda el Aguador .....	45
Ilustración 18: Trazado con ayuda de círculos guía.....	51
Ilustración 19: Diámetro mayor y menor de la Isleta central.....	52
Ilustración 20: Diseño empírico de diseño de la Glorieta El Aguador con su Ortofoto .	54
Ilustración 21: Trazado empírico de la Glorieta El Aguador .....	54

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1:Coordenadas geográficas del Monumento el Aguador .....	13
Tabla 2: Descripción del proceso metodológico .....	27
Tabla 3: Criterios de diseño geométrico de rotondas-Perú .....	30
Tabla 4:Criterios de diseño de glorietas-Colombia.....	31
Tabla 5: Criterios de diseño geométricos de la Guía FWHA 2010.....	33
Tabla 6: Tabla de tabulación de datos del conteo vehicular.....	34
Tabla 7: Clasificación del volumen de tráfico. ....	34
Tabla 8: Conteo vehicular de la circunvalación Norte (Noroeste).....	37
Tabla 9: Conteo vehicular de la Vía Guayas.....	38
Tabla 10: Conteo vehicular de la Vía la Primavera .....	38
Tabla 11: Conteo vehicular de la Circunvalación Norte (Sureste).....	38
Tabla 12: Medidas de la rotonda El Aguador.....	39
Tabla 13: Medidas del ramal Circunvalación Norte (Noroeste) .....	40
Tabla 14: Medidas del ramal Vía el Guayas .....	41
Tabla 15 Medidas del ramal Circunvalación Norte (Sureste).....	42
Tabla 16: Medidas del ramal circunvalación Norte (Sureste).....	43
Tabla 17: Volumen critico a la entrada del ramal circunvalación Norte (Noroeste).....	44
Tabla 18:Volumen critico a la entrada del ramal vía la primavera.....	44
Tabla 19:Volumen critico a la entrada del ramal Circunvalación Norte (Noreste).....	44
Tabla 20:Volumen critico a la entrada del ramal vía Guayas.....	45
Tabla 21:Comparación de la rotonda con las especificaciones de la FWHA-2010.....	46
Tabla 22: Comparación de la rotonda con la seguridad vial de la FHWA-2010.....	47
Tabla 23: Comparación de la rotonda con las especificaciones de la Norma peruana- 2018 .....	48
Tabla 24: Comparación de la rotonda con la seguridad vial con las especificaciones de la Norma peruana-2018 .....	49
Tabla 25:Comparación de la rotonda con las especificaciones de la Norma colombiana- 2008 .....	49
Tabla 26: Comparación de la rotonda con las especificaciones de la Norma Colombiana- 2008 .....	50
Tabla 27: Tabla de la propuesta de diseño con las normativas combinadas .....	55

## INTRODUCCIÓN

### **Importancia del tema**

En el contexto del desarrollo vial en Ecuador, las rotondas han emergido como una solución clave para mejorar la seguridad y eficiencia del tráfico en intersecciones críticas. Es importante que se evalúe la influencia de un buen diseño geométrico en la Rotonda del Monumento del Aguador de la Ciudad de Machala, para verificar que los vehículos tanto livianos como pesados puedan navegar en ella sin obstruir el flujo de tráfico o causar congestión, previniendo daños a los elementos de su alrededor. Este sistema de glorieta debe garantizar seguridad y cumplir con su objetivo de reducir la velocidad de los vehículos.

### **Actualidad de la problemática.**

El país carece de normas técnicas para el diseño de rotondas, la ausencia de criterios puede llevar a inconsistencias en la construcción y obstrucción en el flujo vehicular. Adoptar normas basadas en estándares internacionales pueden ayudar a mejorar la eficiencia. Para poder determinar soluciones es necesario comprender las maniobras de los vehículos afectados por la geometría de la intersección, sea por trayectoria de giro, velocidades u otros (Dias et al., 2020). En el monumento el Aguador, la rotonda se ve afectada por anchos de carriles variados lo que genera colisión y mala visibilidad de los conductores lo que provocaría accidentes.

### **Estructura del trabajo**

El trabajo se estructura en 4 capítulos, capítulo I comprende la relevancia del proyecto, es la presentación del planteamiento del problema, la ubicación de lugar del trabajo de investigación, antecedentes, descripción de la problemática, justificación y los objetivos planteados que se pretende cumplir en el trabajo.

En el capítulo II se recopila información crucial, contiene todo lo referente a los antecedentes contextuales, conceptuales, muestra casos de estudio indagados por autores de diferentes partes del mundo que aporta directamente con la investigación.

Dentro del capítulo III, se detalla la metodología aplicada, describe los tipos de investigación, menciona el objeto de estudio y continua con la descripción de la población

y muestra dando paso a mencionar los métodos teóricos o empíricos aplicados a la investigación.

Para finalizar el capítulo IV describe el análisis e interpretación de los resultados para culminar con resultados que permitan desarrollar las conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

## CAPITULO I

### 1. Planteamiento del problema

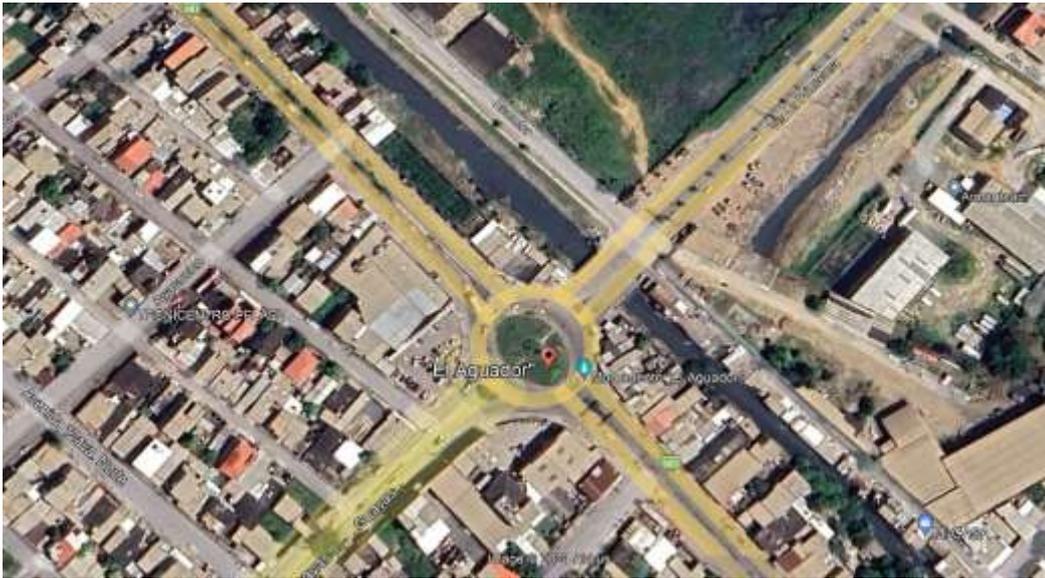
#### 1.1. Antecedentes (línea base del proyecto)

##### 1.1.1. Ubicación

La intersección tipo rotonda “El aguador” se encuentra ubicada en el Cantón Machala en las calles circunvalación Norte y Guayas.

##### 1.1.2. Coordenadas Geográficas

*Ilustración 1: Ubicación geográfica de la intersección de la calle circunvalación Norte y Guayas.*



Fuente: Google Earth Pro

*Tabla 1: Coordenadas geográficas del Monumento el Aguador*

<b>Latitud</b>	<b>3°14'47.97" S</b>
<b>Longitud</b>	<b>79°56'54.21" O</b>
<b>Norte</b>	<b>9641083.64 m S</b>
<b>Este</b>	<b>616840.45m E</b>
<b>Elevación respecto al nivel del mar</b>	<b>4 m</b>

Fuente: Elaboración Propia

##### 1.1.3. Geografía

Machala es una de las ciudades en el Suroeste de Ecuador ubicado en la provincia de el Oro, a orillas del Océano Pacífico, en la parte frontal del Archipiélago de Jambelí, considerada como la “Capital Bananera del mundo”, tiene una altitud aproximadamente de 6 metros a nivel del mar y ocupa una superficie de 40 km<sup>2</sup>, con un clima tipo tropical

húmedo, el terreno es mayormente plano lo que favorece al área de pavimento para diversas construcciones de obras civiles.

#### 1.1.4. Población

El cantón con más habitantes de la provincia del Oro es Machala, mediante el censo realizado en el año 2010 una población entre hombres y mujeres de 256.022 habitantes, el Instituto Nacional de estadísticas y censos ha proyectado la cantidad de población para el año 2020, esta cantidad sería aproximadamente 289.141 personas, según las estadísticas se ve que la cantidad de mujeres se va sobre los hombres, comparación dada por el 50.92% sobre el 49.08%. (GAD Machala, 2022).

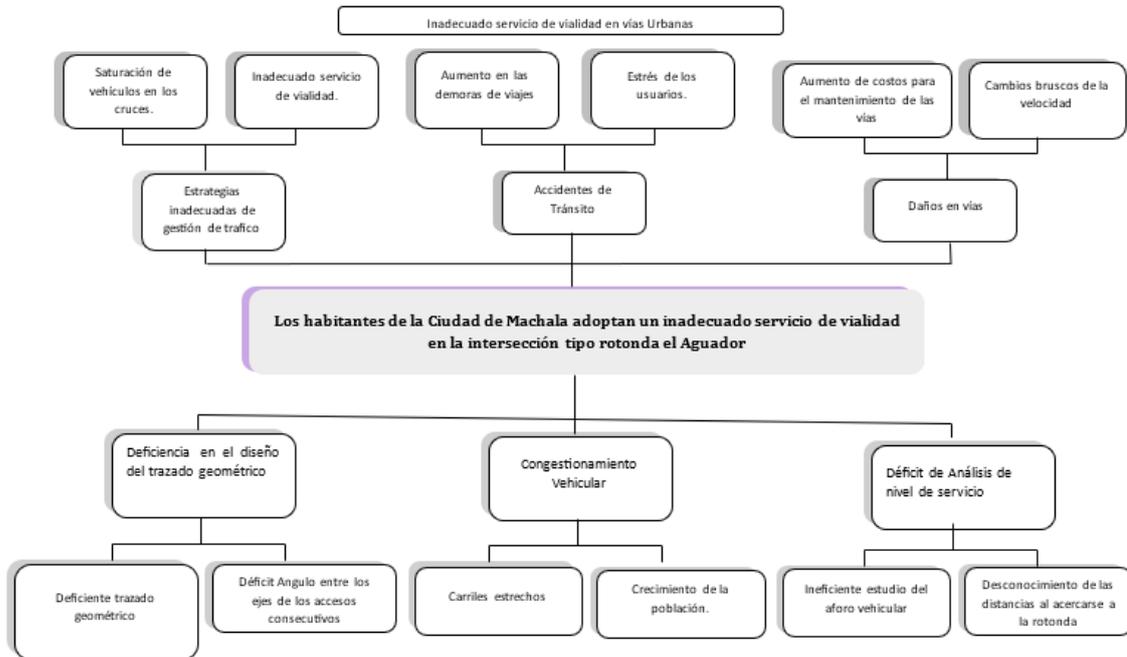
#### 1.1.5. Transporte a nivel cantonal

En la ciudad de Machala la movilidad es crucial para la realización de obras públicas por ende centrándose en el transporte público por día es de 59.706 pasajeros lo que corresponde que al año la cifra es de 21.792.690. Según un informe del gobierno autónomo descentralizado municipal de Machala la frecuencia diaria de transporte es 3.317 donde salen 1.663 y llegan 1.654. Estos datos pueden determinar que en la ciudad existe una presión fuerte sobre el territorio cantonal en zonas urbanas especialmente. (GAD Machala, 2022)

## 1.2.Descripción de la situación problemática

### 1.2.1. Árbol de problema

Ilustración 2: Árbol de Problemas- causas y efectos del objeto de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

La eficiencia en el diseño geométrico de carreteras y rotondas presenta un desafío significativo debido a diversos factores viales. La dificultad de entrada a la rotonda que se ve en uno de los ramales por su diferencia en ancho de carriles generando un cuello de botella y el radio de giro de los vehículos pesados es particularmente notoria en esta ubicación. En situaciones de alta demanda, el tiempo que los conductores pasan desacelerando, haciendo cola y esperando un hueco en el flujo de circulación (Alshannaq & Imam, 2020) puede resultar en una congestión significativa, Esto no solo incrementa el tiempo total de desplazamiento, sino que también puede llevar a un mayor consumo de combustible y a un aumento de las emisiones de gases contaminantes.

La evaluación de la influencia del radio de giro de vehículos pesados al interior de una rotonda en los conflictos vehiculares representa un aspecto crucial en el diseño de infraestructuras viales, unos de los principales factores que se presentan en casi el 60% de la rotonda es un radio excesivo y un ángulo de entrada muy bajo (Bezina et al., 2020).

La necesidad de realizar mejoras en el diseño vial de la rotonda se representa como una de las causas a tomar en consideración, las rotondas, por su particular forma de gestionar el tráfico, pueden tener un impacto considerable en las condiciones de circulación, no

solo en sus entradas, sino también en las calles adyacentes. Este efecto se vuelve especialmente pronunciado en situaciones de tráfico saturado, donde incluso pequeñas interrupciones en cualquier tramo pueden influir notablemente en el flujo vehicular general. (Davidović et al., 2021). En América Latina el crecimiento urbano se ha planificado de manera insostenible lo que genera un aumento de vehículos privados que son la opción preferida de los usuarios (Vera et al., 2021)

### **1.3. Formulación de Problema**

#### **1.3.1. Problema central**

¿Los habitantes de la ciudad de Machala adoptan un inadecuado servicio de vialidad en la intersección tipo rotonda El aguador Ubicado en la Ciudad de Machala?

#### **1.3.2. Primer Problema complementario**

¿El trazado geométrico cumple con el reglamento técnico ecuatoriano garantizando una gestión de tráfico vehicular adecuado?

#### **1.3.3. Segundo Problema complementario**

¿Existe congestión vehicular a causa del diseño de los carriles estrechos que se derivan de la intersección tipo rotonda El aguador Ubicado en la Ciudad de Machala?

#### **1.3.4. Tercer Problema complementario**

¿Se tiene un análisis de capacidad vehicular actual para que no se presente aforos vehiculares que genere congestión y daños en vías?

### **1.4. Delimitación del objeto de estudio**

En la rotonda del monumento el Aguador se delimitará como zona de estudio las intersecciones de los 4 carriles a 100 metros de diámetro de la glorieta, se conectan principalmente la Av. Circunvalación Norte y Guayas ubicadas en la ciudad de Machala, donde se interceptan también la vía Primavera la cual es una ruta importante que conecta el norte de Machala con la parroquia La Iberia y se usa para facilitar el traslado del banano para el Puerto Bolívar.

*Ilustración 3: Delimitación de la zona de estudio del monumento del Aguador*



Fuente: Elaboración Propia

### **1.5. Justificación**

El trabajo presentado tiene como finalidad otorgar una evaluación al diseño geométrico de una intersección a nivel tipo rotonda donde se aplica criterios técnicos extraídos de diferentes fuentes bibliográficas como Artículos científicos, trabajos de titulación y doctorados donde se pretende utilizar diferentes normas para obtener criterios de diseño de una glorieta.

La adaptación de rotonda debe presentar un diseño que satisfaga las necesidades básicas de los usuarios como la comodidad y seguridad al momento de transitar la vía. Logrando esto a través de adecuadas estrategias y explotando al máximo el rendimiento del espacio de vía utilizada. (Ahac & Dragčević, 2021). Las rotondas son una opción frecuente en el diseño vial, ya que se consideran más seguras que otras intersecciones que no cuentan con semáforos. (Alhadidi et al., 2024)

Machala es una de las ciudades de la provincia del Oro con más población teniendo en cuenta que es la que traslada el banano a diferentes zonas del Ecuador por ende el crecimiento vehicular es mayor, tomando en cuenta que la zona de estudio es parte importante para diferentes conexiones a otros lugares fuera de Machala lo que es evidente

que circulan vehículos livianos y pesados, la configuración de una rotonda está determinada por las características del vehículo considerado en el diseño. (Perez et al., 2020) debe tener una comodidad de tránsito que permita una fluidez vehicular constantes intentando reducir a la menor probabilidad posible de accidentes automovilísticos. (Hernández Betancourt et al., 2015)

Al implementar redondeles se visualiza menos punto de conflicto, es decir, no se espera menos congestión vehicular, reduciendo choques frontales y laterales hay que obliga a reducir las velocidades al acercarse e ingresar a comparación a las intersecciones semaforizadas donde se chocan con la velocidad. (Anagnostopoulos & Kehagia, 2020)

Este trabajo tiene como fin dar a conocer cuando hay un tipo de condición inadecuada en el trazado geométrico, sea este las partes de giros que deben cumplir con las normas establecidas; también es importante mencionar que para esta evaluación correcta se necesita un levantamiento topográfico el cual se lleva a cabo con el RTK y Dron, la utilización de esta nueva herramienta ayuda a disminuir el tiempo que se emplean al levantar una zona delimitada y la seguridad ya que puedes desplazarse en zonas de alto riesgo y difícil acceso. (Cortés Ospina, 2021)

## **1.6.Objetivos**

### **Objetivo principal**

Evaluar elementos geométricos de la intersección tipo rotonda elíptica denominada el aguador, mediante la utilización de equipos informáticos y topográficos para realizar un análisis de cumplimiento de las normas de diseño de rotondas.

### **Objetivos específicos**

- Identificar los diferentes criterios de diseño que se presenta para una rotonda mediante la investigación bibliográfica, apoyo de las metodologías y normativas de diseño.
- Realizar levantamiento de campo mediante equipo topográfico y conteo vehicular para obtener información detallada de la superficie del terreno actual.
- Realizar el análisis comparativo y combinación de trazos empíricos mediante las normativas de diseño para un diseño eficiente de la intersección tipo rotonda El Aguador.

## CAPITULO II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1. Antecedentes contextuales.

##### 2.1.1. Macro

El implemento de intersecciones en vías es determinante para la circulación más optima y segura, aquí se desempeña la eficiencia y el ordenamiento del tráfico en entornos urbanos y rurales. Las grandes aplicaciones que se han realizado en diferentes partes del mundo son diversas y responden a las necesidades de las áreas según la eficiencia del tráfico promoviendo una movilidad sostenible.

Todo tipo de intersección se ha construido mediante normativas de seguridad y de factores de diseño, Para Pekin (Beijing) capital de la República Popular China se hizo un estudio de caso donde se analiza las relaciones entre el ancho del carril y los factores de diseño en las intersecciones urbanas señalizadas, dentro de lo estudiado se implementa el caudal de saturación, la distancia de seguridad lateral, tasa de accidentes de tráfico y la comodidad del conductor de las vías. Para poder determinar el ancho de carril adecuado se realizó el estudio y evaluación de más de 3000 intersecciones existentes del lugar, obteniendo como óptimo para las intersecciones cuadrúpedas de 3.1 metros y con 2.8 metros en espacios limitados. (Chang et al., 2019)

En Europa en el Departamento de Ciencias y Tecnologías de la Universidad de Linköping en Norrköping, se ha investigado sobre los impactos que tiene los efectos en el flujo de tráfico y los elementos de diseño de las rotondas cuando los CAV (vehículos conectados y autónomos) se integran en los escenarios de tráfico cotidiano, este impacto se estudia mediante diferentes tasas de penetración de los mismos y su comportamiento de conducción para evaluar el rendimiento operativo e identificar posibles cambios en el diseño a futuro que se pueda tener. (Anagnostopoulos & Kehagia, 2020)

##### 2.1.2. Meso

En la Independencia en Potosí, Bolívar se ha realizado una propuesta para mejoras en el servicio para reducir la congestión del tráfico en la intersección de la Avenida Tinkuy-Canadá-H. Vásquez, donde realiza un enfoque cuantitativo e

investigación descriptiva agregado un diseño de campo para la recopilación de datos donde se incluye un registro del flujo de vehículos y técnicas de observación para llegar a la conclusión que el nivel de servicio de la intersección es C, abriendo así la necesidad de tener una solución de dar una solución que consiste en añadir una nueva rotonda para mejorar los niveles de servicio.(Maldonado Ballesteros, 2023)

Uno de los factores que influyen en la mala optimización de una rotonda es la limitación de espacio en los carriles, por ende, los autores (Vera Luna et al., 2023) han hecho un estudio para evaluar los conflictos que se presentan en una rotonda con una área reducida en la Bogotá-Colombia, donde los vehículos más pesados obstruyen el trayecto de otros vehículos ya que ocupan mayor espacio al momento de realizar el giro, mediante la recolección de datos y la simulación en el software microscópica Vissim para así simular los escenarios posibles con los datos de tráfico recolectados para mejorar la eficiencia de la infraestructura.

### 2.1.3. Micro

Las intersecciones suelen experimentar altos volúmenes de tráfico, lo que provoca congestión del tráfico. Para mejorar la eficiencia del flujo de tráfico se ha simulado un modelo de diseño óptimo propuesto con el software AIMSUN, donde el diseño geométrico es uno de los factores como lo es el flujo de tráfico y los puntos de control, como los semáforos. El estudio fue realizado en la ciudad de Machala-Ecuador en la intersección de la Av. Ferroviaria y la Vía E25. El desarrollo de un modelo de diseño óptimo para las intersecciones en áreas urbanas es crucial para prevenir congestionamiento y otros tipos de accidentes. (Salinas Gonzales et al., 2024)

En Portoviejo se ha realizado un estudio sobre la congestión vehicular en sus intersecciones, para encontrar estrategias para mejorar la movilidad urbana sostenible, se indica que los vehículos livianos son la causa de esta congestión, con un promedio del 64,83 %, que sigue bicicletas de 6,40 % y autobuses de 0,47 %. (Abata Katherine et al., 2022)

## **2.2. Antecedentes conceptuales.**

### **2.2.1. Topografía**

En la ingeniería civil, Adquirir de forma ágil y eficiente información precisa y detallada sobre las características del terreno a través del análisis de su mapa topográfico, permite una mejor comprensión de su relieve, elevaciones y posibles restricciones para su desarrollo. (Gu et al., 2024)

### **2.2.2. Modelo digital de elevación (MDE)**

La base de datos que contiene un formato asignado numérico donde se muestra las elevaciones del terreno de manera grafica se puede denominar MDE, aquí la superficie del terreno seleccionado muestra una manera más simplificada de los datos geométricos, dentro de este formato Abarca datos de puntos sobre la superficie analizada, coordenadas geográficas, longitud, latitud y altitud de la zona. (Robledo-Hidalgo Rodrigo et al., 2020)

### **2.2.3. Drones**

Actualmente, la tecnología ha invadido muchas de las áreas de la ingeniería, donde parte de un punto el cual es facilitar el trabajo que se desempeña, los drones dotados de avanzadas herramientas de captura de imágenes han transformado la investigación en áreas de difícil acceso, abriendo nuevas oportunidades para el estudio detallado de la flora presente en acantilados, permitiendo un análisis más preciso de su distribución, salud y adaptación al entorno. (Gao et al., 2024)

### **2.2.4. Rotonda**

Intersecciones con un carril de circulación unidireccional el cual va rodeando una isla central, Mayor mente se encuentran diseño de rotondas donde los vehículos que ingresan a este tipo de intersección deben ceder el paso a los vehículos que se ya sen encuentra en el carril circular. Se sitúa una rotonda en algún terreno donde las condiciones de circulación vehicular no son favorables, por lo tanto, para que la rotonda tenga eficiencia operativa está directamente conectado con las condiciones de tráfico en el carril circular y por supuesto del diseño geométrico de la misma. (Čudina Ivančev et al., 2023)

### **2.2.5. Diseño de Rotondas**

Un buen diseño de rotonda desempeña un papel fundamental en la trayectoria vehicular, donde soluciona el tráfico optimo las condiciones que se presente. Para

un diseño adecuado de la rotonda se basa en primer lugar en el tamaño de las intersecciones donde se selecciona el radio exterior para determinar la capacidad y eficiencia permitiendo un flujo vehicular más suave, otro dato para el diseño inicial es la colocación de ejes de los tramos aproximados y definir cuál será la geometría de diseño de los carriles de entrada y salida que tendrá. (Ahac & Dragčević, 2021)

Para seguir con el diseño se sigue un control de evaluaciones de rendimiento de la rotonda, un análisis de la trayectoria más rápida, la verificación de la trayectoria del vehículo de diseño y el examen de la comprobación de visibilidad. Estos controles al incumplir se debe ajustar la geometría de los elementos utilizados en la fase inicial del diseño. (Ahac & Dragčević, 2021)

#### 2.2.6. Análisis de la trayectoria barrida

Con este análisis se puede asegurar que la geometría de la rotonda permite que los vehículos circulen de manera segura y eficiente. Esto se realiza dibujando las trayectorias que tienen los vehículos en movimiento que se han diseñado para todas las direcciones posibles que se puede presentar en un plano de intersecciones. Se puede realizar hoy en día mediante un simulador por medio de un computador utilizando software especializado como es Vehicle tracking, AutoTURN o también AutoTRACK. Se puede realizar el trazado a mano alzada para que se asemeje más a la realidad, pero debe hacerlo un profesional con experiencia y habilidad en ingeniería. Las relaciones que se tengan mutua dependerán de las condiciones de movimiento a través de la rotonda que tenga el vehículo. (Ahac et al., 2022)

#### 2.2.7. Ancho de Carril.

Actualmente los estudios que se han realizado se ha destacado que la desviación del ángulo recto debe reducirse a  $25^\circ$  para así poder cumplir con las condiciones de distancia visual en las intersecciones. La desviación máxima es de  $30^\circ$ , pero si se habla de ángulos de  $60^\circ$  a  $120^\circ$  ya se van a la categoría de ángulos rectos de intersección entre ejes para el proceso de examinar la distancia de parada y así poder calcular la capacidad de tráfico en las intersecciones. (Stančerić et al., 2019)

#### 2.2.8. Radio de la isla central

Un tamaño adecuado del radio de la isla central permite que los vehículos grandes puedan maniobrar correctamente, mientras que asegura que los vehículos más pequeños reduzcan su velocidad. (Dabiri et al., 2021)

#### 2.2.9. Densidad Vial

El tráfico depende mucho si la zona es transitada con una densidad vial alta, esto depende si el área es urbanas, suburbanas o rurales, las urbanas tiene un desarrollo mayor que las otras por su bajo volumen de tráfico en las carreteras. El kilometraje de las carreteras dentro de una distancia radial predefinida es lo que define la densidad vial.(Pulugurtha & Mathew, 2021)

#### 2.2.10. Conteo vehicular

La congestión vehicular reduce la productividad y contribuye a la contaminación ambiental. Estimar la cantidad de vehículos en condiciones complejas es clave para prevenir congestiones severas y optimizar el flujo de tráfico, permitiendo la planificación dinámica de rutas para evitar vías saturadas. (Jin et al., 2022)

#### 2.2.11. Capacidad vehicular

La capacidad de la red es un indicador esencial para medir el rendimiento del sistema de tráfico. Determina el flujo máximo de vehículos que puede soportar sin afectar la movilidad. Su análisis es clave para mejorar la planificación y optimización del tránsito. (Zhongzhi et al., 2023)

#### 2.2.12. Seguridad Vial

Una de las principales ventajas de las rotondas es la seguridad vial. Estas disminuyen la cantidad de posibles puntos de conflicto y ayudan a prevenir colisiones frontales y en ángulo recto, que suelen ser especialmente peligrosas. (Zakeri & Choupani, 2021)

### **2.3. Antecedentes referenciales o históricos**

Los autores (Paladines Calderon et al., 2023) han llevado a cabo un análisis geométrico de la rotonda del monumento de la Paz que está ubicado en la ciudad de Huaquillas-Ecuador, mediante este análisis se pretende realizar una propuesta geométrica nueva para la intersección donde se pueda dar como resultado la seguridad y que el flujo vehicular sea optimo mediante el Manual de la Administración Federal

de Carreteras (FHWA). El estudio es realizado con la observación del flujo de tráfico desordenado dentro de la rotonda. Para la obtención de datos geométricos del lugar implementaron un estudio topográfico mediante imágenes aéreas por un dron cuadricóptero, para el proceso de resultados que realiza el análisis del tráfico y el diseño mediante el software CAD para validar la nueva geometría propuesta.

Otro tipo de método para simular un modelo de diseño óptimo para mejorar la eficiencia del flujo vehicular los autores. (Salinas Gonzales et al., 2024) Utilizan un software AIMSUN que brinda un análisis de nivel de servicio en la Ciudad de Machala-Ecuador en la intersección de la Av. Ferroviaria y la Via E25. Las intersecciones suelen experimentar altos volúmenes de tráfico lo que provoca congestión del tráfico y un modelo óptimo para intersecciones debe ser crucial para la prevención el congestionamiento y otros tipos de factores.

## CAPITULO III

### 3. Metodología.

#### 3.1.Modalidad Básica de la investigación

El presente trabajo se enmarca dentro de una investigación aplicada, tiene como objetivo principal la evaluación del diseño geométrico de la rotonda, basado en normativas técnicas y análisis de datos como la capacidad vehicular. Además, corresponde a una investigación descriptiva puesto que se detallan las condiciones actuales de la vialidad y se analizan los efectos de diseño. Se aplica el método empírico ya que se pretende obtener conocimiento a partir de la observación de la realidad.

La metodología utilizada es de enfoque cuantitativa, donde se presenta mediciones, cálculos y modelaciones que ayudan a la determinación de los criterios óptimos para el diseño de La rotonda El Aguador. En cuanto a su diseño de investigación se trata de un estudio de caso centrado en una investigación específica donde se evalúa distintas alternativas para la optimización del flujo vehicular y seguridad vial en la intersección tipo glorieta.

#### 3.2.Tipo de investigación

##### 3.2.1. Investigación Documental

Para cumplir el objetivo de la investigación se ha buscado información que permita tener conceptos claros y con más detalles para una correcta aplicación de criterios de lo que es el diseño geométrico. Se ha consultado en manuales de diseño geométrico, normativas vigentes que son los Manuales de Diseño geométrico de Carreteras y normas AASHTO.

##### 3.2.2. Investigación de Campo

Se ha realiza una recopilación de datos en el sitio de estudio, esto sirve para así tener las condiciones reales que van a garantizar la integridad de este trabajo de investigación. Se permite un mejor análisis y toma de decisiones.

##### *3.2.2.1.Levantamiento Topográfico*

El realizar el levantamiento topográfico muestra el estado actual, mostrando detalles de la rotonda y las vías de acceso a la misma realizado con puntos de posicionamiento de referencia con Real-Time Kinematics (RTK) y el dron para una mejor visión de la superficie del terreno lo que permite un mejor manejo para aplicar el trazado geométrico.

#### *3.2.2.2. Conteo vehicular*

Una recopilación manual de datos en el sitio para obtener la variación horaria del volumen de tránsito por cada uno de los ramales de la rotonda, realizando una clasificación por tipos de vehículos como, camiones, carros, motos y buses durante tres días. Estos datos son esenciales para evaluar la capacidad vial y la funcionalidad de la rotonda.

#### *3.2.3. Investigación experimental*

Se apoya en herramientas de diseño asistido por Computadora (CAD) para el desarrollo del diseño geométrico de la rotonda. Lo que ayuda a obtener información de medidas reales permitiendo analizar su desempeño en términos de capacidad y diseño. Este enfoque permite probar y optimizar diferentes alternativas geométricas para una mejor seguridad vial de los habitantes de la zona de estudio.

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

El objeto de estudio de esta investigación es la intersección tipo Rotonda El Aguador en el cantón Machala correspondiente a la provincia de el Oro, donde es una de las rotondas con mayor circulación porque se tiene el acceso de la primavera conectada con la Iberia, la cual es una de las vías para el traslado del banano hacia el Puerto Bolívar por medio de la vía Circunvalación Norte, por ende, constantemente pasa vehículos pesados, y su diseño debe garantizar un funcionamiento adecuado para el flujo vehicular.

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

#### *3.4.1. Tamaño de la muestra*

Para el caso estudio, se comprende 4 ramales, la vía la primavera-Iberia a 400 metros de la circunvalación norte que es otro de los ramales de acceso a la rotonda que es una de las vías principales de la Ciudad de Machala para el 2013 se realizó un TPDA y como resultado dio 22.378 de tráfico promedio. La Avenida Guayas es otra vía que se concentra con la zona de estudio.

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

Con respecto al fundamento teórico, se plantea un proceso metodológico que se muestra en la tabla 2, estructurada para el análisis y documentación de un proceso, que permite registrar información clave sobre cada etapa de este.

Tabla 2: Descripción del proceso metodológico

PROCESO	DESCRIPCIÓN	INSTRUMENTO	RESULTADO	REFERENCIA
Levantamiento topográfico	Medición de la zona de estudio con puntos de referencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Real-Time Kinematics (RTK)</li> <li>• Dron topográfico</li> </ul>	Modelo digital en base a la nube de puntos.	(Baque Solis et al., 2022)
Análisis de la condición de la zona de estudio actual	Análisis topográfico del modelo digital de elevación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software AutoCAD</li> </ul>	Criterios de trazado geométrico actual de la rotonda.	(Ahac & Dragčević, 2021)
Conteo vehicular	Conteo manual vehicular por cada ramal de la rotonda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software Excel</li> </ul>	Recopilación del número de vehículos que ingresan al redondel en 3 horas pico por 3 días.	(FHWA, 2010)
Capacidad vial	Sumatoria de vehículos de entrada por cada ramal en una hora determinada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software Excel.</li> <li>• Invias</li> </ul>	Volumen crítico por ramal de la rotonda para determinar su capacidad vial.	(FHWA, 2010)

<p>Modelado Óptimo de la rotonda</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de diseño geométrico de carreteras Colombia 2008.</li> <li>• Manual de diseño geométrico de carreteras Perú 2018.</li> <li>• Rotondas modernas FHWA 2010.</li> <li>• Manual NEVI-12</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterios de diseño geométrico en glorietas.</li> <li>• Especificaciones de medidas para vías.</li> </ul>	<p>(FHWA, 2010; Ministerio de transporte Republica de Colombia, 2008; Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú., 2018; MTOP, 2013)</p>
--	--	--	--	---

Fuente: Elaboración propia

Se especifican las herramientas, métodos y software utilizados para llevar a cabo el proceso, en el que se incluyen software de simulación, instrumentos de medición específicas, los resultados deben registrar los hallazgos o productos obtenidos a partir del proceso descrito que se espera obtener al final de esta evaluación utilizando fuentes como base para el desarrollo del proceso, haciendo uso de referencias a normas, manuales técnicos, investigaciones previas o cualquier otro material consultado.

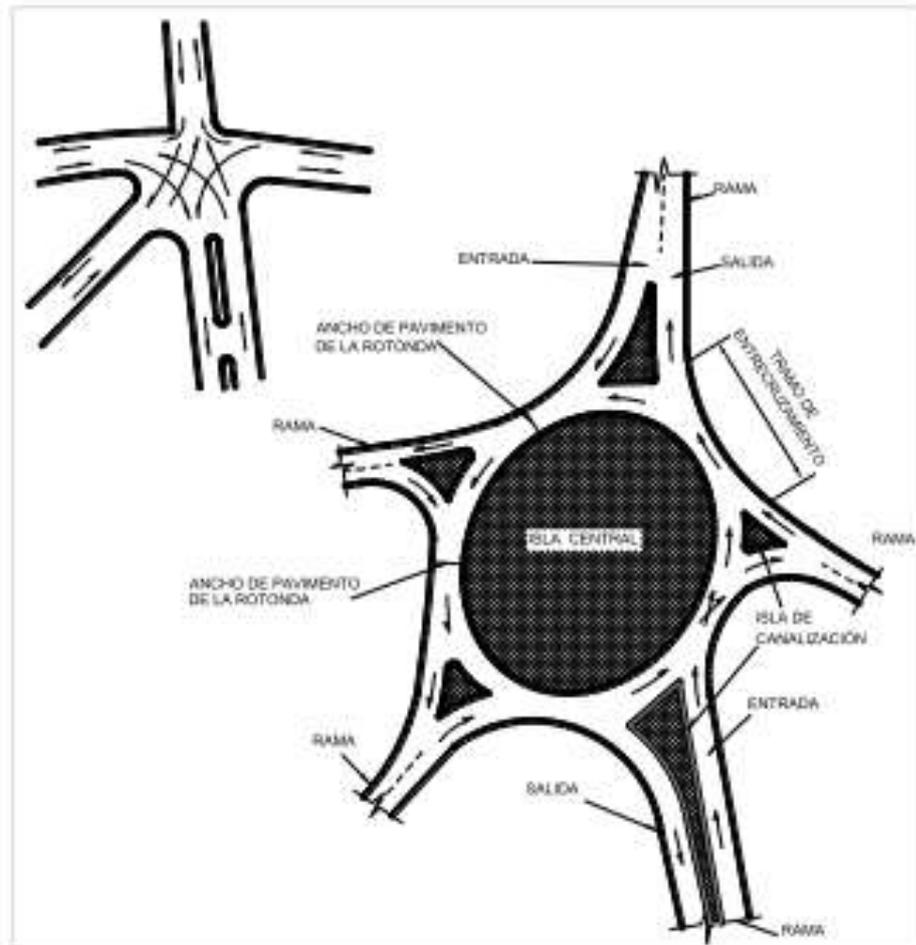
Se considera varios manuales de diseño ya que en el Ecuador no hay criterios establecidos para un trazado óptimo, las rotondas en el país se han construido con guía de otros países vecinos y adaptan, no está mal este método de aplicación siempre y cuando se respete las condiciones de la zona y su flujo vehicular.

### 3.5.1. Manual de diseño geométrico de Perú

Un criterio general de los elementos de diseño en rotondas lo menciona (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú., 2018), Indica que para diseñar rotondas se debe basar en el tráfico que se vea presente en el lugar, dando importancia a la capacidad y el

dimensionamiento de las secciones de entrecruzamiento. Como se muestra la ilustración 4, se presenta como es un esquema básico para una intersección tipo rotonda. Las rotondas son ventajosas en escenarios donde el tráfico causa congestión y el exceso de flujo desequilibra la demanda de cada rama de la rotonda,

*Ilustración 4: Esquema básico de una intersección tipo rotonda o glorieta-Perú.*



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú., 2018)

Si se requiere hacer un modelo de glorieta adecuado que cumpla con su función es necesario aplicar los criterios de diseño geométricos de rotondas como indica en la Ilustración 5, del presente manual que se está mencionando, útil para el diseño de ramales de entrada y salida.

Tabla 3: Criterios de diseño geométrico de rotondas-Perú

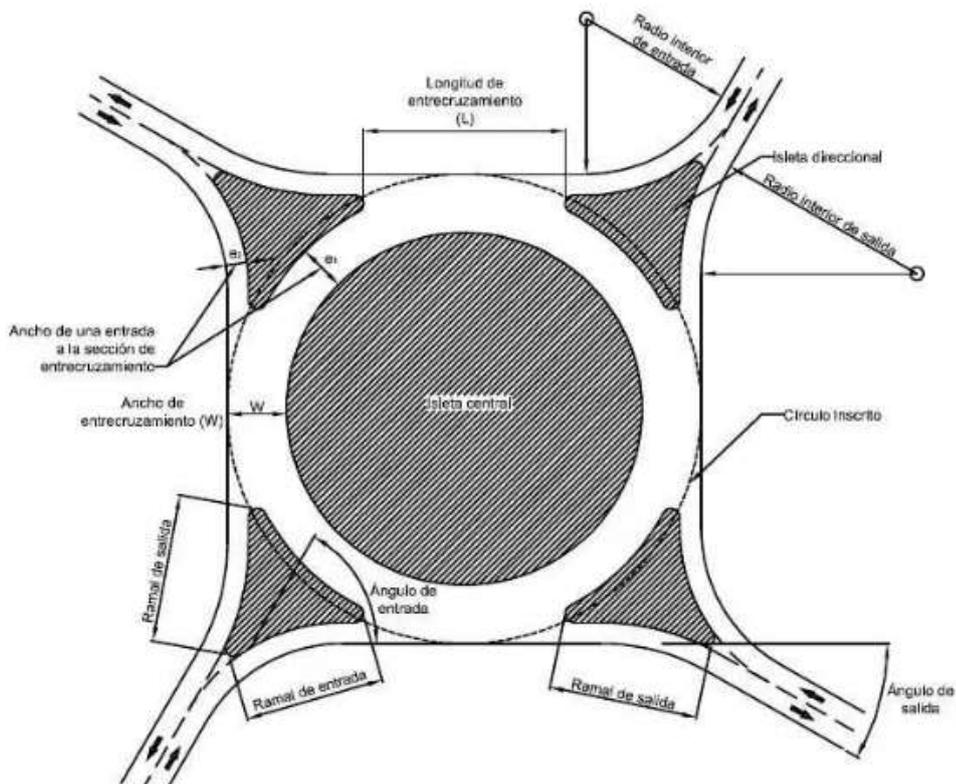
Descripción		Unidad	Magnitud
Diámetro mínimo de la isla central		m	25
Diámetro mínimo del círculo inscrito		m	50
Relación W/L (Sección entrecruzamiento)			Entre 0.25 y 0.40
Ancho sección entrecruzamiento (W)		m	Máximo 15
Radio interior mínimo de los accesos	De entrada	m	30
	De salida	m	40
Ángulo ideal de entrada			60°
Ángulo ideal de salida			30°

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú., 2018)

### 3.5.2. Manual de diseño geométrico de Colombia

En Colombia el trazado geométrico de una glorieta está regulada por (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú., 2018), así que los parámetros con los que se guían son iguales a la peruana como se observa en la tabla 3 y tabla 4.

Ilustración 5: Esquema básico de una intersección tipo Glorieta



Fuente: (Ministerio de transporte Republica de Colombia, 2008)

Tabla 4: Criterios de diseño de glorietas-Colombia

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	MAGNITUD
Diámetro mínimo de la isleta central		m	25
Diámetro mínimo del círculo inscrito		m	50
Relación W/L (sección de entrecruzamiento)			Entre 0,25 y 0,40
Ancho sección de entrecruzamiento (W)		m	Máximo 15
Radio interior mínimo en los accesos	De entrada	m	30
	De salida	m	40
Ángulo ideal de entrada			60°
Ángulo ideal de salida			30°

Fuente: (Ministerio de transporte Republica de Colombia, 2008)

### 3.5.3. Especificaciones de la Guía informativa FHWA-2010

La federal Highway Administration (FHWA) es una agencia que se encuentra en los estados Unidos del departamento de Transporte, donde su principal función es supervisar y apoyara en el desarrollo de las carreteras del país para un mejor desarrollo en infraestructura. En el 2010 se publicó la segunda edición de la Guía informativa sobre rotondas.

Se encuentra categorías de rotondas como se muestra en la Ilustración 6, principios generales de diseño, elementos geométrico y consideraciones para usuarios no motorizados (FHWA, 2010).

Ilustración 6: Comparación de categoría de rotondas.

Elemento de Diseño	Minirrotonda	Rotonda de un solo carril	Rotonda Multicarril
Deseable entrada máxima velocidad	25 a 30 km/h	30 a 40 km/h	40 a 50 km/h
Número máximo de entrar en los carriles por aproximación	1	1	2+
Diámetro del círculo inscrito Típica	13 a 27m	27 a 55 m	46 a 91 m
Isleta central de tratamiento	Totalmente transitable	Elevado (puede tener delantal atravesable)	Elevada (puede tener delantal traspasable)
Típica volúmenes de servicio diario en la rotonda de 4 ramales por debajo de los cuales se puede esperar que opere sin necesidad de un análisis detallado capacidad (veh/día) *	Hasta aproximadamente 15.000	Hasta aproximadamente 25.000	Hasta aproximadamente 45.000 para rotondas de dos carriles

\* Análisis operacionales necesarios para verificar el límite superior para aplicaciones específicas o para rotondas con más de dos carriles, o cuatro ramales.

Fuente:(FHWA, 2010)

Otro elemento de la rotonda que describe esta guía es el diámetro de círculo inscrito, primordial al ser por lo general el primer paso para el proceso del trazado geométrico de una rotonda, la información que se extrae en esa sección es la parte de rotondas con dos carriles porque va acorde con el diseño real de la rotonda el Aguador. El diámetro mínimo del círculo inscrito es de 46 m, estos criterios son necesarios para acomodar el vehículo antes y después del ingreso a la glorieta garantizando un adecuado servicio y visibilidad aceptable. (FHWA, 2010).

*Ilustración 7: Rango típicos de diámetro de círculo inscrito.*

Configuración de Rotonda	Vehículo de Diseño Tipo	Rango de Diámetro de Círculo Inscrito Común *
Minirotonda	SU-9	14 a 27 m
Rotonda de un solo Carril	B-12)	27 a 46 m
	WB-15	32 a 46 m
	WB-20	40 a 55 m
Multicarril rotonda (2 carriles )	WB-15	46 a 67 m
	WB-20	50 a 67 m
Multicarril rotonda (3 carriles )	WB-15	61 a 76 m
	WB-20	67 a 91 m

\* Supone un ángulo de 90 ° entre las entradas y no más de cuatro patas. Lista de vehículos posible diseño no es todo incluido.

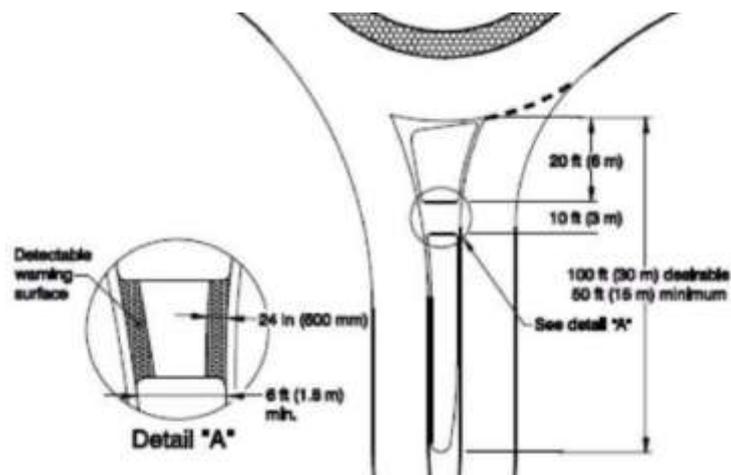
Fuente: (FHWA, 2010)

Como se observa en la Ilustración 7, se toma como modelo un vehículo de diseño por configuración de rotonda para determinar el rango del diámetro, se toma en cuenta las limitaciones de la zona.

Las isletas de partidoras o divisorias y deben proveer en todas las rotondas de uno o dos carriles, estas isletas proporcionan la organización del tráfico, minimizando conflictos entre los diferentes movimientos vehiculares. Además, su correcta implementación ayuda a reducir accidentes y mejorar la visibilidad lo que se recomienda la longitud mínima recomendada de 15 metros.

Como el diseño que se está evaluando es de dos carriles es necesario revisar donde la guía indica que para este tipo de rotondas los anchos de carril de la calzada circulatoria varían entre 4.3 m y 4.9 m, medidas que dan un ancho total de 8.5 m a 9.8 m.

Ilustración 8: Dimensiones mínima de la isleta de partida para la FHWA 2010



Fuentes: (FHWA, 2010)

A continuación, se muestra la tabla 5, resumida de los criterios de diseño geométricos que brinda la guía ya que los antes mencionados son parámetros importantes, pero no todos los elementos que involucran el armado de una rotonda o glorieta.

Tabla 5: Criterios de diseño geométricos de la Guía FHWA 2010

Criterios de diseño de la Guía FHWA 2010		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MAGNITUD
Diámetro del círculo inscrito	m	40-60 (Depende del volumen y tipos de vehículos que circulen en la zona)
Diámetro de la isleta central	m	Se diseña a acorde el círculo inscrito y evitar grandes velocidades de entrada
Ancho de carril	m	4.2-4.5 por carril de la Vía
Isleta divisoria	m	
Ancho de la calzada circulatoria	m	8.4- 10.8
Diseño de la entrada (ángulo)		20° -30°
Diseño de la salida (ángulo)		15° -20°
Ángulos entre ramales de aproximación		60° -90°

Fuente: (FHWA, 2010)

### 3.5.4. Conteo Vehicular

Con respecto a la capacidad vial de la rotonda, se necesita la recopilación de datos de los vehículos que ingresan a la rotonda por cada una de las ramas, el método que se utiliza es una tabla donde se ve reflejado la clasificación de 4 tipos de vehículos como se muestra en tabla 6, en este esquema se ubica los días, y los horarios del conteo y el flujo de entrada, circulación y salida de cada vehículo por cada ramal de rotonda.

Tabla 6: Tabla de tabulación de datos del conteo vehicular

		CIRCUNVLACIÓN NORTE (NOROESTE)																
		CARROS				CAMIONES				BUSES				MOTOS				VOLUMEN TOTAL DE ENTRADA
HORA		↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	
Viernes 11-Oct-2024	9:00 A 10:00																	
	11:20 A 12:20																	
	17:00 A 18:00																	
Sábado 12-Oct-2024	9:00 A 10:00																	
	11:20 A 12:20																	
	17:00 A 18:00																	
Lunes 15 Oct-2024	9:00 A 10:00																	
	11:20 A 12:20																	
	17:00 A 18:00																	

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.5. Capacidad Vehicular

Por lo general la capacidad de una rotonda esta dada por la cantidad de tránsito es decir los vehículos que estén a lo largo de la calzada circulatoria presente en cada uno de los ramales de entrada de la rotonda. Se determina la capacidad vial con el fin de saber su clasificación respecto al rango de volumen Veh/h. Es necesario identificar cual es el volumen critico que presentara la rotonda por intersección y hacer la comparativa con la guía (FHWA, 2010). Si el volumen es alto se reduce el número de oportunidades para el ingreso y disminuye la capacidad de determinado ramal de aproximación. En la tabla 7.

Tabla 7: Clasificación del volumen de tráfico.

CLASIFICACIÓN DEL VOLUMEN		
Clasificación	Rango de Volumen Veh/h	Tipo de Infraestructura recomendado
<b>Bajo Tráfico</b>	Menos de 1.000 Veh/h	Rotonda de un carril
<b>Trafico Moderado</b>	1.000-2.500Veh/h	Rotonda de uno o dos carriles dependiendo de la demanda
<b>Trafico Alto</b>	2.5000-4.000Veh/h	Rotonda de dos carriles son radios amplios y posible carril adicional en entrada
<b>Trafico Muy alto</b>	Más de 4.000 Veh/h	Rotonda con carriles adicionales o intersección semaforizada.

Fuente: (FHWA, 2010)

## CAPITULO IV

### 4. Análisis e interpretación de resultados.

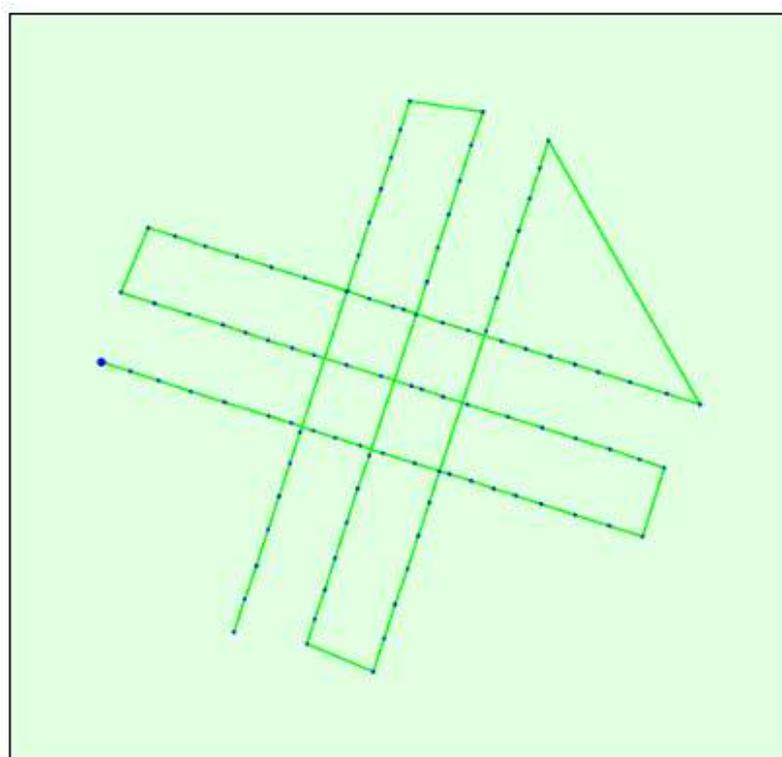
#### 4.1. Análisis de resultados

##### 4.1.1. Análisis Topográfico-Fotogramétrico

Por medio del levantamiento topográfico realizado en la zona de estudio, utilizando la herramienta RTK para dar 5 puntos de referencia donde se empleó el sistema de coordenadas con puntos de control en tierra WGS 84/ UTM zona 17S, que sirvieron de guía para el Dron el cual se ha usado un DJI Mavic 2 Pro que es un modelo de cámara Hasselblad L1D-20c, permitiendo capturar imágenes con gran precisión y calidad lo que es ideal para generación de modelos 3D y orto mosaicos.

Aquí se han utilizado 102 imágenes con un promedio de muestreo de distancia de 6.087 cm/pixel que indica la resolución con la que se presenta el terreno. Se evaluó las calidades de las imágenes y se verificó la alineación para evitar errores en el modelo. Para el procesamiento de las imágenes se identificaron puntos clave en cada imagen con el fin de tener un montaje tridimensional lo cual se validó la precisión del modelo con un error medio cuadrático de 0.210 pixeles lo que indica una reconstrucción precisa.

*Ilustración 9: Patrón de vuelo del Dron*

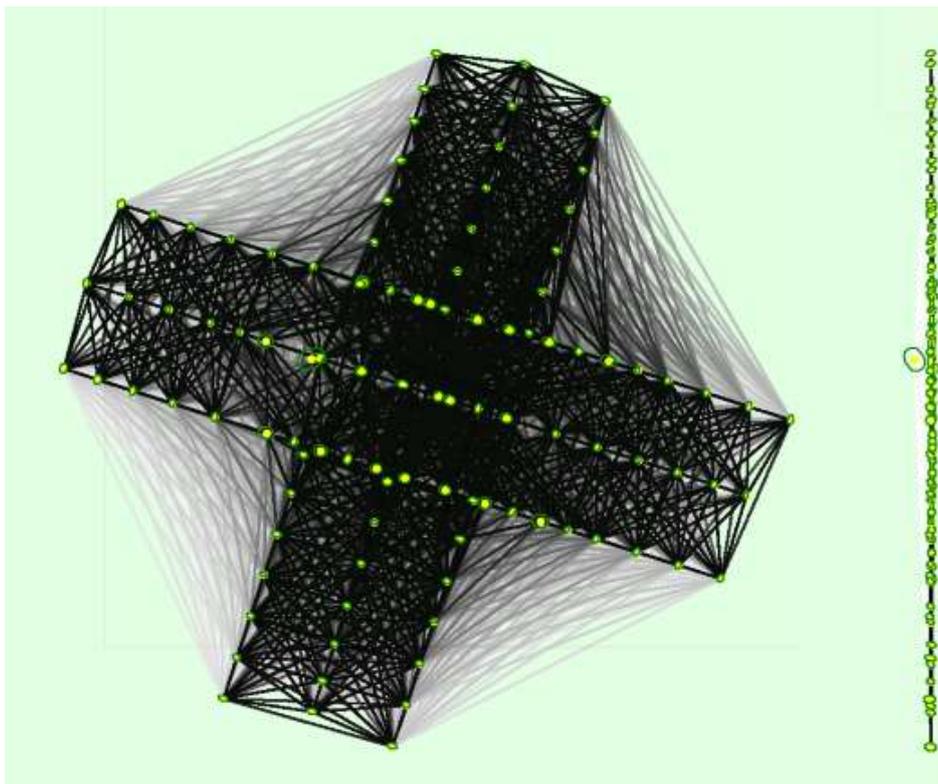


Fuente: Elaboración Propia

En la Ilustración 9, se muestra cual fue la trayectoria que precisó el Dron antes del procesamiento, la línea verde representa este recorrido y el orden desde el punto de partida azul que se tomaron las imágenes hasta el último punto del patrón utilizado, lo que garantizó una cobertura adecuada del área de estudio.

La duración del procesamiento es razonable y garantiza un modelo con calidad, con enfoque del Dron pueda tomar 102 imágenes de manera paulatina. Luego de la trayectoria planificada se emparejan puntos en común entre imágenes superpuestas como se observa en la Ilustración 10, para garantizar la alineación y precisión del modelo.

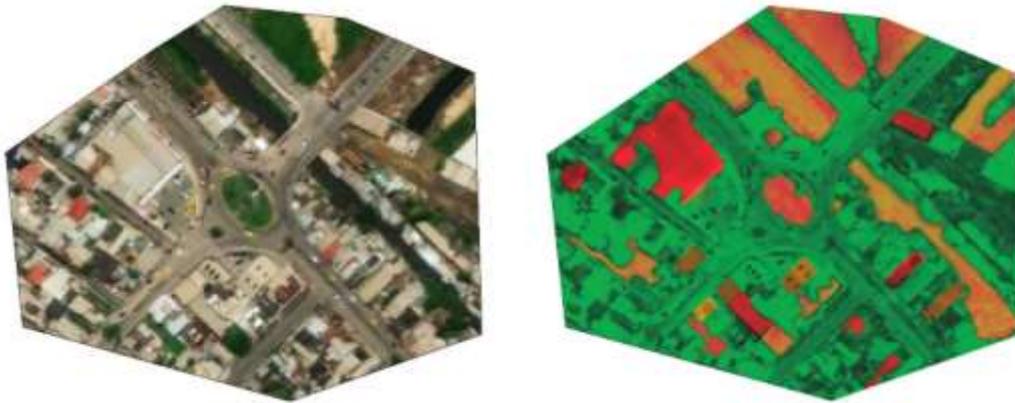
*Ilustración 10 Alineamiento y Construcción 3D:*



Fuente: Elaboración Propia

A partir de la coincidencia de puntos, se genera una nube de puntos 3D que representa la geometría del terreno dando un modelo digital de superficie (DSM) que influye edificaciones, vegetación y cualquier objeto sobre el suelo. Las imágenes alineadas y corregidas se combinan en un Ortomosaico continuo, generando la ortofoto final como se muestra en la Ilustración 11.

Ilustración 11: Orto mosaico y Modelo Digital de Superficie (DSM)



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.2. Interpretación de conteo vehicular.

Se presenta la tabulación de los datos obtenidos en campo, mediante un conteo vehicular por 3 días, donde que todo viernes, sábado y lunes como días óptimos para este estudio, como se observa se clasificaron por tipos de vehículos y a la dirección que recorre al ingresar a la glorieta. Para saber volumen total crítico se realiza la suma en horizontal por cada hora de conteo.

A continuación, se muestra las tablas con el volumen de vehículos que ingresaron en los 4 ramales que conforma el redondel.

Tabla 8: Conteo vehicular de la circunvalación Norte (Noroeste)

		CIRCUNVLACIÓN NORTE (NOROESTE)																VOLUMEN TOTAL DE ENTRADA
		CARROS				CAMIONES				BUSES				MOTOS				
HORA		↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	
Viernes 11-Oct-2024	9:00 A 10:00	233	87	80	2	30	39	1	0	0	0	0	0	75	11	20	2	580
	11:20 A 12:20	182	102	68	1	12	28	1	0	0	1	0	1	65	31	18	0	510
	17:00 A 18:00	220	98	67	4	45	43	4	0	0	0	0	0	86	16	33	0	616
Sábado 12-Oct-2024	9:00 A 10:00	244	96	78	0	28	28	2	0	0	0	0	0	56	28	18	0	578
	11:20 A 12:20	235	123	82	0	14	29	1	0	0	0	0	0	73	33	23	1	614
	17:00 A 18:00	234	111	80	2	39	34	3	2	0	0	0	0	68	22	27	0	622
Lunes 15 Oct-2024	9:00 A 10:00	242	114	83	1	36	33	1	0	0	0	0	0	88	10	22	0	630
	11:20 A 12:20	198	96	75	0	15	34	3	0	0	0	0	0	64	13	20	1	519
	17:00 A 18:00	232	98	64	2	27	28	2	1	0	0	0	0	53	13	23	0	543
		2020	925	677	12	246	296	18	3	0	1	0	1	628	177	204	4	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9: Conteo vehicular de la Vía Guayas

		GUAYAS																VOLUMEN TOTAL DE ENTRADA	CRITICO
		CARROS				CAMIONES				BUSES				MOTOS					
HORA		↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻		
Viernes 11-Oct-2024	9:00 A 10:00	237	111	130	17	23	2	30	5	1	0	0	3	71	36	97	0	763	
	11:20 A 12:20	263	124	37	3	11	40	3	0	0	1	0	0	87	16	3	2	590	
	17:00 A 18:00	214	110	46	9	11	5	4	0	0	0	0	0	14	8	12	0	433	
Sábado 12-Oct-2024	9:00 A 10:00	226	123	123	6	12	10	28	0	0	0	0	1	82	28	86	0	725	
	11:20 A 12:20	247	106	119	2	15	34	16	0	0	0	0	0	85	14	24	0	662	
	17:00 A 18:00	198	103	43	0	6	4	10	3	0	0	0	0	11	7	16	1	402	
Lunes 15-Oct-2024	9:00 A 10:00	246	118	128	5	15	7	32	0	0	0	0	0	68	21	64	0	704	
	11:20 A 12:20	213	131	56	2	9	14	4	0	0	0	0	0	92	25	23	0	569	
	17:00 A 18:00	160	98	31	2	5	5	4	1	0	0	0	0	12	16	13	0	347	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11: Conteo vehicular de la Circunvalación Norte (Sureste)

		CIRCUNVALACIÓN NORTE (SURESTE)																VOLUMEN TOTAL DE ENTRADA	CRITICO
		CARROS				CAMIONES				BUSES				MOTOS					
HORA		↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻		
Viernes 11-Oct-2024	9:00 A 10:00	105	18	74	3	17	0	4	0	5	0	1	0	38	5	37	2	309	
	11:20 A 12:20	168	16	73	4	20	4	5	0	3	0	0	0	60	3	65	0	421	
	17:00 A 18:00	98	12	73	0	16	1	5	1	4	0	0	0	23	4	27	0	264	
Sábado 12-Oct-2024	9:00 A 10:00	117	16	58	2	13	2	2	0	4	0	0	2	42	4	43	0	305	
	11:20 A 12:20	154	13	76	2	18	0	0	0	5	0	0	0	59	6	37	0	370	
	17:00 A 18:00	101	11	73	0	9	0	5	0	5	0	0	0	38	3	16	1	262	
Lunes 15-Oct-2024	9:00 A 10:00	153	21	79	0	20	4	3	1	3	0	0	0	63	4	61	0	412	
	11:20 A 12:20	152	18	65	0	16	7	5	0	5	0	0	1	34	5	37	0	345	
	17:00 A 18:00	123	15	53	0	14	0	4	0	5	0	0	0	27	5	19	0	265	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10: Conteo vehicular de la Vía la Primavera

		VIA LA PRIMAVERA																VOLUMEN TOTAL DE ENTRADA	CRITICO
		CARROS				CAMIONES				BUSES				MOTOS					
HORA		↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻	↑	←	→	↻		
Viernes 11-Oct-2024	9:00 A 10:00	102	104	128	0	10	11	20	0	0	2	8	0	53	56	43	1	538	
	11:20 A 12:20	117	101	90	0	14	20	15	0	0	1	7	0	53	35	27	0	480	
	17:00 A 18:00	104	98	101	0	11	14	12	0	0	2	7	0	48	30	37	0	464	
Sábado 12-Oct-2024	9:00 A 10:00	111	99	113	0	13	17	17	0	0	2	7	0	57	47	38	0	521	
	11:20 A 12:20	98	105	87	0	14	12	13	1	0	1	8	0	55	34	32	0	460	
	17:00 A 18:00	115	102	97	0	10	16	13	0	0	2	8	0	49	30	17	0	459	
Lunes 15-Oct-2024	9:00 A 10:00	97	106	125	0	7	12	19	0	0	2	7	0	52	54	42	0	523	
	11:20 A 12:20	114	103	114	0	9	16	16	0	1	2	6	0	56	33	42	0	512	
	17:00 A 18:00	104	97	127	0	9	9	11	0	1	1	7	0	47	48	16	0	477	

Fuente: Elaboración Propia

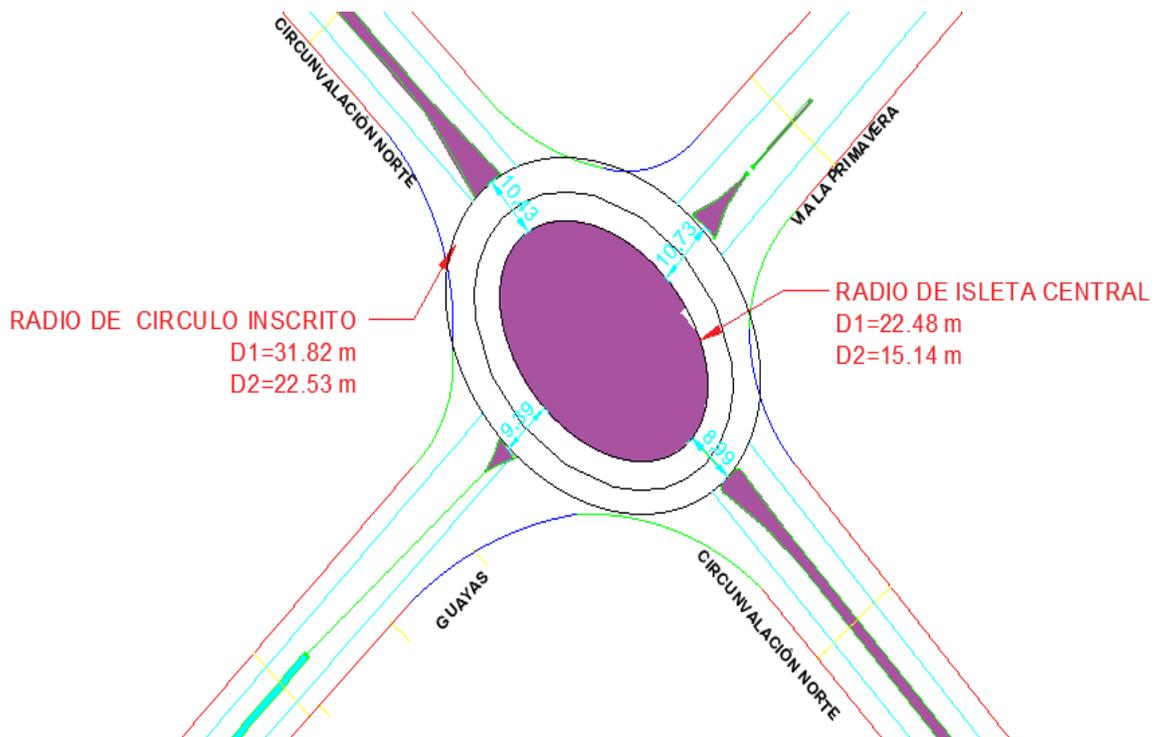
4.1.3. Diagnóstico de la situación actual del Redondel EL Aguador.  
 A continuación, se presenta las medidas reales de la rotonda el Aguador, la cual tiene una forma elíptica lo que implica dimensiones variables, por ende, se muestra el trazado geométrico por cada uno de los ramales con más detalle.

Tabla 12: Medidas de la rotonda El Aguador

<b>MEDIDAS REALES DE LA ROTONDA EL AGUADOR</b>	
<b>RADIO DE ISLETA CENTRAL MAYOR</b>	22.48 m
<b>RADIO DE ISLETA CENTRAL MENOR</b>	15.14 m
<b>RADIO DE CIRCULO INSCRITO MAYOR</b>	31.82 m
<b>RADIO DE CIRCULO INSCRITO MENOR</b>	23.28 m

FUENTE: Elaboración Propia

Ilustración 12: Isleta central y Circulo inscrito de la Rotonda El Aguador



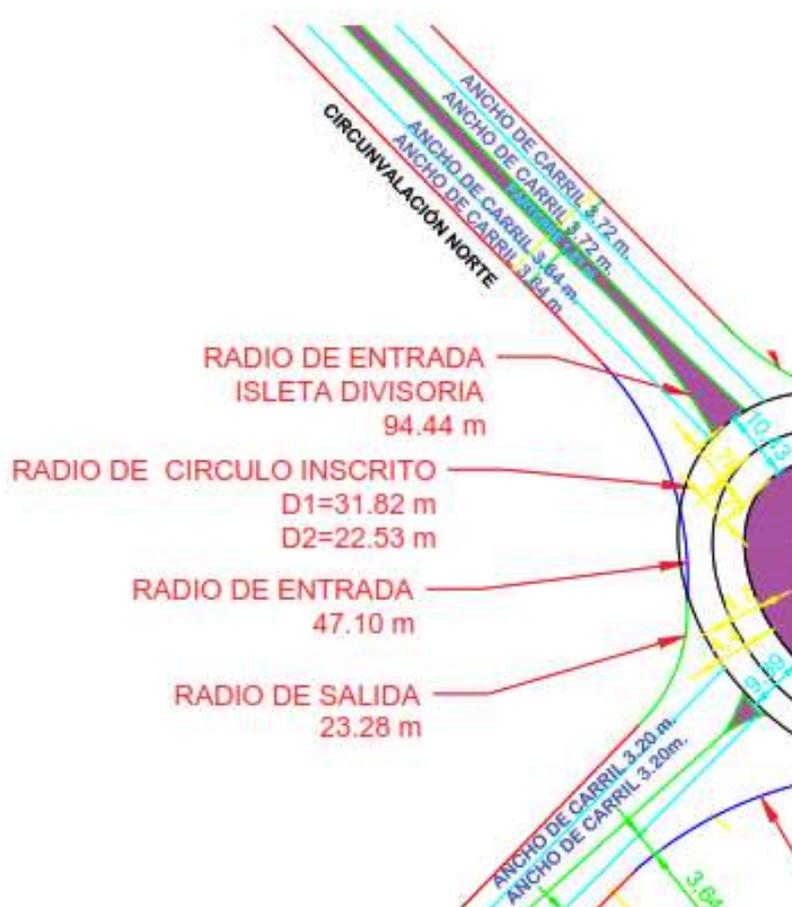
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: Medidas del ramal Circunvalación Norte (Noroeste)

Medidas reales de la Rotonda el Aguador	
CIRCUNVALACIÓN NORTE (NOROESTE)	
<b>RADIO DE ENTRADA ISLETA DIVISORIA</b>	94.44 m
<b>RADIO DE ENTRADA INTERNO</b>	47.10 m
<b>RADIO DE SALIDA INTERNO</b>	23.28 m
<b>ANCHO DE CARRIL ENTRADA</b>	3.64 m
<b>ANCHO DE CARRIL SALIDA</b>	3.72 m
<b>PARTERE</b>	1.81 m
<b>ANCHO CARRIL DE CIRCULACIÓN</b>	10.43 m

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 13: Ramal de la Circunvalación Norte (Noroeste)



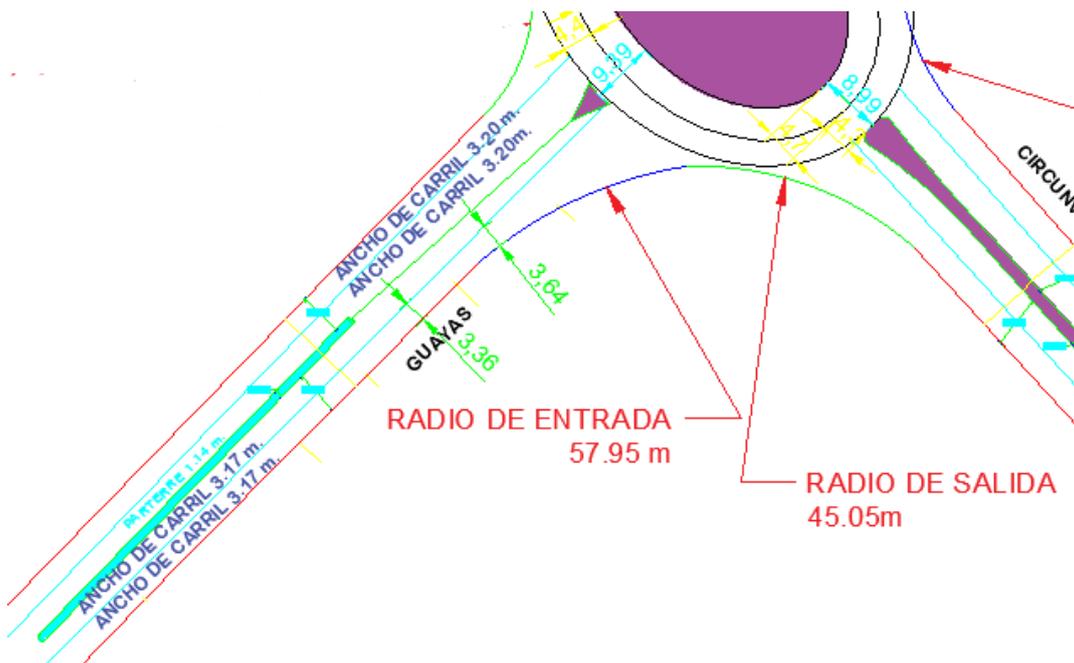
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14.: Medidas del ramal Vía el Guayas

Medidas reales de la Rotonda el Aguador	
GUAYAS	
<b>RADIO DE ENTRADA ISLETA DIVISORIA</b>	24.68 m
<b>RADIO DE ENTRADA INTERNO</b>	57.95 m
<b>RADIO DE SALIDA INTERNO</b>	45.05 m
<b>ANCHO DE CARRIL ENTRADA</b>	3.17 m
<b>ANCHO DE CARRIL SALIDA</b>	3.20 m
<b>PARTERE</b>	1.14 m
<b>ANCHO CARRIL DE CIRCULACIÓN</b>	9.39 m

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 14: Ramal Vía el Guayas



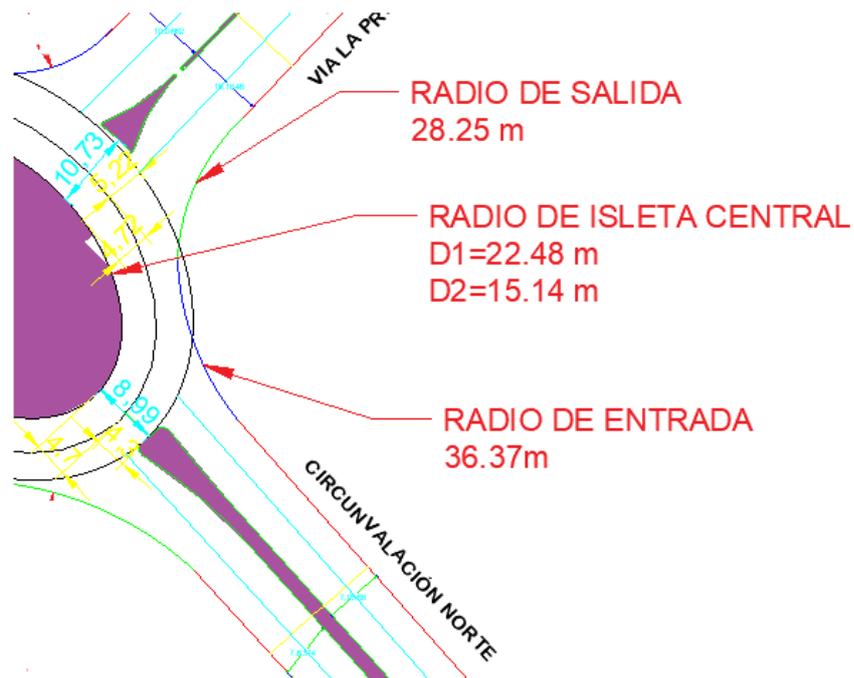
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15 Medidas del ramal Circunvalación Norte (Sureste)

<b>Medidas reales de la Rotonda el Aguador</b>	
<b>Circunvalación Norte (Sureste)</b>	
<b>RADIO DE ENTRADA ISLETA DIVISORIA</b>	308.27 m
<b>RADIO DE ENTRADA INTERNO</b>	28.25 m
<b>RADIO DE SALIDA INTERNO</b>	45.05 m
<b>ANCHO DE CARRIL ENTRADA</b>	4.16 m
<b>ANCHO DE CARRIL SALIDA</b>	3.82m
<b>PARTERE</b>	2 m
<b>ANCHO CARRIL DE CIRCULACIÓN</b>	8.99 m

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 15: Ramal Circunvalación Norte (Sureste)



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16: Medidas del ramal circunvalación Norte (Sureste)

<b>Medidas reales de la Rotonda el Aguador</b>	
<b>Circunvalación Norte (Sureste)</b>	
<b>RADIO DE ENTRADA ISLETA DIVISORIA</b>	31.63 m
<b>RADIO DE ENTRADA INTERNO</b>	18.10 m
<b>RADIO DE SALIDA INTERNO</b>	39.83 m
<b>ANCHO DE CARRIL ENTRADA</b>	5.03 m
<b>ANCHO DE CARRIL SALIDA</b>	5.10 m
<b>PARTERE</b>	0.81 m
<b>ANCHO CARRIL DE CIRCULACIÓN</b>	10.73 m

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 16: Ramal Vía la primavera



Fuente: Elaboración Propia

## 4.2. Interpretación de Datos

### 4.2.1. Interpretación del conteo vehicular

En cada una de las tablas de muestra el volumen más crítico de todos los horarios que se hizo el trabajo de campo mediante el conteo vehicular y así conocer la capacidad que tiene la rotonda, lo que ayuda a clasificar la rotonda y realizar trazado geométrico de acuerdo al número de vehículos ingresamos por cada uno de los ramales de este tipo de intersecciones.

Tabla 17: Volumen crítico a la entrada del ramal circunvalación Norte (Noroeste)

CIRCUNVALACION NORTE (NOROESTE)						
		VOLUMEN DE VEHICULOS DE ENTRADA				VOLUMEN TOTAL DE ENTRADA
HORA		↑	←	→	↻	
Viernes 11-Oct-2024	9:00 A 10:00	338	137	101	4	580
	11:20 A 12:20	259	162	87	2	510
	17:00 A 18:00	351	157	104	4	616
Sábado 12-Oct-2024	9:00 A 10:00	328	152	98	0	578
	11:20 A 12:20	322	185	106	1	614
	17:00 A 18:00	341	167	110	4	622
Lunes 15-Oct-2024	9:00 A 10:00	366	157	106	1	630
	11:20 A 12:20	277	143	98	1	519
	17:00 A 18:00	312	139	89	3	543

MAS CRITICO

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Volumen crítico a la entrada del ramal vía la primavera

VIA LA PRIMAVERA						
		VOLUMEN DE VEHICULOS DE ENTRADA				VOLUMEN TOTAL DE ENTRADA
HORA		↑	←	→	↻	
Viernes 11-Oct-2024	9:00 A 10:00	165	173	199	1	538
	11:20 A 12:20	184	157	139	0	480
	17:00 A 18:00	163	144	157	0	464
Sábado 12-Oct-2024	9:00 A 10:00	181	165	175	0	521
	11:20 A 12:20	167	152	140	1	460
	17:00 A 18:00	174	150	135	0	459
Lunes 15-Oct-2024	9:00 A 10:00	156	174	193	0	523
	11:20 A 12:20	180	154	178	0	512
	17:00 A 18:00	161	155	161	0	477

MAS CRITICO

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: Volumen crítico a la entrada del ramal Circunvalación Norte (Noreste)

CIRCUNVALACION NORTE (NORESTE)						
		VOLUMEN DE VEHICULOS DE ENTRADA				VOLUMEN TOTAL DE ENTRADA
HORA		↑	←	→	↻	
Viernes 11-Oct-2024	9:00 A 10:00	165	23	116	5	309
	11:20 A 12:20	251	23	143	4	421
	17:00 A 18:00	141	17	105	1	264
Sábado 12-Oct-2024	9:00 A 10:00	176	22	103	4	305
	11:20 A 12:20	236	19	113	2	370
	17:00 A 18:00	153	14	94	1	262
Lunes 15-Oct-2024	9:00 A 10:00	239	29	143	1	412
	11:20 A 12:20	207	30	107	1	345
	17:00 A 18:00	169	20	76	0	265

MAS CRITICO

Fuente: Elaboración Propia

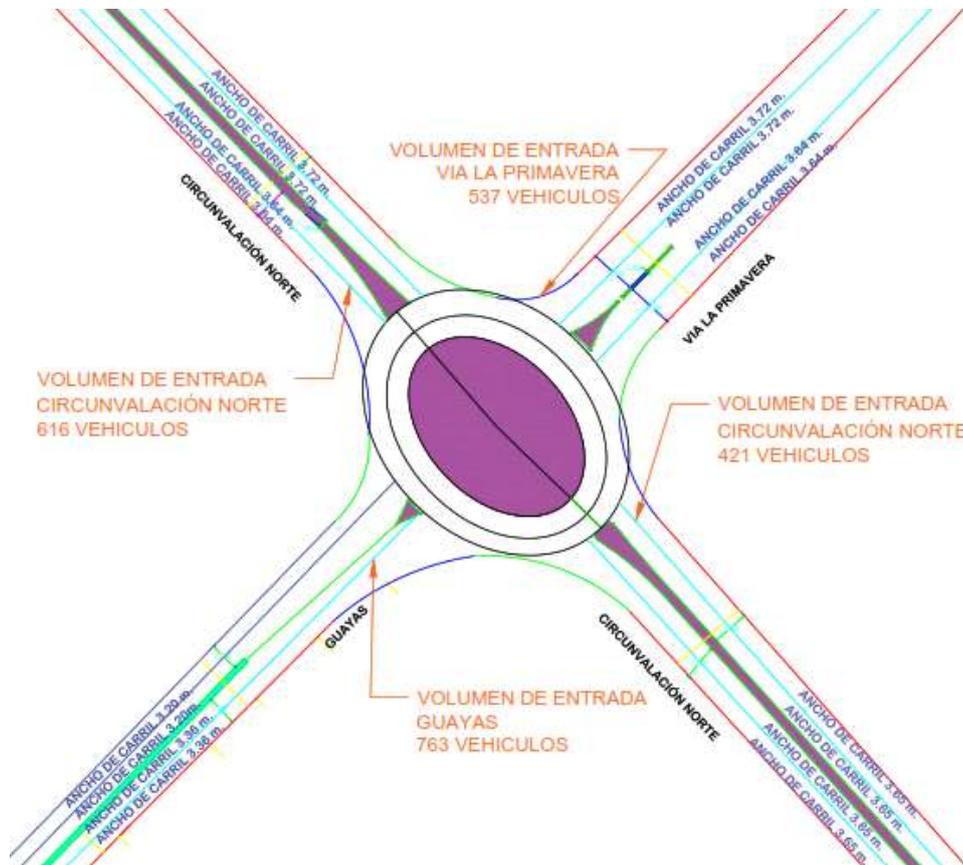
Tabla 20: Volumen critico a la entrada del ramal via Guayas

GUAYAS						VOLUMEN TOTAL DE ENTRADA	MAS CRITICO
VOLUMEN DE VEHICULOS DE ENTRADA							
HORA	↑	←	→	↻			
Viernes 11-Oct-2024	9:00 A 10:00	332	149	257	25	763	
	11:20 A 12:20	361	181	43	5	590	
	17:00 A 18:00	239	123	62	9	433	
Sábado 12-Oct-2024	9:00 A 10:00	320	161	237	7	725	
	11:20 A 12:20	347	154	159	2	662	
	17:00 A 18:00	215	114	69	4	402	
Lunes 15-Oct-2024	9:00 A 10:00	329	146	224	5	704	
	11:20 A 12:20	314	170	83	2	569	
	17:00 A 18:00	177	119	48	3	347	

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente Ilustración 17, mostrada a continuación resume la tabulación del volumen vehicular más críticos en una hora determinada del día de los ramales que acceden a la rotonda el Aguador

Ilustración 17: Demostración grafica de los volúmenes de ingreso a la rotonda el Aguador



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2. Interpretación Del Modelo Actual

Con el modelamiento actual se realiza la comparación con los textos guías de la Federal Highway Administration (FHWA), el manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 de Perú, Manual de Diseño de Carreteras Colombianas 2008 han generado parámetros esenciales que conforma el trazado geométrico y determinar si cada uno de los elementos geométricos de la rotonda cumplen con los criterios establecidos por la norma aplicable a la rúbrica de comparación, no obstante, se manifiesta que la rotonda de estudio es de forma elíptica, por lo que su estudio requiere de distintos detalles y requisitos de diseño particulares.

Cada una de las normativas que se están tomando para realizar esta evaluación de esta rotonda solo muestran rotondas circulares, en muchos aspectos de los elementos la rotonda estudiada no cumple con los criterios de diseño, en las siguientes tablas se muestra este análisis.

*Tabla 21: Comparación de la rotonda con las especificaciones de la FWHA-2010*

ITEM	ELEMENTOS DE LA ROTONDA	ESPECIFICACIONES DE LA GUIA INFORMATIVA FWHA-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	5.2-4.5 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

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22: Comparación de la rotonda con la seguridad vial de la FHWA-2010

ITEM	ELEMENTOS DE LA ROTONDA	ESPECIFICACIONES DE LA GUÍA INFROMATIVA FHWA-2010	CUMPLE	
			SI	NO
<b>Parterre</b>	Una elevación de 150-300 mm para canalizar visualmente el tráfico		X	
<b>Velocidad de diseño</b>	La velocidad de entrada para una rotonda de dos carriles debe ser entre 40 km/h a 50km/h		X	
<b>Espaldón</b>	1.5-2.0 m Diseñado para el ciclismo, paso público.			X
<b>Berma</b>	1.5-3.0 m Depende del tipo de Vía.			X

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23: Comparación de la rotonda con las especificaciones de la Norma peruana-2018

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	<b>30-50 metros</b> para rotondas urbanas y <b>50-70 metros</b> para rotondas interurbanas.		X
4	Ancho de los carriles	<b>3.5 - 4.5 metros por carril</b> , dependiendo del volumen vehicular.		X
5	Isleta divisoria	Longitud mínima de <b>20 metros</b> , deseable <b>30 metros</b> , con un ancho mínimo de <b>2.0 metros</b> para refugios peatonales.		En dos de los cuatro ramales no cumplen
6	Ancho de la calzada circulatoria	<b>7.0-10.5 metros.</b> dependiendo del número de carriles.	X	
7	Diseño de la entrada	Radio de entrada entre <b>15-30 metros</b> , permitiendo ingreso seguro a baja velocidad.		X
8	Diseño de la salida	Radio de salida entre <b>20-35 metros</b> , asegurando una salida fluida sin interferencias.		X
9	Ángulos entre ramales de Aproximación	Menores o iguales a <b>90°</b> , garantizando seguridad y fluidez en la circulación.	X	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24: Comparación de la rotonda con la seguridad vial con las especificaciones de la Norma peruana-2018

ITEM	ELEMENTOS DE LA ROTONDA	ESPECIFICACIONES DE LA NORMATIVA PERÚ 2008- DE CARRETERAS	CUMPLE	
			SI	NO
Parterre	2.0 -6.0 m de ancho, utilizados para paisajismo y separación de vehículos en la vía.			X
Velocidad de diseño	La velocidad de entrada para una rotonda de dos carriles debe ser entre 20 km/h a 30km/h		X	
Espaldón	1.5-3.0 m Diseñado para el ciclismo, paso público.			X
Berma	1.0-2.5 m Depende del tipo de Vía.			X

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: Comparación de la rotonda con las especificaciones de la Norma colombiana-2008

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	<b>40-50 metros</b> (para rotondas de dos carriles).		X
4	Ancho de los carriles	<b>3.5 - 4.5 metros</b> por carril, dependiendo del volumen vehicular.		X

5	Isleta divisoria	<b>Las isletas separadoras deben tener una longitud mínima de treinta metros (30 m) y preferiblemente de cien metros (100 m) o más.</b>		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
8	Diseño de la salida	Radio de entrada de 40 m. Ideal para isletas centrales de 25 m		X
9	Ángulos entre ramales de Aproximación	Angulo ideal de entrada 90°		X

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26: Comparación de la rotonda con las especificaciones de la Norma Colombiana-2008

ITEM	ELEMENTOS DE LA ROTONDA	ESPECIFICACIONES DE LA NORMATIVA COLOMBIANA DE CARRETERAS	CUMPLE	
			SI	NO
<b>Parterre</b>	2.0 -6.0 m de ancho, utilizados para paisajismo y separación de vehículos en la vía.			X
<b>Velocidad de diseño</b>	La velocidad de entrada para una rotonda de dos carriles debe ser entre 40 km/h a 50km/h		X	
<b>Espaldón</b>	1.5-3.0 m Diseñado para el ciclismo, paso público.			X
<b>Berma</b>	0.5 m si existe espaldón o isletas divisorias.		X	

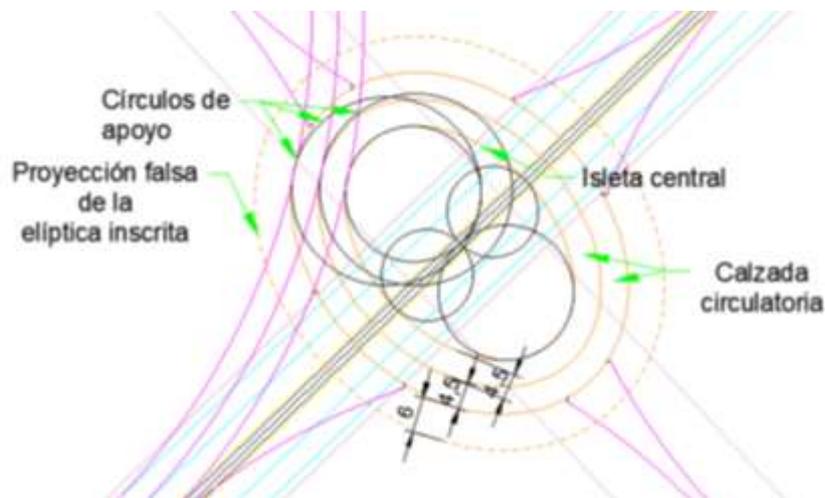
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3. Diseño empírico de la rotonda elíptica El Aguador

Durante el desarrollo del trazado empírico se ha presentado obstáculos al utilizar las herramientas del software AutoCAD esto por ser una glorieta con forma elíptica lo que no dejaba ejecutar las dimensiones para los radios de giro con el comando Tan, Tan, Radio, por ende, se consideró graficar círculos guía como se muestra en la Ilustración 18, que están de color negro, este proceso se lo repite para cada una de las figuras elípticas que se han dibujado.

Se parte haciendo este proceso con respecto a la isleta central para obtener los radios de giro y formar las isletas divisorias. El comando Tan, Tan, Radio se le ha ingresado un radio de 117 m para una mejor distribución de espacio y un giro adecuado. Se sigue con la línea que, trazado de la división de la calzada circulatoria, cada uno de los carriles serán de 4.5 m con un total de 9 m. Para finalizar con la aplicación del radio de 117 m a la elipse que representa al círculo inscrito se le coloca el artificio de los círculos de apoyo.

*Ilustración 18: Trazado con ayuda de círculos guía*



Fuente: Elaboración Propia

Se recomienda que al realizar este tipo de apoyo con los círculos se los coloque lo más próximo a los bordes de las figuras elípticas donde se arma la curva tangencial y no haya variación entre las dimensiones de carriles.

Con respecto a los radios de entrada y salida a la rotonda se ha realizado otro artificio que es la proyección falsa de la elíptica inscrita, esta que va a desfasar un 4.5 m como es el ancho de los carriles de la calzada circulatoria más el 1.5 m de espaldón, teniendo 6 m el total de desfase desde el círculo inscrito. En este caso en el comando ya no se ingresa radio de 117 m, se ingresa radios que se han obtenido mediante un método de proporcionalidad.

Para las dimensiones de los radios de entrada y salida se aplica la combinación entre las normativas peruanas y colombinas que tienen el mismo criterio de dimensiones, con la utilización del método de proporcionalidad se determina los nuevos radios de entrada y salida para cada uno de los ramales de la rotonda.

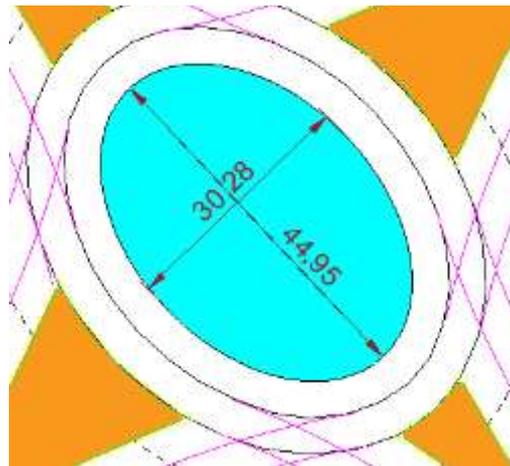
En la normativa se muestra de esta manera:

*Radio de entrada: 30 m → Diámetro de la isleta central 25 m*

*Radio de salida: 40 m → Diámetro de la isleta central 25 m*

Como se indica la rotonda tiene la forma elíptica por ende sus diámetros de la isleta central varia, esto se evidencia en la Ilustración 19.

*Ilustración 19: Diámetro mayor y menor de la Isleta central*



Fuente: Elaboración propia

Para los radios de entrada del diseño empírico aplicando el método de proporcionalidad:

*Isleta Central → diámetro mayor = 44.95 m*

$$\begin{array}{l} 25 \text{ m} \rightarrow 30 \text{ m} \\ 44.49 \text{ m} \rightarrow x \end{array}$$

$$x = \frac{44.49 \cdot 30}{25}$$

$$x = 53.94 \text{ m}$$

*Isleta Central* → *Diametro menos: 30.28 m*

$$\begin{array}{l} 25 \text{ m} \rightarrow 30 \text{ m} \\ 30.28 \text{ m} \rightarrow x \end{array}$$

$$x = \frac{30.28 * 30}{25}$$

$$x = \mathbf{36.33 \text{ m}}$$

Para los radios de salida del diseño empírico aplicando el método de proporcionalidad:

*Isleta Central* → *Diametro mayor: 44.95 m*

$$\begin{array}{l} 25 \text{ m} \rightarrow 40 \text{ m} \\ 44.49 \text{ m} \rightarrow x \end{array}$$

$$x = \frac{44.49 * 40}{25}$$

$$x = \mathbf{71.92 \text{ m}}$$

*Isleta Central* → *Diametro menos: 30.28 m*

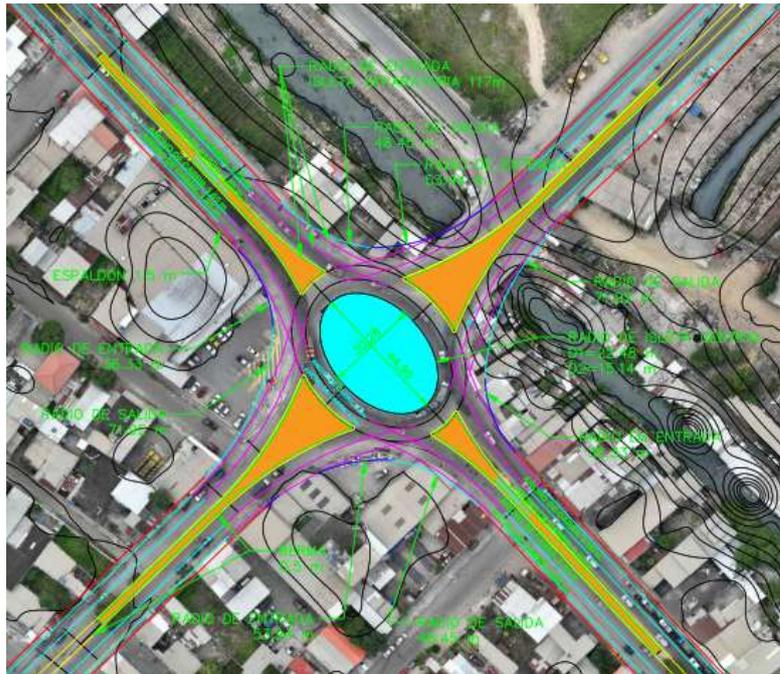
$$\begin{array}{l} 25 \text{ m} \rightarrow 40 \text{ m} \\ 30.28 \text{ m} \rightarrow x \end{array}$$

$$x = \frac{30.28 * 40}{25}$$

$$x = \mathbf{48.45 \text{ m}}$$

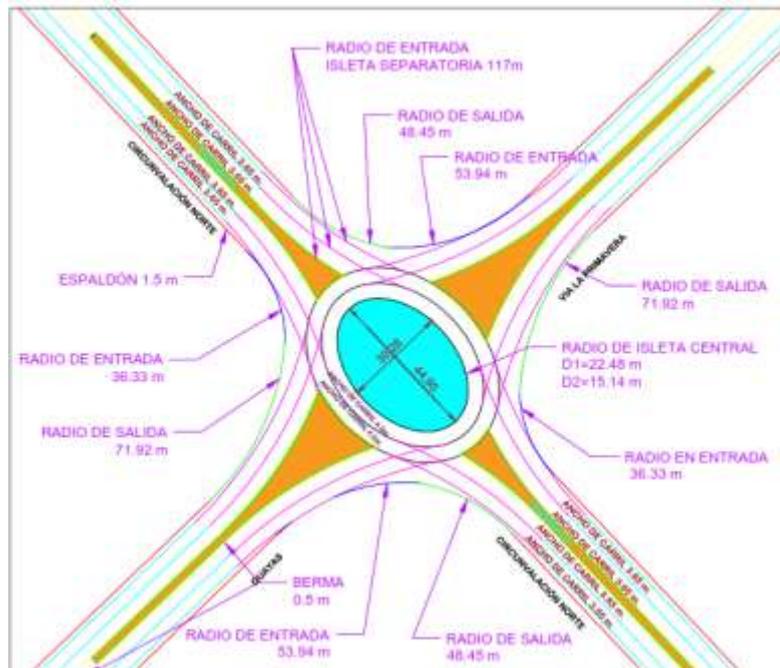
En la Ilustración 20, se puede ver cómo queda aplicando cada uno de los pasos mencionados, también se han proporcionado directrices donde se adoptan las normativas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO, 2013), empleando un parterre de 2m, un ancho de carril de 3.65 m, berma de 0.5 m siendo un área lateral de la carrera que sirve como espacio de emergencia y por último un espaldón de 1.5 m al borde de las veredas.

Ilustración 20: Diseño empírico de diseño de la Glorieta El Aguador con su Ortofoto



Fuente: Elaboración Propia

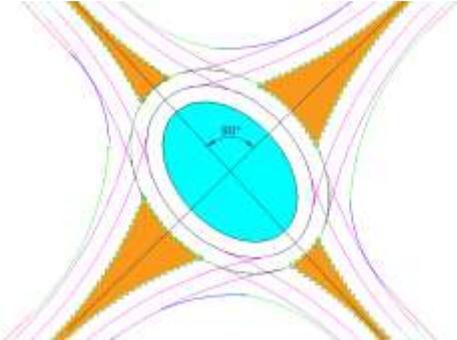
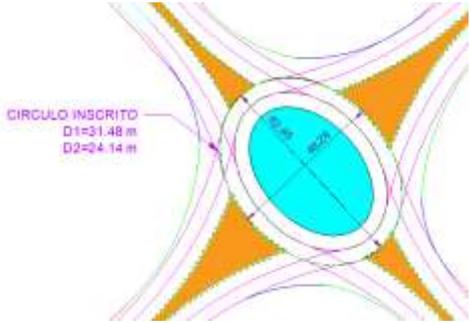
Ilustración 21: Trazado empírico de la Glorieta El Aguador

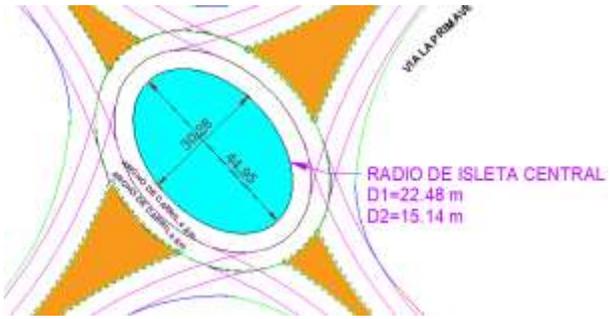
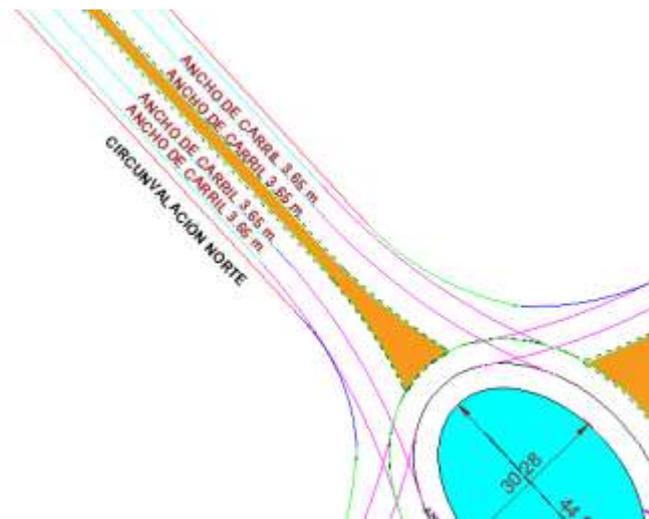


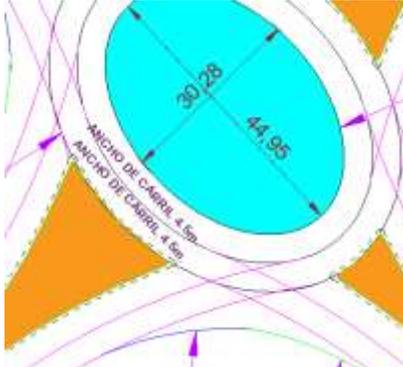
Fuente: Elaboración Propia

A continuación, la tabla 27, se detalla cada elemento geométrico que ha intervenido para el diseño de la rotonda El Aguador, se ha colocado las medidas establecidas imágenes de apoyo y que normativa ha sido de apoyo para este resultado.

Tabla 27: Tabla de la propuesta de diseño con las normativas combinadas

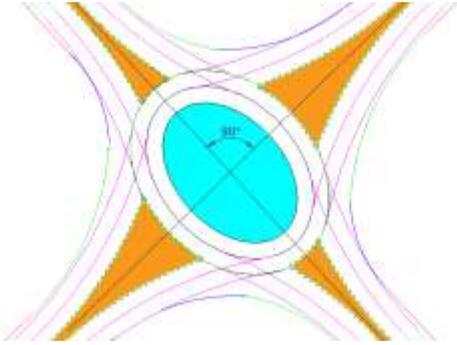
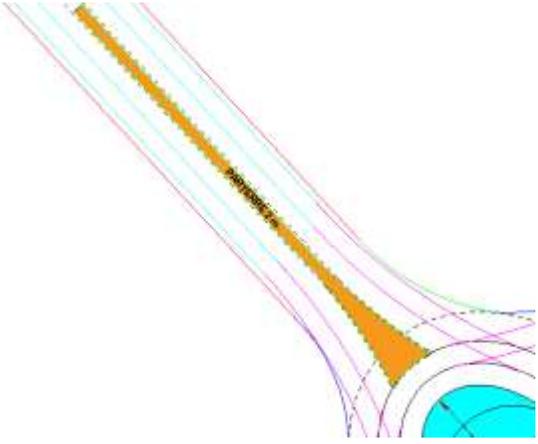
ITEM	ELEMENTOS DE LA ROTONDA		MEDIDA	IMAGEN DE REFERENCIA	MANUAL O GUIA APLICADA
1	Alineamientos		Permite giros seguros		(FHWA, 2010)
2	Diámetro del círculo inscrito	Mayor	62.95 m		Con referencia a la isleta central, con desfase de la suma de dos carriles (4.5 m + 4.5 m) más el espaldón (1.5 m)
Menor		48.28 m			

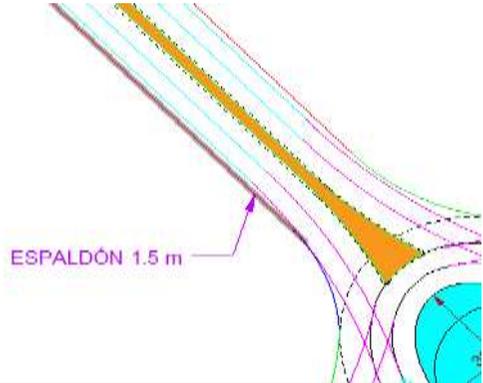
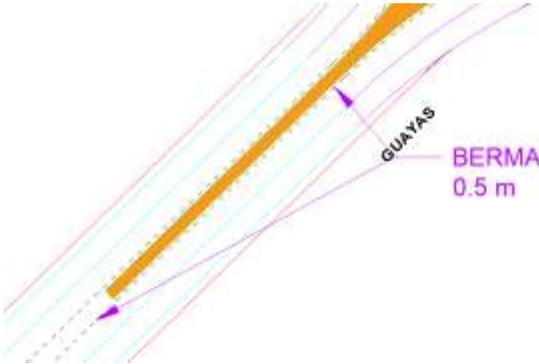
3	Diámetro de la isleta central	Mayor	44.95		Diseño de Isleta real de la rotonda
		Menor	30.28		
4	Ancho de los carriles		3.65 m		(Ministerio de transporte Republica de Colombia, 2008; Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú., 2018; MTOP, 2013)

<p>5</p>	<p>Isleta divisoria</p>	<p>Para su creandose da un radio de 117 m con respecto a cada elipse que se crea desde la isla central</p>		<p>Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú., 2018)</p>
<p>6</p>	<p>Ancho de carril circulatorio</p>	<p>4.5 m</p>		<p>(FHWA, 2010)(Ministerio de transporte Republica de Colombia, 2008; (MTOF, 2013)</p>

7	Radio de la entrada	Circunvalación Norte (Noroeste)	36.33 m	
		Guayas	53.94 m	
		Circunvalación Norte (Sureste)	36.33 m	
		Vía la Primavera	53.94 m	
8	Radio de la salida	Circunvalación Norte (Noroeste)	71.92 m	
		Guayas	48.45 m	
		Circunvalación Norte (Sureste)	71.92 m	
		Vía la Primavera	48.45 m	

(Ministerio de transporte Republica de Colombia, 2008; Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú., 2018)

<p>9</p>	<p>Ángulos entre ramales de Aproximación</p>	<p>90°</p>		<p>(Ministerio de transporte Republica de Colombia, 2008; Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú., 2018)</p>
<p>10</p>	<p>Parterre</p>	<p>2 m</p>		<p>(Ministerio de transporte Republica de Colombia, 2008; Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú., 2018)</p>

11	Velocidad de diseño	40 km/h- 50km/h		(Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú., 2018)
12	Espaldón	1.5 m		(FHWA, 2010; Ministerio de transporte Republica de Colombia, 2008; Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú., 2018)
13	Berma	0.5 m		(Ministerio de transporte Republica de Colombia, 2008)

Fuente: Elaboración Propia

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los documentos investigados, como normativas, guías, artículos y trabajos de grado muestran que en el Ecuador no existe un criterio propio de cómo debe ser el diseño de una rotonda o glorieta, se ha indagado con otros ingenieros expertos en el área y dan a conocer que dichas rotondas construidas en el Ecuador se guían de países vecinos para diseñar este tipo de intersecciones que permitan dar una mejor distribución al flujo vehicular.

Respecto al proceso de recopilación de datos como el levantamiento topográfico, donde se ha implementado tecnología avanzada como es el dron, primero da como ventaja no invertir mucho tiempo en la zona de estudio como los métodos tradicionales suelen tardar. Como era una recopilación de datos en intersecciones con flujo constante de vehículos redujo la exposición a peligros en el terreno. Si embargo el poco tiempo en la zona no se logró visualizar problemáticas en el campo como se dio en el conteo vehicular, este conteo duró 3 días en 3 horarios diferentes con un mayor flujo. De manera manual se fue tabulando datos que ayudaron a obtener una capacidad vial de la rotonda con el volumen más crítico de los días mencionados, 763 vehículos por hora son los que circulan en la vía Guayas lo que indica que tiene el 50% de vida útil.

El conteo vehicular ayudó a clasificar la rotonda como una infraestructura que tiene un nivel de tráfico moderado de acuerdo con lo que menciona (FHWA, 2010), punto importante para la creación de una rotonda óptima porque se conoce la demanda que puede tener el sitio y como sería conveniente aplicar las normativas.

El trazado geométrico de la glorieta no cumple con algunos criterios con los que fue comparado, esto ocurre porque al ser una rotonda elíptica, las cuales no son nombradas directamente en los manuales y guía. Los carriles de cada tramo tienen variación en sus medidas, es más notorio en el ramal de la Circunvalación norte (noroeste) donde al ingresar a la rotonda se muestra una disminución de la vía. La variación de los dos carriles o calzada de circulación de la rotonda presenta el mismo problema, el círculo inscrito y la isleta central no llevan las mismas distancias en cada intersección de los ramales.

Durante el modelamiento empírico de la rotonda se presentó conflictos con el uso de herramientas que brinda el software AutoCAD, al ser una rotonda elíptica los comandos que se usan como (Tang, Tang, Radio) no se aplicaban con respecto a la isleta central por su forma, esto ayudó a desarrollar artificio generando varios círculos de apoyo

enmarcando la previa figura elíptica para obtener una relación entre el comando y cada uno de los trazados no regulares y dar como resultado las curvas de entrada y salida de la glorieta. Esta parte fue tardada, los trazados se hicieron con el mayor cuidado para no distorsionar medidas.

Con la combinación de los criterios que ofrece los manuales se pudo realizar este trazado empírico aplicando el método de proporcionalidad, desde la isleta central del objeto de estudio, manteniendo su medida original. De manera visual refleja una alineación correcta a lo que se observaba en el diseño real, los carriles de 3.50 m cumplen con un ancho suficiente para los tipos de vehículos que recorren el lugar. Se dibujaron los palteres con una medida 2 m para cada uno de los ramales con un radio de 117, un buen radio de giro obliga al conductor entrar con una menor velocidad. Se denotaron las bermas con líneas entrecortadas con una distancia desde el paltere hacia los carriles de 0.5 m. En el modelo original no se hacen presentes los espaldones, pero este modelado empírico es la representación de todos los elementos que debe tener una rotonda y la vía con la que se une que le coloco 1.50 m desde el borde el carril adaptándolas para el diseño geométrico de las intersecciones viales. (MTOP, 2013)

## RECOMENDACIONES

Es necesario recopilar más criterios de diseño geométricos de rotondas de otros lados del mundo que ayudaría a crear un campo de información más detallada para que se apliquen de manera correcta.

Antes de diseñar una rotonda, es fundamental realizar un estudio detallado del tráfico en la intersección donde se la vaya a implementar, para evaluar las cantidades de vehículos que circulan en cada acceso durante diferentes horas del día, los tipos de vehículos que circulan en zona ya que esto depende el diseño de los radios de giro.

Si se requiere saber hasta cuando dejará de ser eficiente la rotonda, se determina una proyección del TPDA existe, con la tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo se puede obtener el promedio de tráfico diario Anual futuro. Es necesario que se haga un conteo de los 7 días de la semana por 24 horas para ser más precisos.

Se debe hacer un estudio para ver si el implementar una rotonda es de las mejores opciones, hay situaciones donde es mejor no colocarlas, como en áreas con tráfico peatonal constante.

## FUENTES BIBLIOGRAFICAS

- Abata Katherine, Artega Freddy, & Delgado Daniel. (2022). ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN DIFERENTES INTERSECCIONES EN LA CIUDAD DE PORTOVIEJO, ECUADOR. *RIEMAT*, 1–15. <https://doi.org/10.33936/riemat.v7i1.4836>
- 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 (Switzerland)*, 12(21). <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>
- Alhadidi, T. I., Al-Marafi, M. N., & Alazimi, A. (2024). Development of safety performance measures for different crashes severity at urban roundabouts. *Results in Engineering*, 25, 103680. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103680>
- 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>
- Baque Solis, J., Cuadro Torres, L., & Palacios Paredes, B. (2022). Comparative Topographic analysis on altimetric surveys with RTK GNSS, total station and Drone in Manta. *Polo Del Conocimiento*, 1–17. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5015/12158>
- 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>
- 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>
- Cortés Ospina, E. J. (2021). *LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS MEDIANTE EL USO DE DRONES TOPOGRAPHIC UPRISING THROUGH THE USE OF DRONES*. 8(2), 1–14. <https://doi.org/10.26495/icti.v8i2.1912>
- Čudina Ivančev, A., Ahac, M., Ahac, S., & Dragčević, V. (2023). Comparison of Single-Lane Roundabout Entry Degree of Saturation Estimations from Analytical and Regression Models. *Algorithms*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/a16030164>
- Dabiri, A. R., Aghayan, I., & Hadadi, F. (2021). A comparative analysis of the performance of turbo roundabouts based on geometric characteristics and

- traffic scenarios. *Transportation Letters*, 13(9), 674–685.  
<https://doi.org/10.1080/19427867.2020.1757198>
- Davidović, S., Bogdanović, V., Garunović, N., Papić, Z., & Pamučar, D. (2021). Research on speeds at roundabouts for the needs of sustainable traffic management 2. *Sustainability (Switzerland)*, 13(1), 1–20.  
<https://doi.org/10.3390/su13010399>
- Dias, C., Iryo-Asano, M., Abdullah, M., Oguchi, T., & Alhajyaseen, W. (2020). Modeling Trajectories and Trajectory Variation of Turning Vehicles at Signalized Intersections. *IEEE Access*, 8, 109821–109834.  
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3002020>
- FHWA, F. H. A. (2010). *Rotondas modernas fhwa 2010*.
- GAD Machala. (2022). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITOREIAL DEL CANTON MACHALA. *Dirección de Planificación*.
- Gao, D. Z., Huang, M., Jia, K. N., Zhu, S. X., Cao, J. S., Lin, H., & Cui, G. F. (2024). A new approach to surveying cliff-dwelling endangered plants using drone-based nap-of-the-object photography: A case study of *Clematis acerifolia*. *Global Ecology and Conservation*, 49, e02769.  
<https://doi.org/10.1016/J.GECCO.2023.E02769>
- Gu, L., Zhang, H., & Wu, X. (2024). Surveying and mapping of large-scale 3D digital topographic map based on oblique photography technology. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 17(1), 100772.  
<https://doi.org/10.1016/J.JRRAS.2023.100772>
- Hernández Betancourt, G., Vidaña Bencomo, O. J., & Rodríguez Esparza, A. (2015). *Problemática en Intersecciones Viales de Áreas Urbanas: Causas y Soluciones*. 25–32.
- 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>
- Maldonado Ballesteros, J. B. (2023). Optimización del servicio para mitigar la congestión vehicular. *Revista Criterio*, 3(4).  
<https://doi.org/10.62319/criterio.v.3i4.18>
- Ministerio de transporte Republica de Colombia. (2008). *MANUAL DE DISEÑO DE CARRETRAS INVIAS*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico*. <https://www.mtc.gob.pe>
- MTOP. (2013). *NEVI-12*.
- Paladines Calderon, B., Oyola Estrada, E., Carrión Romero, L., & Romero Valdiviezo, E. (2023). Análisis Geométrico De La Rotonda Del Monumento A La Paz En la Ciudad De Huaquillas. *Ciencia y Construcción*, 3, 21–30.  
<https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/147>

- Perez, D., Tarquino, F., & Yauyo, J. (2020). Replanteo físico y operativo de una rotonda urbana de cinco rieles interiores en situación de congestión para mejorar su eficiencia y seguridad vial. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 1. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.385>
- Pulugurtha, S. S., & Mathew, S. (2021). Modeling AADT on local functionally classified roads using land use, road density, and nearest nonlocal road data. *Journal of Transport Geography*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103071>
- Robledo-Hidalgo Rodrigo, Flores-Velázquez Jorge, & Reyes-Ramírez Aurelio. (2020). Evaluación de la confiabilidad de tres métodos topográficos para generar modelos digitales de elevación (MDE). *Ingeniería Agrícola y Biosistemas (INAGBI)*, 1–14. <http://dx.doi.org/10.5154/r.inagbi.2020.01.005>
- Salinas Gonzales, J., Torres Chamba Joselyn, Romero Valdiviezo, E., & Sanchez Mendieta, C. (2024). Evaluation With AIMSUN Of A Signalized Intersection In The City Of Machala, Ecuador. *Revista Ciencia y Construcción*, 5(1). <https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/228>
- Stančerić, I., Ahac, S., Bezina, Š., & Vlaović, F. (2019). Design limits for intersection angles between approach legs of suburban roundabouts. *Gradjevinar*, 71(5), 389–399. <https://doi.org/10.14256/JCE.2029.2017>
- 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. *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>
- Vera Luna, C. O., GavilanoEsquivel, M. Y., Silvera, M., & Campos, F. (2023). Evaluation of the influence of the turning radius of heavy vehicles inside a roundabout in vehicular conflicts. *2023 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería (CONIITI)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/CONIITI61170.2023.10324050>
- Zakeri, S., & Choupani, A.-A. (2021). Operational Evaluation of a Throughabout to Give Priority to Public Transport at Standard Roundabouts. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2021/1840040>
- Zhongzhi, G., Muqing, D., Jiankun, Z., Xiaowei, J., Xiaonian, S., & Xing Zhao. (2023). An Assessment Scheme for Road Network Capacity under Demand Uncertainty. *Applied Sciences*, 13(13), 7485. <https://doi.org/10.3390/app13137485>

## ANEXOS

*Anexo 1. Registro de coordenadas en el RTK para iniciar el levantamiento*



Fuente: Elaboración propia

*Anexo 2. Dron DJI Mavic 2 Pro empleado en la recopilación de datos.*



Fuente: Elaboración propia

*Anexo 3. Definición de punto de partida*



Fuente: Elaboración propia

*Anexo 4. Posicionamiento con RTK en el proceso de replanteo*



Fuente: Elaboración propia

*Anexo 5. Vista del control remoto durante el vuelo del dron DJI Mavic 2 Pro*



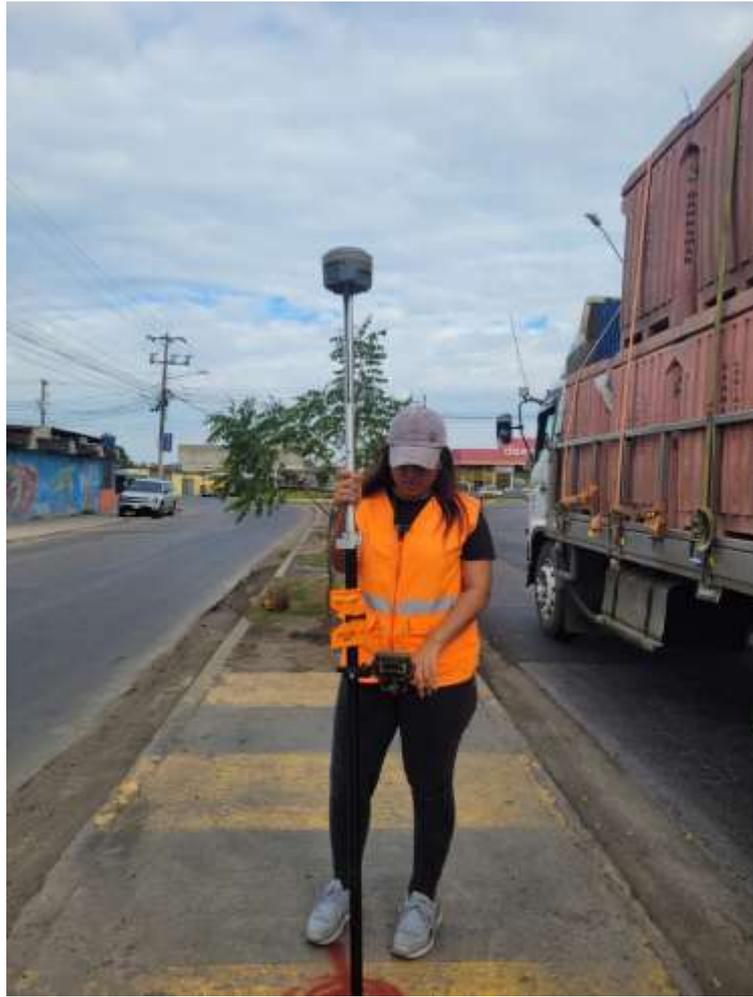
Fuente: Elaboración propia

*Anexo 6. Replanteo de punto de referencia con sistema RTK*

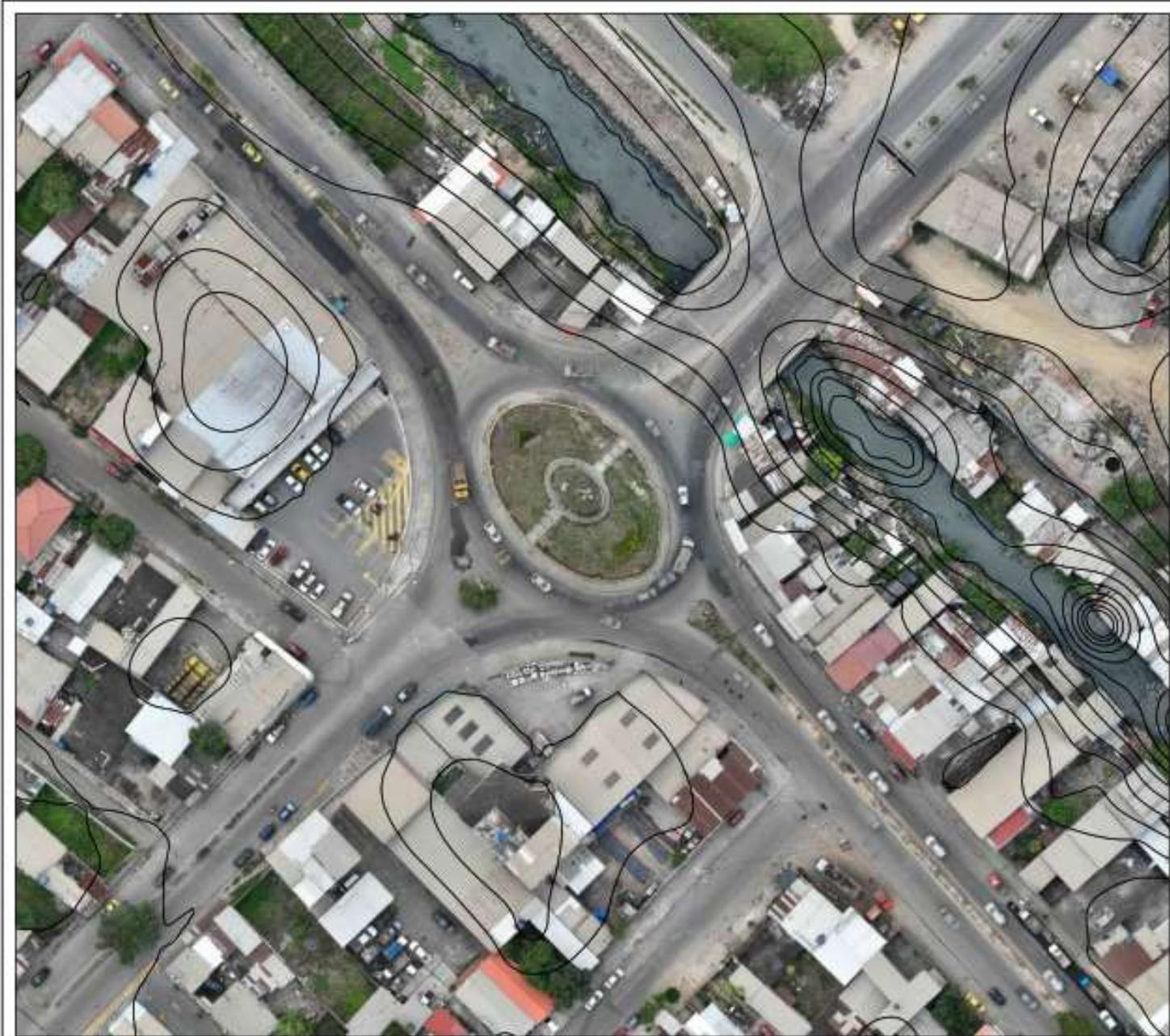


Fuente: Elaboración propia

*Anexo 7. Toma de punto de referencia con sistema RTK en levantamiento topográfico*



Fuente: Elaboración propia



**UTMACH**

Machala-El Oro-Ecuador

UBICACIÓN

Rotonda  
"El Aguador"



Desarrollo del Diseño

VISTA EN PLANTA  
DE LA ROTONDA

Elaborado por:  
Ing. Angie Mayded  
Japon Nevarez

Escala  
1 : 1000

Lamina  
5





UTMACH

Machala-El Oro-Ecuador

UBICACIÓN

Rotonda  
"El Aguador"



Desarrollo del Diseño

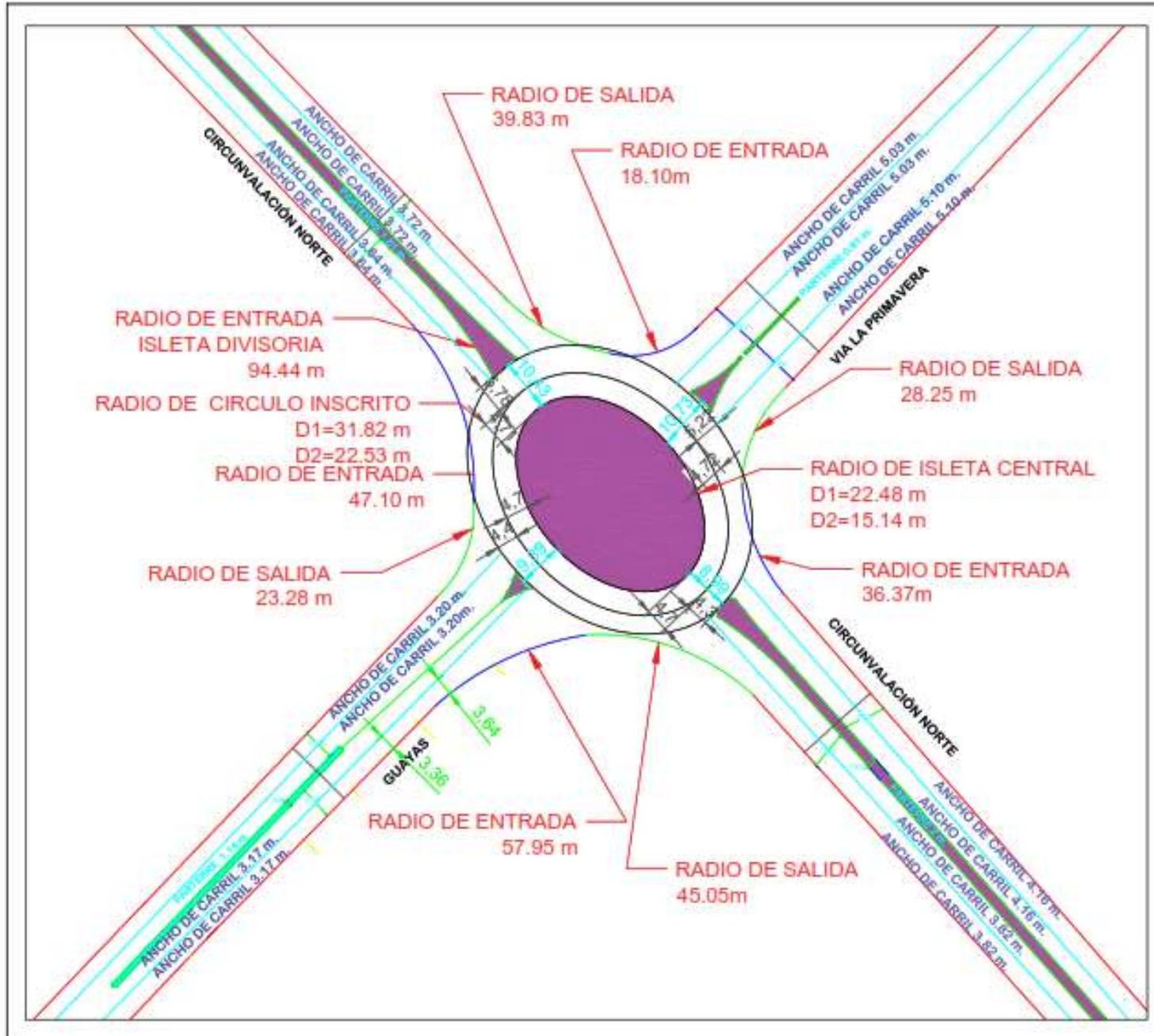
Trazado  
geométrico  
Real+Orfoto

Elaborado por:  
Ing. Angie Maydet  
Japon Nevarez

Escala  
1 : 1000

Lamina  
1



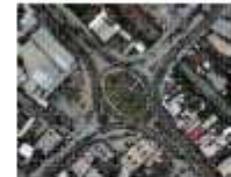


**UTMACH**

Machala-El Oro-Ecuador

UBICACIÓN

Rotonda  
"El Aguador"



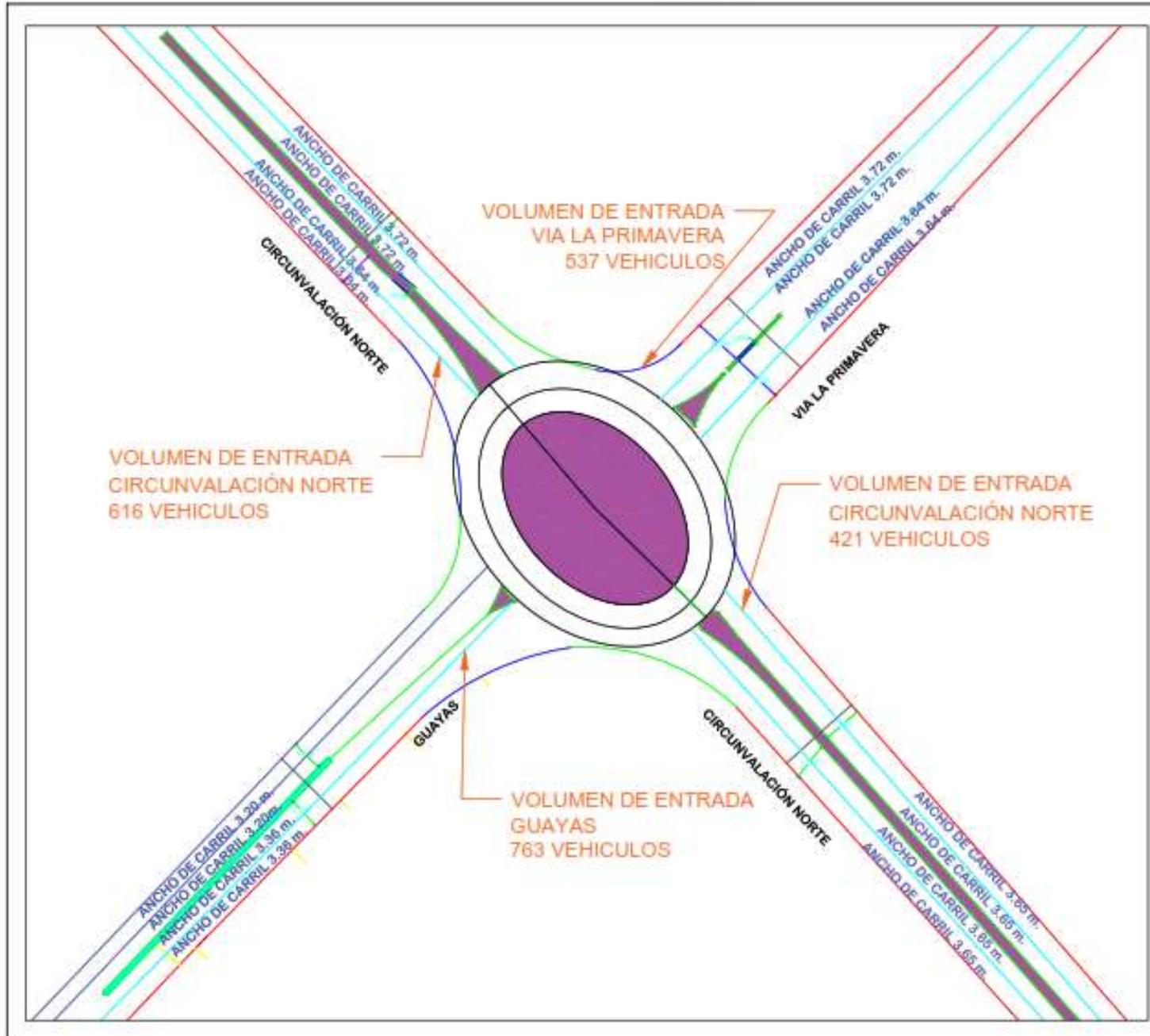
Desarrollo del Diseño

Trazado  
geométrico Real

Elaborado por:  
Ing. Angie Maydet  
Japon Nevarez

Escala 1 : 1000	Lamina 2
--------------------	-------------





**UTMACH**

Machala-El Oro-Ecuador

**UBICACIÓN**

Rotonda  
"El Aguador"



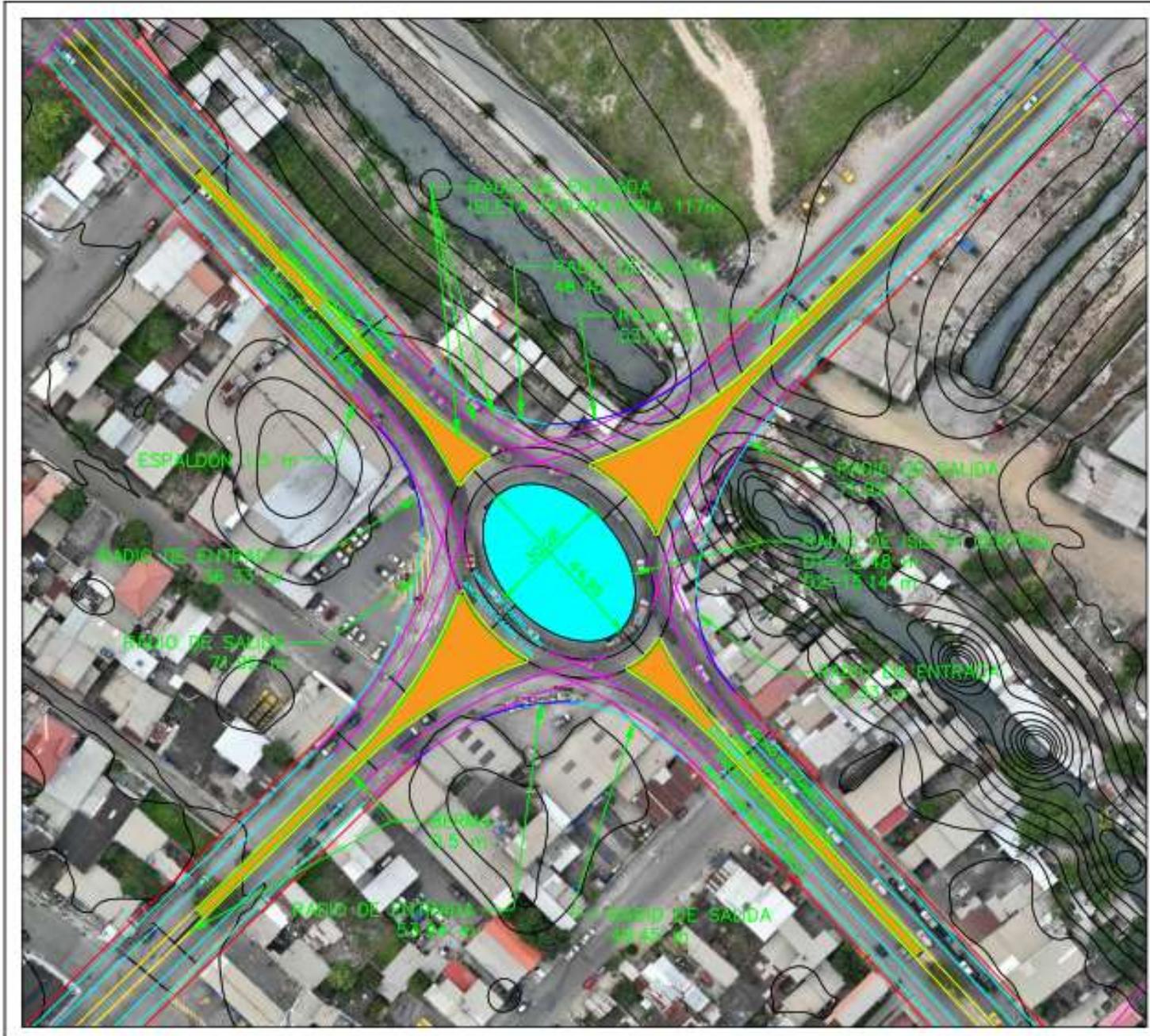
Desarrollo del Diseño

Volumen de entrada por cada ramal de la rotonda

Elaborado por:  
Ing. Angie Mayded  
Japon Nevarez

Escala 1 : 1000	Lamina 3
--------------------	-------------





**UTMACH**

Machala-El Oro-Ecuador

UBICACIÓN

Rotonda  
"El Aguador"



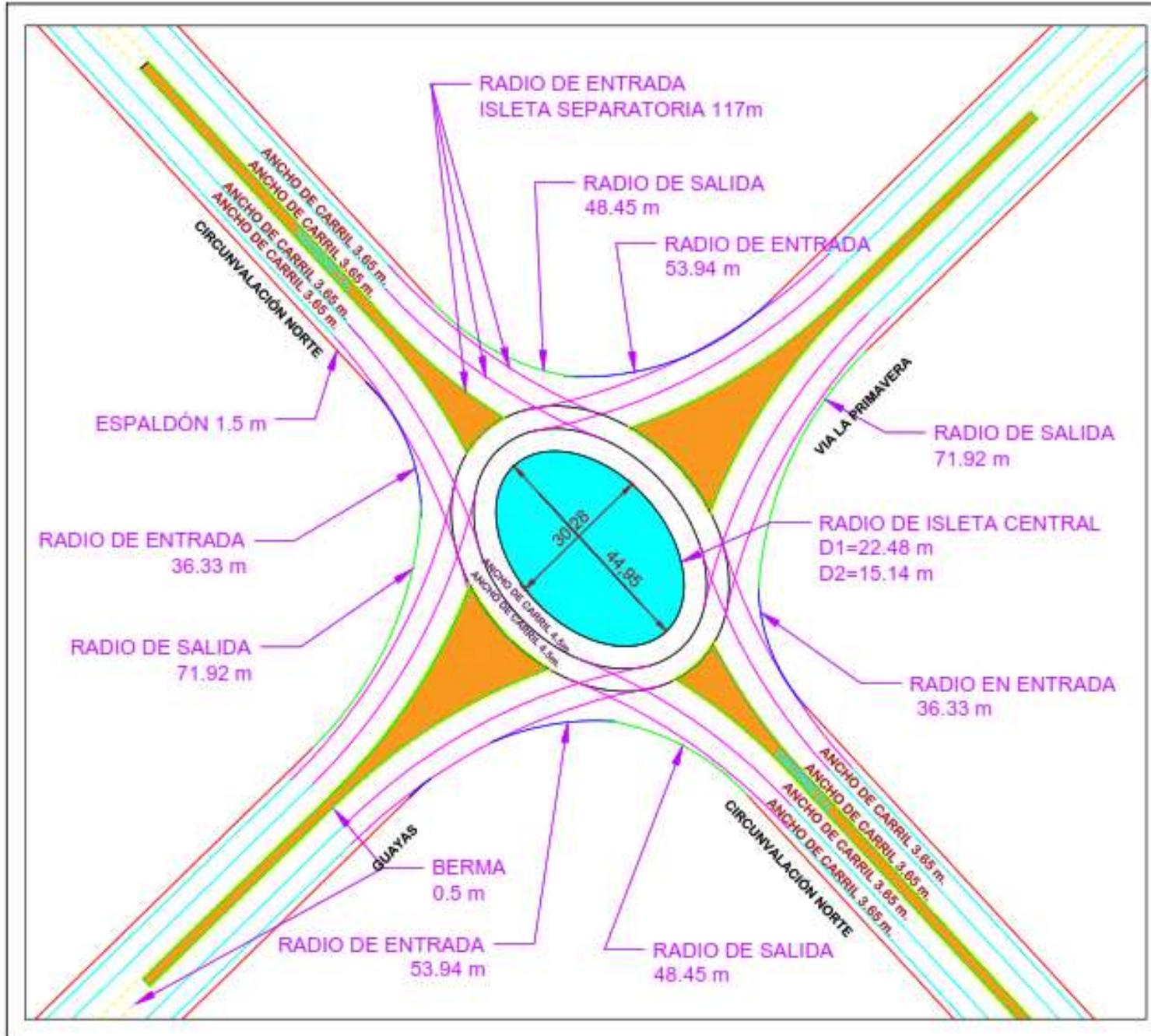
Desarrollo del Diseño

DISEÑO  
CORREGIDO +  
ORTOFOTO

Elaborado por:  
Ing. Angie Mayted  
Japon Nevarez

Escala 1 : 1000    Lamina 4





**UTMACH**

Machala-El Oro-Ecuador

DATOS TÉCNICOS

Rotonda  
"El Aguador"



Desarrollo del Diseño

DISEÑO  
CORREGIDO DE LA  
ROTONDA

Elaborado por:  
Ing. Angie Maydet  
Japon Nevarez

Escala 1 : 1000	Lamina 5
--------------------	-------------

