



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DEL DISEÑO INTERSECCIÓN VIAL, AV. GRAL. GALLARDO  
Y PERIMETRAL SUR PARA EL ANÁLISIS TÉCNICO DE LA  
INTERSECCIÓN TIPO ROTONDA.

PINTO MACAS LEIVER BLADIMIR  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DEL DISEÑO INTERSECCIÓN VIAL, AV. GRAL.  
GALLARDO Y PERIMETRAL SUR PARA EL ANÁLISIS TÉCNICO  
DE LA INTERSECCIÓN TIPO ROTONDA.

PINTO MACAS LEIVER BLADIMIR  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ESTUDIO DEL DISEÑO INTERSECCIÓN VIAL, AV. GRAL. GALLARDO Y  
PERIMETRAL SUR PARA EL ANÁLISIS TÉCNICO DE LA INTERSECCIÓN TIPO  
ROTONDA.

PINTO MACAS LEIVER BLADIMIR  
INGENIERO CIVIL

OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER

MACHALA, 28 DE FEBRERO DE 2023

MACHALA  
28 de febrero de 2023

# ESTUDIO DEL DISEÑO INTESECCIÓN VIAL AV. GRAL. GALLARDO Y PERIMETRAL SUR PARA EL ANÁLISIS TÉCNICO DE LA INTERSECCIÓN TIPO ROTONDA

*por* Leiver Bladimir Pinto Macas Leiver Bladimir

---

**Fecha de entrega:** 23-feb-2023 11:10p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2021786119

**Nombre del archivo:** LA\_INTERSECCI\_N\_TIPO\_ROTONDA\_\_PINTO\_MACAS\_LEIVER\_BLADEMIR.docx (152.15K)

**Total de palabras:** 6384

**Total de caracteres:** 32759

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

El que suscribe, PINTO MACAS LEIVER BLADIMIR, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Estudio del diseño intersección vial, av. Gral. Gallardo y Perimetral Sur para el análisis técnico de la intersección tipo rotonda., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

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

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

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

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

Machala, 28 de febrero de 2023



PINTO MACAS LEIVER BLADIMIR  
0705797538

# ESTUDIO DEL DISEÑO INTESECCIÓN VIAL AV. GRAL. GALLARDO Y PERIMETRAL SUR PARA EL ANÁLISIS TÉCNICO DE LA INTERSECCIÓN TIPO ROTONDA

*por* Leiver Bladimir Pinto Macas Leiver Bladimir

---

**Fecha de entrega:** 23-feb-2023 11:10p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2021786119

**Nombre del archivo:** LA\_INTERSECCI\_N\_TIPO\_ROTONDA\_\_PINTO\_MACAS\_LEIVER\_BLADEMIR.docx (152.15K)

**Total de palabras:** 6384

**Total de caracteres:** 32759

# ESTUDIO DEL DISEÑO INTESECCIÓN VIAL AV. GRAL. GALLARDO Y PERIMETRAL SUR PARA EL ANÁLISIS TÉCNICO DE LA INTERSECCIÓN TIPO ROTONDA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>1</b> %	<b>1</b> %	<b>0</b> %	<b>0</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>idoc.pub</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>2</b>	<b>www.dspace.espol.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Técnica de Machala</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias      < 15 words

## **DEDICATORIA**

A Dios,

Por amarme infinitamente, brindándome su compañía y fortaleza en momentos de adversidad, gracias a ti padre he culminado uno de mis grandes propósitos.

A mi Madre por ser una mujer con carácter y determinación, que a pesar de no haberme dado grandes lujos supo darme uno de los mayores tesoros que puede existir en el mundo "su amor". Plasmando en mi memoria su gran cariño para toda la eternidad.

Al hombre que me crío mi padre, por su gran esfuerzo, sacrificio y dedicación quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, por haberme enseñado que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se logra.

A mi hermana por sus palabras de aliento que me motivaron a mejorar cada día, su cariño y respaldo fueron mi refugio, mi logro también es de ellos.

Los llevó en mi corazón Familia.

Leiver Bladimir Pinto Macas



## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento se dirige a mis padres: Oscar y María, a mi hermana, Leonela quienes han sido el pilar fundamental en el transcurso de mi vida ya que sus palabras de aliento siempre me reconfortaban en los momentos más adversos, motivándome a seguir adelante.

A mis compañeros de clase María y Diego con los que compartí grandes momentos en la facultad.

Y al resto de mis familiares por su apoyo moral, permitiéndome permanecer con empeño, dedicación y cariño durante toda mi vida como estudiante.

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un análisis técnico de la rotonda ubicada en la intersección de la Av. Gral. Gallardo y Perimetral Sur, con el diseño realizado en el software Civil 3D, evaluando los parámetros mínimos de diseño establecidos por la norma NEVI 2012 y la guía informativa FHWA – 2010.

Para el desarrollo del trabajo se realizó el levantamiento fotogramétrico con un dron de la marca MAVIC AIR 2S para obtener la información topográfica del proyecto. Se realizó 3 aforos vehiculares en las horas picos para obtener el TPDd necesario para determinar la clasificación funcional de la vía, la cual se clasifica como una carretera multicarril de tipo AV1.

Con la revisión de la norma NEVI-2012 y la guía informativa FWHA-2010 se determinó los parámetros mínimos para el diseño de una rotonda, y con el uso del Software Civil 3D se realizó el modelado del diseño propuesto. A fin de verificar si el diseño original de la rotonda cumple con los parámetros mínimos de diseño.

**Palabras claves:** Rotonda, aforos vehiculares, fotogramétrica, dron.

## **ABSTRACT**

The objective of this project is to carry out a technical analysis of the roundabout located at the intersection of Av. Gral. Gallardo and Perimetral Sur, with the design carried out in the Civil 3D software, evaluating the minimum design parameters established by the NEVI 2012 standard. and the informative guide FHWA – 2010.

For the development of the work, a photogrammetric survey was carried out with a MAVIC AIR 2S brand drone to obtain the topographic information of the project. Three vehicle counts were carried out during peak hours to obtain the necessary TPDd to determine the functional classification of the road, which is classified as an AV1-type multilane highway.

With the revision of the NEVI-2012 standard and the FWHA-2010 informative guide, the minimum parameters for the design of a roundabout were determined, and with the use of Civil 3D Software, the modeling of the proposed design was carried out. In order to verify if the original design of the roundabout complies with the minimum design parameters.

**Keywords:** Roundabout, vehicle counting, photogrammetric, drone.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN .....	III
ABSTRACT .....	IV
1. INTRODUCCIÓN .....	10
1.1. Importancia de los sistemas rotatorios.....	11
1.1. Planteamiento del problema .....	12
1.2. Justificación del problema.....	12
1.3. Objetivos.....	12
1.3.1. Objetivo general .....	12
1.3.2. Objetivos específicos .....	12
2. DESARROLLO .....	13
2.1. Fundamentación teórica para el diseño de intersecciones viales. ....	13
2.1.1. Levantamiento topográfico con dron.....	13
2.1.2. Tránsito .....	13
2.1.3. Congestionamiento vehicular.....	13
2.1.3. Vehicle Tracking.....	13
2.1.4. Rotonda.....	13
2.1.5. Intersecciones .....	15
2.1.6. Tipos de Intersecciones circulares.....	16
2.2. Metodología de diseño .....	17
2.2.1. Parámetros de diseño .....	17
2.2.2. Clasificación de las vías.....	17
2.2.3. Diseño geométrico de una rotonda.....	18
2.2.4. Características comunes de las rotondas .....	18
2.2.5. Rotonda multicarriles.....	19
2.2.6. Velocidad de diseño .....	19
2.2.7. Carriles .....	19
2.2.8. Diametro de circulo inscrito.....	19
2.2.9. Alineamiento de las aproximaciones.....	20
2.2.10. Ángulos entre ramales de aproximación.....	20

2.2.11.	Isleta Central .....	21
2.2.12.	Ancho de la calzada.....	21
2.2.13.	Ancho de la calzada circulatoria. ....	21
2.2.14.	Geometría de la entrada .....	21
2.2.15.	Isletas partidoras .....	22
2.2.16.	Curvas de salida.....	23
2.2.17.	Vehículo de diseño.....	23
2.2.18.	Trayectoria natural .....	24
2.2.19.	Distancia visual de detención.....	24
2.2.20.	Distancia visual en la aproximación.....	25
2.2.21.	Distancia visual de calzada circulatoria. ....	25
2.2.22.	Distancia visual de intersección. ....	26
2.2.23.	Reductores de velocidad.....	26
2.3.	Descripción operativa del proyecto.....	27
2.3.1.	Ubicación del proyecto.....	27
2.3.2.	Coordenadas Topográficas.....	27
2.3.3.	Levantamiento Topográfico.....	27
2.3.4.	Demanda vehicular. ....	28
3.	RESULTADOS.....	31
3.1.	Análisis de los parámetros de diseño del sistema rotatorio construido en la intersección vial, av. Gral. Gallardo y Perimetral Sur, según la normativa FHWA 2010. ....	31
3.2.	Resumen de los parámetros de diseño. ....	36
3.3.	Rediseño de la Rotonda, aplicando los criterios de diseño del manual FHWA 2010 y el uso software de diseño Civil 3D. ....	37
4.	CONCLUSIONES .....	51
5.	RECOMENDACIONES.....	52
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
6.	ANEXOS .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 2. 1 Características de una rotonda.....	15
Fig 2. 2 Características Comunes de Diseño de Rotondas.[13].....	18
Fig 2. 3 Características de una Rotonda Típica de Dos Carriles. [14].....	19
Fig 2. 4 Traslapo de trayectorias vehiculares de entrada[13].....	22
Fig 2. 5 Alineamiento deseable de trayectoria vehicular[13] .....	22
Fig 2. 6 Dimensiones mínimas de la isleta partidora.[13] .....	23
Fig 2. 7 Radios y retranqueos mínimos de nariz de una isleta partidora.[13].....	23
Fig 2. 8 Vehículo de diseño[11].....	24
Fig 2. 9 Radios de giros de camiones 2S2 .....	24
Fig 2. 10 Distancia visual de detención en la aproximación.[13] .....	25
Fig 2. 11 Distancia visual de detención en la calzada circulatoria.[13].....	25
Fig 2. 12 Bandas sonoras de alerta .....	26
Fig 2. 13 Ubicación geográfica del proyecto [Elaboración propia].....	27
Fig 2. 14 Levantamiento Topográfico con Dron [Elaboración propia].....	28
Fig 2. 15 Aforo Av. Gral. Gallardo [Elaboración propia].....	28
Fig 2. 16 Aforo Av. Ruta E59 [Elaboración propia] .....	28
Fig 2. 17 Aforo Perimetral Sur [Elaboración propia] .....	29
Fig 3. 1 Trazo de alineamientos – Ruta E59 a Av. Gral Gallardo y viceversa.....	32
Fig 3. 2 Círculo Inscrito de la Rotonda.....	32
Fig 3. 3 Isleta central y ancho de calzada.....	33
Fig 3. 4 Radio de entrada y salida .....	33
Fig 3. 5 Visibilidad .....	34
Fig 3. 6 Islas divisoras.....	34
Fig 3. 7 Configuración de dibujo. ....	37
Fig 3. 8 Crear puntos.....	37
Fig 3. 9 Importar puntos. ....	38
Fig 3. 10 Superficie del proyecto.....	38
Fig 3. 11 Estilo de superficie .....	39
Fig 3. 12 Suavizado de curva de nivel. ....	39
Fig 3. 13 Superficie .....	40

Fig 3. 14 Editar superficie .....	40
Fig 3. 15 Creación de alineamientos.....	40
Fig 3. 16 Creación de perfil a partir de superficie. ....	41
Fig 3. 17 Perfiles de la vía.....	41
Fig 3. 18 Asistente de configuración Vehicle Tracking. ....	42
Fig 3. 19 Explorador de las normas de las rotondas. ....	42
Fig 3. 20 Diseño de la rotonda. ....	43
Fig 3. 21 Configuración de los Brazos de la rotonda.....	43
Fig 3. 22 Diseño de la rotonda .....	44
Fig 3. 23 Propiedades de diseño .....	44
Fig 3. 24 Configuración de la Isla central.....	45
Fig 3. 26 Diametro de la plataforma.....	45
Fig 3. 27 Ancho de carril .....	46
Fig 3. 28. Ancho circular .....	46
Fig 3. 29 Propiedades de la rotonda - Brazo 1 .....	46
Fig 3. 30 Diseño de la salida de vehiculos.....	47
Fig 3. 31 Ancho paso del peatón .....	47
Fig 3. 32 Bandas sonoras .....	48
Fig 3. 33 Ruta más rápida.....	48
Fig 3. 34 Ruta del vehículo .....	48
Fig 3. 35 Selección del Vehículo de diseño .....	49
Fig 3. 36 Vehículo de diseño WB-20.....	49
Fig 3. 37 Representación final de la rotonda. ....	50
Fig 3. 38 Diseño exportado a Google Earth.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Ventajas y desventajas.[15] .....	14
Tabla 2. 2 Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.[11].....	17
Tabla 2. 3 Rangos típicos de los diámetros de círculo inscrito [14].....	20
Tabla 2. 4 Distancia visual de detención.[13] .....	25
Tabla 2. 5 Triángulo visual de intersección.[13].....	26
Tabla 2. 6 Coordenadas de referencia del proyecto [ Elaboración propia].....	27
Tabla 2. 7 Rutas vehiculares [ Elaboración propia] .....	29
Tabla 2. 8 Aforo vehicular [Elaboración propia] .....	30
Tabla 2. 9 Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) [Elaboración propia].....	30
Tabla 3. 1 Resume de los Parámetros diseño .....	36
Tabla 6. 1 Aforo 1 Avenida Gral. Gallardo [Elaboración propia].....	55
Tabla 6. 2 Aforo 1 Ruta E59 [Elaboración propia] .....	55
Tabla 6. 3 Aforo 1 Perimetral Sur [ Elaboración propia] .....	56
Tabla 6. 4 Aforo 2 Avenida Gral. Gallardo [Elaboración propia].....	56
Tabla 6. 5 Aforo 2 Ruta E59 [Elaboración propia] .....	57
Tabla 6. 6 Aforo 2 Perimetral Sur [ Elaboración propia] .....	57
Tabla 6. 7 Aforo 3 Avenida Gral. Gallardo [Elaboración propia].....	58
Tabla 6. 8 Aforo 3 Ruta E59 [Elaboración propia] .....	58
Tabla 6. 9 Aforo 3 Perimetral Sur [ Elaboración propia] .....	59
Tabla 6. 10 Tráfico Promedio Diario Anual - Ruta E59 [Elaboración propia].....	59
Tabla 6. 11 TPDA Existente - Ruta E59 [Elaboración propia] .....	59
Tabla 6. 12 Tráfico Promedio Diario Anual - Av. Gral. Gallardo [Elaboración propia].....	60
Tabla 6. 13 TPDA Existente - Av. Gral. Gallardo [Elaboración propia].....	60
Tabla 6. 14 Tráfico Promedio Diario Anual - Perimetral Sur [Elaboración propia] .....	60
Tabla 6. 15 TPDA Existente - Perimetral Sur [Elaboración propia] .....	60



## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el diseño del sistema giratorio construido entre la intersección vial, av. Gral. Gallardo y Perimetral Sur ha dejado de cumplir con su propósito debido a que su diseño como tal no permite controlar de manera correcta la circulación vehicular en las horas pico, inclusive se han reportado varios accidentes de tránsito con pérdidas irreparables.

Un caso similar se suscitó en Perú, con la variante internacional Panamericana Piura, Guayaquil de la provincia de Zarumilla. Donde el diseño elíptico del sistema rotatorio no cumple con lo establecido por el manual de carreteras. En vista de aquello se presentó una alternativa al diseño en situ capaz, cumplir con lo establecido por la guía informativa FWHA 2010.

En el Ecuador también existen rotondas que infringen las normas de diseño y atentan con la seguridad de la población, tal es el caso de la rotonda implantada en la vía Azogues – Cuenca que en la actualidad presentan problemas de geometría. Para el rediseño de la rotonda la autora del trabajo determinó la demanda vehicular y la información de campo.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la investigación de campo pues para el levantamiento fotogramétrico con dron fue necesario inspeccionar el lugar de trabajo con el objetivo de programar un plan de vuelo. Además se realizó 3 aforos vehiculares en las horas picos para obtener el  $TPD_d$ , mismo que nos determinará la clasificación funcional de la vía. Es así que el corredor vial del proyecto se define como una carretera multicarril de tipo AV1.

Y de investigación bibliográfica, debido a que fue necesario tener presente las normas de diseño NEVI-2012 y la guía informativa FWHA 2010. Con el objetivo de demostrar las falencias constructivas e inoperables en su diseño.

Con la revisión de las normas NEVI-2012 y FWHA 2010 se determinaron los parámetros mínimos que debe tener el diseño de la rotonda, y con el Software Civil 3D se realizó el diseño final. Es así que se pudo determinar que el diseño original de la rotonda no cumple con ninguno de los parámetros mínimos que establecen las normas, comprobando así el porqué de los accidentes automovilísticos suscitados durante los últimos años.

### **1.1. Importancia de los sistemas rotatorios.**

Como en todo proyecto vial, los diseños de los sistemas rotatorios son de vital importancia para evitar los embotellamientos en horas picos, por esta razón (Orozco,2021) menciona que *“ La congestión vehicular es un problema que ha sido ampliamente estudiado, por razones asociadas a la calidad de vida de las personas que habitan en zonas aledañas”*. [1] Además según (Bull,2003): *“Los embotellamientos son producto de la limitada circulación vehicular, es decir a mayor número de automóviles menor será la velocidad de circulación “*. [2] Y (Verdezoto, Cabrera y Roa,2020) mencionan: *“Los accidentes de tránsito, el alto consumo de gasolina, el aumento de las horas de viajes y la contaminación ambiental son secuelas de los embotellamientos”* [3].

La rotonda ubicada en la intersección vial, av. Gral. Gallardo y Perimetral Sur, es un claro ejemplo de cómo el aumento de la demanda vehicular y el mal diseño de la rotonda ha provocado que gran parte de la estructura este deteriorada y por consiguiente sea participe de varios accidentes de tránsito. (La Organización Panamericana de la Salud, 2013) menciona que *“Cerca de 1.2 millones de muertes anualmente son producto de los accidentes de tránsito “*. [4] *“Las personas de entre 5 a 29 años son los más propensos a sufrir un accidente automovilístico”*. [5]

De acuerdo a lo anterior, (Green,2019) establece que *“El levantamiento topográfico con dron tiene proyección por que llega hasta zonas de alto riesgo y difícil acceso superando cualquier obstáculo, ofreciendo imágenes aéreas o recogiendo gran variedad de datos sin poner en peligro la vida de tripulación alguna”*. [6] Es por ello que (Del Rio y Casella, 2020) dicen: *“Los drones son equipos no tripulados que pueden alcanzar alturas de 300 m y velocidades de 80 km/h, generando resultados con alto nivel de significancia”* [7]. De igual manera (Blasco y López,2020) mencionan: *“A pesar de tener unos años en el mercado, los drones aún no han demostrado el límite de aplicaciones que se les pueden dar”*. [8]

(Whelan et al., 2020) recomienda *“Para la captura, procesamiento y generación de los datos geoespaciales en alta calidad es necesario planificar estratégicamente las actividades a desarrollarse ”*. [9]

## **1.1.Planteamiento del problema**

A fin de analizar los parámetros de diseño la rotonda ubicada en la intersección vial, av. Gral. Gallardo y Perimetral Sur, de la ciudad de Pasaje, se determinará que parámetros no cumplen con los criterios mínimos establecidos por la norma NEVI-2012 y la guía informativa FWHA 2010.

## **1.2. Justificación del problema**

En la actualidad el índice de siniestros viales no solo ha incrementado debido al factor humano. El mal diseño de las vías también lleva parte de responsabilidad pues incitan al conductor a maniobrar con peligro, cabe recalcar que la rotonda en estudio no es la excepción. Es por ello que se realizará el análisis de los parámetros de diseño de la rotonda, a fin de determinar si cumplen con lo establecido por la norma NEVI-2012 y la guía informativa FWHA 2010.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Realizar el análisis y diseño de la rotonda ubicada en la intersección vial, av. Gral. Gallardo y Perimetral Sur, utilizando el software de modelado Civil 3D, para la verificación técnica del modelo implantado en situ.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Revisar fuentes bibliográficas referentes a las normas de diseño de intersecciones tipo rotonda.
- Realizar el levantamiento con dron para obtener la información fotogramétrica del proyecto.
- Verificar si el diseño del sistema rotatorio implantado en situ, cumple con las especificaciones técnicas de la norma NEVI-12 y la guía informativa FHWA.

## **2. DESARROLLO**

### **2.1. Fundamentación teórica para el diseño de intersecciones viales.**

#### **2.1.1. Levantamiento topográfico con dron.**

De acuerdo a (Buckner, 1983) la topografía: “Es la ciencia y el arte de realizar las mediciones necesarias para determinar la posición relativa de puntos sobre, en, o debajo de la superficie terrestre, así como para situar puntos en una posición concreta”. [10]

Con el avance tecnológico, la topografía tradicional ha evolucionado a tal punto que, con la utilización de drones, la información levantada es más completa y precisa, ya que se puede llegar a zonas inaccessibles a un bajo costo y sin poner en riesgo la seguridad del topógrafo.

#### **2.1.2. Tránsito**

En el campo de la ingeniería, el diseño de una carretera parte de los datos obtenidos en los aforos vehiculares, ya que determinan las características del diseño y el máximo volumen vehicular que en esta podrá circular.

La información sobre tráfico debe comprender la determinación del tráfico actual (volúmenes y tipos de vehículos), en base a estudios de tráfico futuro utilizando pronósticos. [11]

#### **2.1.3. Congestionamiento vehicular**

Uno de los problemas suscitados durante el diseño de una rotonda, son los embotellamientos causados por la falta de planificación, originados por un exceso de vehículos en circulación, ocasionando que los conductores no lleguen a su destino. [2]

#### **2.1.3. Vehicle Tracking**

En el proceso de diseño de una rotonda, el software Vehicle Tracking nos permite simular en 3D los movimientos del vehículo de diseño, que una representación en 2D es difícil de apreciar, creando una animación de un trayecto propuesto. [12]

#### **2.1.4. Rotonda**

Las rotondas son intersecciones circulares en la que el tránsito gira hacia la derecha en torno de una isleta central en la que el tránsito entrante debe ceder el paso al tránsito en la calzada circulatoria por la cual está permitido la circulación de vehículos livianos y pesados. [13]

La construcción de este sistema de rotonda genera una solución a la congestión vehicular, definiendo como congestión a la presencia de muchos vehículos circulando de forma lenta e irregularmente lo que ocasiona el entorpecimiento de los demás.[14]

### **Ventajas y desventajas de una rotonda**

Las ventajas de los sistemas rotatorios son evaluadas según dos aspectos: seguridad y movilidad, pues estos parámetros hacen que los vehículos reduzcan la velocidad, disminuyendo los accidentes de tránsito y los embotellamientos, generando mayor movilidad que las intersecciones señaladas o incluso supera a las semaforizadas.[13]

En los sistemas rotatorios también existen desventajas tanto en el aspecto de seguridad como en el de movilidad, pues existen conductores que no conocen sobre los giros en la glorieta, provocando accidentes y embotellamientos, cuando la capacidad vehicular real supera a la proyectada. A continuación, en la tabla 2.1 se describen las ventajas y desventajas respecto a: eficiencia, seguridad y tráfico.

Tabla 2. 1 Ventajas y desventajas.[15]

<b>VENTAJAS</b>	Seguridad	Reducen la gravedad de accidentes de tráfico de todos los usuarios, permitiendo un cambio de dirección de manera más segura.
	Eficacia	Se podrá tomar un cambio de dirección (giros o retornos) de manera más rápida, reduciendo el tiempo de espera a la mitad.
	Tráfico	Reduce las demandas vehiculares, lo cual genera una mejor fluidez vehicular.
<b>DESVENTAJAS</b>	Seguridad	Los conductores carecen de información, respecto a la funcionalidad de una rotonda.
	Eficacia	En caso de estar 100% llenas de vehículo, pierde su eficacia.
	Tráfico	Tienen su destino definido.

### **Características de las rotondas**

Como una alternativa al problema de las congestiones vehiculares, se diseñan los sistemas rotatorios en las intersecciones, guiadas por el criterio de ceder el paso a los vehículos que están circulando por el anillo.[13] En la figura 2.1. Se describen las características de una rotonda:



Fig 2. 1 Características de una rotonda.

- **Isleta central:** Se ubica en el centro de la rotonda, aunque comúnmente son de forma circular, no es estrictamente necesario pues por su alrededor circula el tránsito.[13]
- **Isla partidora:** Se caracteriza por ser una estructura de forma triangular, ubicada en el centro de la vía, cumpliendo con dos objetivos: separar el tránsito que entra y sale, y la de proteger a los peatones cuando estos intenten cruzar.[13]
- **Calzada circulatoria:** Está diseñado para que los vehículos transiten en dirección opuesta a las manecillas de un reloj o hacia solo a la izquierda, rotando en torno a la isleta central.[13]
- **Delantal:** Esta se sitúa en medio de la vía y la isla central, siendo de gran utilidad para vehículos más largos.
- **Línea de entrada:** Son las líneas pintadas ubicadas en la entrada de la calzada circulatoria.
- **Cruces accesibles a los peatones:** Su función es ofrecer mayor seguridad a los peatones, para que así logren atravesar de un lado al otro de la vía, comúnmente lo dominamos como paso cebra.
- **Franja ajardinada:** Se caracteriza por proporcionar ayuda a las personas con problemas visuales, pues su ubicación está por encima de los bordillos, además de que ayuda a mejorar la estética de la intersección.

### 2.1.5. Intersecciones

Desde hace años, para controlar los embotellamientos en las ciudades con un gran índice de servicialidad, se implementan intersecciones viales capaces de controlar el flujo vehicular.

Es por ello que, con las características del terreno definidos, mediante el levantamiento topográfico y el uso de la norma NEVI. Se pueden realizar intersecciones bajo ciertos criterios.

- **Priorización de los movimientos:** Dar preferencia a los vehículos que tienen un sentido de circulación más importante.[15]
- **Consistencia con los volúmenes de tránsito:** El volumen vehicular es el punto de partida para el diseño geométrico de una intersección.[15]
- **Sencillez y claridad:** Es recomendable que, para el diseño de una intersección, el trayecto no debe ser muy complejo ni largo.[15]
- **Visibilidad:** En razón de preferencia. los vehículos que ingresan a la rotonda deben poseer la mejor visibilidad, pues evitan que colisionen con otros vehículos.[15]
- **Perpendicularidad de las trayectorias:** Las intersecciones que generan mínimas áreas de conflicto, se caracterizan por tener un ángulo recto.[15]

#### 2.1.6. Tipos de Intersecciones circulares

- **Rotondas:**

Se caracterizan por ser intersecciones de grandes diámetros, que permiten controlar el flujo vehicular y los embotellamientos, cuando el volumen vehicular supera el proyectado.[13]

- **Rotatorias:**

A diferencia de las rotondas normales, estas intersecciones poseen diámetros de más de 100 m. Su diseño permite la circulación de los vehículos que ingresan a la calzada, causando congestionamientos vehiculares, debido a las altas velocidades de circulación y a la poca facilidad de maniobrar en el círculo.[13]

- **Círculos semaforizados:**

Este tipo de intersecciones se caracterizan por poseer semáforos que controlan sus entradas, además aún se rigen por la señal ceda el paso.[13]

- **Círculo de tránsito barriales:**

Este tipo de intersecciones rigen en lugares donde el tráfico es poco recurrente, pues su implementación se considera como algo estético, dado que el tráfico predominante es de vehículos livianos.[13]

## 2.2. Metodología de diseño

Como en todo estudio de diseño vial, los criterios de construcción deben seguir las recomendaciones establecidas por las normativas que rigen un país, tratando de cumplir con lo mínimo necesario para satisfacer una necesidad.

### 2.2.1. Parámetros de diseño

El presente trabajo seguirá las recomendaciones de diseño geométrico de la normativa NEVI-12, debido a que “establece políticas, criterios, procedimientos y metodologías que se debe cumplir en los proyectos viales para factibilidad los estudios de planificación, diseño y evaluación de los proyectos viales, así como para asegurar la calidad y durabilidad de las vías, mitigar el impacto ambiental y optimizar el mantenimiento del tráfico en las fases contratación, construcción y puesta en servicio”. [11]

### 2.2.2. Clasificación de las vías

A fin de mantener la eficiencia y la seguridad vial la Norma NEVI-12 establece que “las vías debieran ser diseñadas con las características funcionales y geométricas correspondientes a su clase pudiendo, obviamente, construirse por etapas, en función del incremento del tráfico y del presupuesto”. [11] A continuación en la Tabla 2.2 se presenta la clasificación vial en base al  $TPDA_d$ .

Clasificación Funcional de las Vías en base al $TPDA_d$			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual ( $TPDA_d$ ) al año de horizonte	
		Limite Inferior	Limite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovia o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Tabla 2. 2 Clasificación funcional de las vías en base al  $TPDA_d$ . [11]

A razón de comprensión lectora, se describen las abreviaturas utilizadas.

“ $TPDA$ : Tráfico promedio diario Anual” [11]

“ $TPDA_d = TPDA$  correspondiente al año horizonte o de diseño.” [11]

“En esta clasificación considera un  $TPDA_d$  para el año horizonte se define como:



$TPDA_d = \text{Año de Inicio de Estudios} + \text{Años de Licitación, Construcción} + \text{Años de Operación.}$ [11]

“C1= Equivale a carretera de media capacidad.”[11]

“C2= equivale a carreteras convencional básica y camino básico.”[11]

“C3= Camino agrícola / forestal.”[11]

De la misma manera la NEVI-12 define los años de horizonte (diseño) de la siguiente manera.

“Proyecto de rehabilitación y mejoras.....20años”.[11]

“Proyecto especial de nuevas vías.....30años”.[11]

“Mega proyecto nacional.....50años”.[11]

### 2.2.3. Diseño geométrico de una rotonda

El diseño geométrico de la rotonda, tendrá como guía la normativa del libro verde de la ASSHTO “Una política de diseño geométrico sobre carreteras y calles”.

### 2.2.4. Características comunes de las rotondas

Para determinar el tipo de redondel que tendrá nuestro proyecto en primer lugar, se verifico el espacio disponible y la demanda vehicular. Por lo tanto, de acuerdo a la Fig. 2.2, se determinó que para nuestro diseño se considerara una rotonda multicarril.

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 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.			

Fig 2. 2 Características Comunes de Diseño de Rotondas.[13]

### 2.2.5. Rotonda multicarriles

Se caracterizan así por tener por lo menos una entrada con dos o más carriles.” (por ejemplo, entradas de dos carriles en la calle principal y entradas de un solo carril en la calle secundaria)”. [13] Tal como se observa en la Fig 2.3.

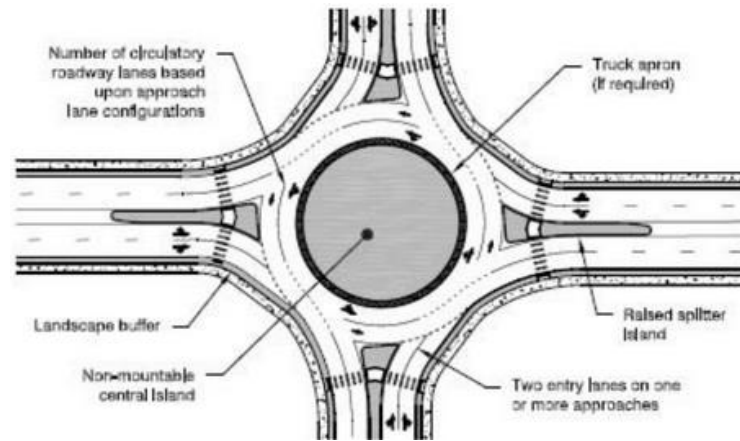


Fig 2. 3 Características de una Rotonda Típica de Dos Carriles. [14]

### 2.2.6. Velocidad de diseño

La velocidad para el diseño de la rotonda es de suma importancia, pues no permite controlar el congestionamiento vehicular y a reducir los accidentes de tránsito. Es decir: *“Una rotonda bien diseñada reduce la velocidad del vehículo a la entrada y logra la coherencia de las velocidades relativas entre los flujos de tránsito en conflicto, forzando a los vehículos a maniobrar a lo largo de una trayectoria curva”*. [13] La Tabla 2.2. nos indica que la máxima velocidad recomendable para el proyecto es de 40 a 50 km/h.

### 2.2.7. Carriles

Para el diseño de la rotonda se debe considerar la continuidad en los carriles de ingreso, circulación y salida, debido a que esto permite que el conductor permanezca en su carril y no invada otros.

### 2.2.8. Diámetro de círculo inscrito

La Guía Informativa FHWA establece que: *“La selección de un diámetro del círculo inscrito es generalmente el primer paso en el proceso de diseño. Después de la terminación de un concepto de diseño, una mirada crítica se debe dar a la evaluación de si el diámetro inicial supone es óptimo”*.

A fin de controlar la demanda vehicular que transita la rotonda, el diametro recomendable para una rotonda multicarril varia de 67 a 91 m. Cabe recalcar que según a guía informativa FHWA nos recomienda un diametro de circulo inscrito de 50 a 67 m. de acuerdo a la Tabla 2.3.

Tabla 2. 3 Rangos típicos de los diámetros de círculo inscrito [14]

Configuración de Rotonda	Vehículo de Diseño Tipo	Rango de Diámetro de Círculo Inscrito Común *
Minirrotonda	SU-9	14a27m
Rotonda de un solo Carril	B-12)	27 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.

### 2.2.9. Alineamiento de las aproximaciones

En cuanto al alineamiento La Guía Informativa FHWA establece que: *“Las decisiones de diseño son optimizar: (1) el tamaño, (2) la posición, y (3) el alineamiento de los ramales de aproximación.*

*El alineamiento optimo permite un diseño de entrada que proporcione una desviación adecuada y controle la velocidad, al tiempo que proporciona ángulos visuales adecuados para los conductores y equilibre los impactos de costos sobre la propiedad”.*[13] Dicho esto para garantizar la correcta circulación vehicular el diseño propuesto se debe acoplar a la circulación de camiones grandes.

### 2.2.10. Ángulos entre ramales de aproximación

Para el diseño de una rotonda es preferible que los accesos a la intersección tengan un ángulo recto, pues según La Guía Informativa FHWA establece que: *“Si dos ramales de aproximación se cruzan en un ángulo mucho mayor que 90°, a menudo resultará una velocidad excesiva para uno o más movimientos de giro a la derecha. Por otra parte, si dos ramales de aproximación se cruzan en un ángulo mucho menor de 90 °, entonces es mayor la dificultad de los camiones grandes para maniobrar con éxito el cambio de dirección”.*

### **2.2.11. Isleta Central**

Para el diseño de la isleta central es necesario tener el diametro del círculo inscrito. *“su propósito es refugiar a los peatones, ayudar a controlar la velocidad, guiar al tránsito en la rotonda, separar físicamente los flujos que entran y salen, impedir los movimientos equivocados”*. [13]

### **2.2.12. Ancho de la calzada**

Para el diseño de los carriles es recomendable un ancho de entrada de 7.3m a 9.1m. los anchos comunes individuales de la entrada suelen variar entre una distancia de 3.7 a 4.6m

### **2.2.13. Ancho de la calzada circulatoria.**

Los anchos de la calzada circulatoria varían dependiendo del número de carriles a establecer, para el diseño de tres o más carriles varían de 12.8 a 14.6m. [13]

### **2.2.14. Geometría de la entrada**

Para garantizar que en la entrada a la rotonda los vehiculos no se friccionen lateralmente ni generen accidentes, La Guía Informativa FHWA establece que: *“En general son preferibles valores para R1 entre 53 y 84 m. Esto resulta en una velocidad de diseño de 40 a 50 km/h. El traspaso de las trayectorias de los vehículos es un tipo de conflicto que se produce cuando las trayectorias naturales de carriles adyacentes se cruzan entre sí. Es recomendable que los radios de entrada para rotondas de varios carriles sean superiores a 20m, para evitar congestión lateral en la entrada. Los radios de entrada muy pequeños se consideran inferiores a 13.7m que pueden causar conflictos entre corrientes de tránsito adyacente”*. [13]

Cuando estos radios son demasiados pequeños, los vehiculos se traslapan ocasionando embotellamientos y accidentes de tránsito. Así como se visualiza en la Fig. 2.4. A diferencia en la Fig 2.5. se puede observar el correcto alineamiento vehicular en la calzada circulatoria.

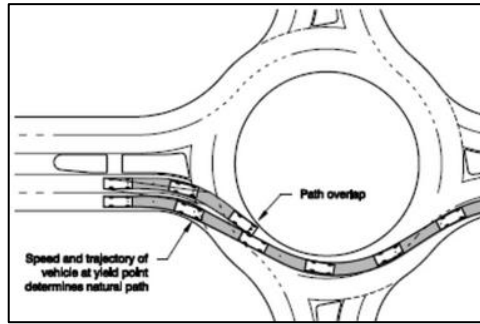


Fig 2. 4 Traslapo de trayectorias vehiculares de entrada[13]

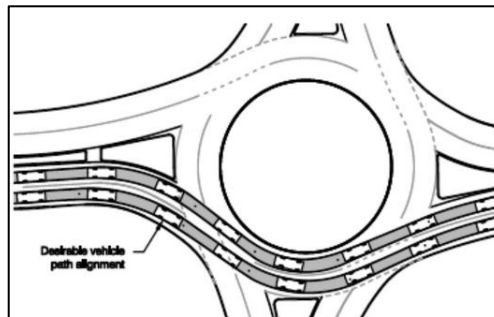


Fig 2. 5 Alineamiento deseable de trayectoria vehicular[13]

### 2.2.15. Isletas partidoras

Se caracterizan por brindar refugio a los peatones que cruzan la vía, además ayudan a controlar la velocidad de ingreso como de salida de los vehículos. La Guía Informativa FHWA establece que:” *Generalmente, la longitud total de la isleta elevada debe ser por lo menos de 15 m, aunque es conveniente de 30 m para proteger a los peatones y alertar a los conductores acerca de la geometría de la rotonda.*

*El ancho de la isleta partidora debe tener un mínimo de 1,8 m en el cruce peatonal para proveer adecuado refugio a los peatones, incluidos los usuarios en sillas de ruedas, a quienes empujan un cochecito, o caminan al lado de su bicicleta.”*[13]. En la Fig. 2.6. se visualiza las dimensiones mínimas de la isla repartidoras. Hay que tener en cuenta que mientras más ancha sea una isla partidora mayor será la distancia del círculo inscrito.

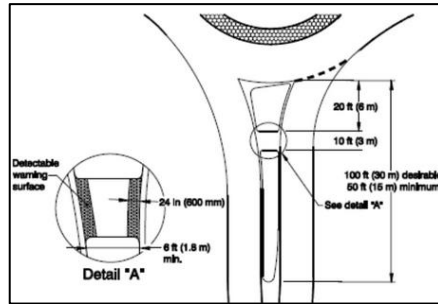


Fig 2. 6 Dimensiones mínimas de la isleta partidora.[13]

La Norma AASHTO recomienda: “un ingreso en forma de embudo con el objetivo de disminuir velocidad de ingreso a la rotonda, con la aplicación de radios de narices de isletas partidos. A continuación, en la Fig.2.7 se puede observar dimensiones mínimas de diseño.

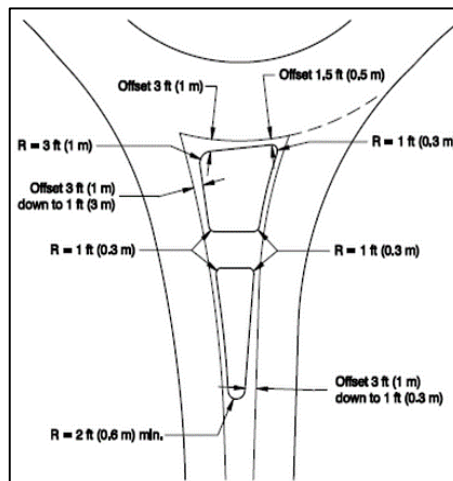


Fig 2. 7 Radios y retranqueos mínimos de nariz de una isleta partidora.[13]

### 2.2.16. Curvas de salida

Es recomendable que las dimensiones de las curvas de salida sean similares a las de entrada, aunque dependiendo del diseñador esta puede aumentar, a razón de evitar los congestionamientos dentro de la calzada circulatoria.

### 2.2.17. Vehículo de diseño

La Guía Informativa FHWA establece que: “La elección de los vehículos de diseño variará dependiendo de los tipos de calzada de aproximación y de las características del uso de la tierra circundante”. [13] Dada las características de nuestro proyecto se utilizara un vehículo tipo 2S2 (Tracto camión de 2 ejes y semi remolque de 2 ejes) que según la clasificación AASHTO es conocido como WB-18, mismo que en la Fig. 2.8 se visualiza con sus respectivas características.

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)			
				Largo	Ancho	Alto	
2S2			TRACTO CAMIÓN DE 1 EJES Y SEMI TRACTOR QUE DE 3 EJES	38	20,50	2,60	4,30

Fig 2. 8 Vehículo de diseño[11]

Se debe considerar que en la realidad a diferencia del planteamiento teórico un vehículo 2S2 no circulara solo, es decir habrá otros tipos de vehiculos que transitaran a su alrededor. Por lo que se recomienda reducir la calzada circulatoria interior y aumentar la exterior.

### 2.2.18. Trayectoria natural

La norma NEVI establece que: “El radio de giro para el vehículo de diseño, se debe considerar el mismo desde el inicio a fin, para que el conductor pueda circunvalar en caso de ser necesario”[11]. En la Fig 2.9 se visualiza el camino de giro del vehículo de diseño.

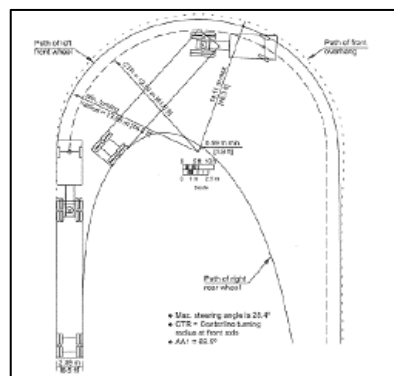


Fig 2. 9 Radios de giros de camiones 2S2

Siguiendo las indicaciones del “Reglamento aplicativo de la ley de caminos de la República del Ecuador”, basado en el libro de la ASSHTO: **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**, determinamos el radio de giro exterior y el minimo radio de giro interior.

- Radio de giro exterior: 12m
- Radio minimo de giro inferior: 5.30m

### 2.2.19. Distancia visual de detención.

Los rangos de visualización que debe tener presente el conductor cuando ingresa a una rotonda esta dictaminada por la Tabla 2.4, permitiéndole observar y reaccionar ante un objeto.

Tabla 2. 4 Distancia visual de detención.[13]

Velocidad (km/h)	Computarizada Distancia ^ (m)
10	8.1
20	18.5
30	31.2
40	46.2
50	63.4
60	83.0
70	104.9
80	129.0
90	155.5
100	184.2

Según (Pineda,2022) *“Para ejecutar alguna maniobra el conductor deberá tener presente la distancia de visibilidad de adelantamiento, pues esta depende directamente de la velocidad a la cual circulan los vehículos implicados”*. [16]

La norma AASHTO indica la distancia de la señalización de detención para prevenir un accidente de tránsito, debe de estar a una altura supuesta de los ojos del conductor que es de 1.08 m. y una altura supuesta de objeto de 0.60 m, teniendo presente estos puntos visuales en tres lugares críticos como mínimo:

#### 2.2.20. Distancia visual en la aproximación.

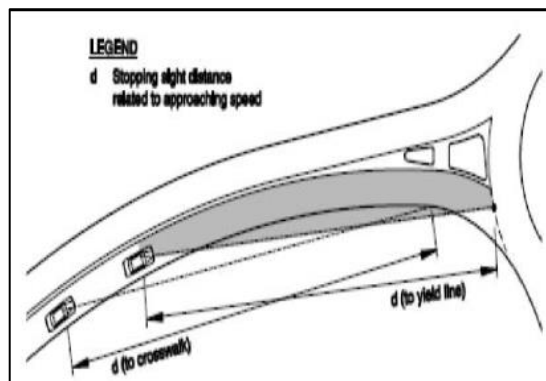


Fig 2. 10 Distancia visual de detención en la aproximación.[13]

#### 2.2.21. Distancia visual de calzada circulatoria.

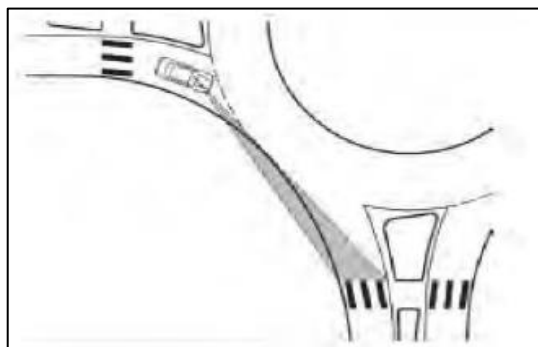


Fig 2. 11 Distancia visual de detención en la calzada circulatoria.[13]



### 2.2.22. Distancia visual de intersección.

A fin de evitar accidentes de tránsito, la distancia de visualización entre conductores de diferente carril debe ser la más factible.

La Guía Informativa FHWA establece que: “Para medir esta distancia visual de intersección el libro verde de la AASHTO nos indica que debe de ser a 1.08 metros (altura de los ojos) y una altura de objeto de 1.08 metros”. [13] En la Tabla 2.5 se indican las distancias que deben tener esos dos conductores. Cabe recalcar que según La Guía Informativa FHWA el “distanciamiento crítico de entrada al camino principal”, este tiempo es relativamente corto ya que va desde 4.5 segundos a 6.5 segundos. [13]

Tabla 2. 5 Triángulo visual de intersección. [13]

Velocidad de Aproximación Conflictiva (km/h)	Distancia Calculada (m)
20	28
25	35
30	42
35	49
40	56

### 2.2.23. Reductores de velocidad

Se recomienda empezar a colocar los BTA a una distancia mínima a 50m del objeto y finalizar antes de una curva. Para evitar accidentes su geometría debe estar compuesta por 50 cm de ancho y 1 cm de alto. La sección transversal debe abarcar toda la calzada, pero se exceptúan en lugares no se permite rebasar. En la 2.12 se visualiza la separación longitudinal para una velocidad de 50 km/h al ingreso de la rotonda.

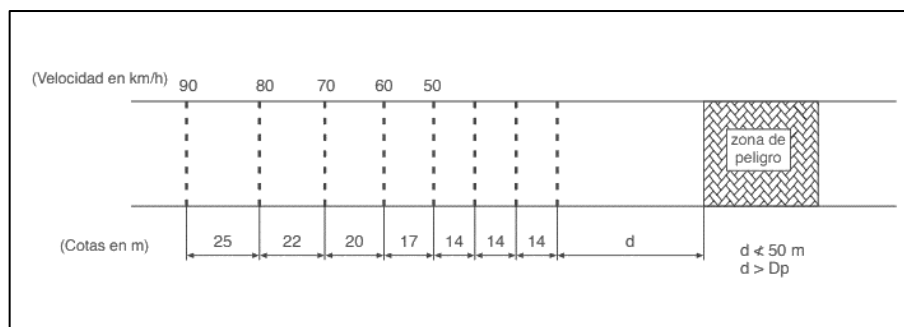


Fig 2. 12 Bandas sonoras de alerta

## 2.3. Descripción operativa del proyecto

### 2.3.1. Ubicación del proyecto.

Nuestro proyecto se ubica en la ciudad de Pasaje, en la intersección de la carretera Pasaje – Cuenca, av. Gral. Gallardo y Perimetral Sur. Tal como se indica en la Fig. 2.13.



Fig 2. 13 Ubicación geográfica del proyecto [Elaboración propia]

### 2.3.2. Coordenadas Topográficas.

En la Tabla 2.6 se describen las coordenadas UTM WGS 84, zona 17 sur del lugar de estudio.

Tabla 2. 6 Coordenadas de referencia del proyecto [ Elaboración propia]

LOCALIZACIÓN	COORDENADAS	
<b>Pasaje - Cuenca</b>	9632871.14 m S	628976.05 m E
<b>Av. Gral. Gallardo</b>	9632859.37 m S	629026.60 m E
<b>Perimetral Sur</b>	9632839.64 m S	628994.66 m E

### 2.3.3. Levantamiento Topográfico

Para el diseño de la rotonda, como dato primordial es necesario conocer de la topografía de la intersección. Por ello, con la utilización de un dron se realizó la fotogrametría del lugar, pues por seguridad y optimización de tiempo esta nueva metodología fue la mejor opción. A continuación, en la Fig. 2.14 se evidencia el trabajo en campo.



Fig 2. 14 Levantamiento Topográfico con Dron [Elaboración propia]

### 2.3.4. Demanda vehicular.

Para el análisis de la demanda de tráfico, se realizó tres aforos vehiculares entre los días: lunes, miércoles y viernes, en periodos de Horas Picos, como se muestran en las Fig. 2.15 a Fig 2.17:

- 7:00 am a 9:00 am
- 11:00 am a 13:00 pm
- 16: 00 am a 18:00 pm



Fig 2. 15 Aforo Av. Gral. Gallardo [Elaboración propia]



Fig 2. 16 Aforo Av. Ruta E59 [Elaboración propia]



Fig 2. 17 Aforo Perimetral Sur [Elaboración propia]







Durante el conteo vehicular, nos ubicamos en puntos estratégicos con la finalidad de tener la mayor visibilidad posible del área de trabajo. Con ayuda de un formato anotamos la cantidad de vehiculos que circularon en el lapsus de tiempo. En la Tabla 2.7 se detallan los carriles evaluados.

Tabla 2. 7 Rutas vehiculares [ Elaboración propia]

#	RUTAS VEHICULARES
1	MACHALA – PASAJE
2	MACHALA – PERIMETRAL SUR
3	PASAJE - MACHALA
4	PASEJE – PERIMETRAL SUR
5	PERIMETRAL SUR - MACHALA
6	PERIMETRAL SUR - PASAJE

En la Tabla 2.8 se detalla el resumen del conteo vehicular.

Tabla 2. 8 Aforo vehicular [Elaboración propia]

Fecha	Descripción	Livianos	Pesados (2 Ejes)				Vehículo Pesados (+3 Ejes)			
		Autos	Buses		Camión de dos ejes		Camión Pesados			
			Livianos	Pesado	Liviano	Pesado	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes
										
16/01/23	Ruta E59	5356	147	168	343	170	146	0	37	8
	Perimetral Sur	424	17	1	63	52	107	0	28	5
	Av. Gral. Gallardo	4668	113	260	265	140	39	0	8	3
18/01/23	Ruta E59	5063	115	186	314	187	148	0	45	9
	Perimetral Sur	502	17	7	73	72	100	0	24	16
	Av. Gral. Gallardo	4844	134	255	262	121	32	0	15	4
20/01/23	Ruta E59	5041	109	174	346	190	167	0	40	11
	Perimetral Sur	501	19	9	78	78	105	0	15	17
	Av. Gral. Gallardo	4782	132	245	238	119	36	0	10	3

En la Tabla 2.9 se detallan los TPDA existentes de cada intersección.

Tabla 2. 9 Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) [Elaboración propia]

N°	TPDA EXISTENTE	
1	Ruta E59	3374
2	Perimetral Sur	426
3	Av. Gral. Gallardo	3047

De acuerdo a la clasificación vial del MTOP en función a la estimación del tráfico futuro (20 años) la vía se clasifica en:

- Carretera multicarril tipo AV1.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Análisis de los parámetros de diseño del sistema rotatorio construido en la intersección vial, av. Gral. Gallardo y Perimetral Sur, según la normativa FHWA 2010.**

Como ya es de conocimiento que los sistemas rotatorios tienen el objetivo de controlar el tránsito vehicular, ofreciendo seguridad y comodidad tanto a los conductores como a los peatones.

Dado que la guía informativa FHWA -2010 nos establece los criterios básicos para el diseño de este tipo de intersecciones tipo rotonda, el siguiente análisis presentará una comparación entre los parámetros normados y los implantados en la rotonda de estudio.

#### **Rotonda**

En base al tráfico promedio diario anual y a la estimación del tráfico futuro en 20 años se recomienda optar por una rotonda multicarril de cuatro carriles.

#### **Alineamientos**

Los alineamientos están centrados a la isleta central, pero claramente se puede observar que no presentan radios de giros que induzcan al conductor reducir la velocidad, permitiéndoles ingresar a la rotonda a una velocidad adecuada.

De la misma manera se puede observar que el trayecto hacia la Perimetral sur los alineamientos no existen, tal como se muestra en la Fig. 3.1. Por lo tanto, en reiteradas ocasiones se han producido muchos accidentes de tránsito debido a que los vehículos que circulan en sentido de Machala a Pasaje o viceversa pasan a grandes velocidades.

#### **Ángulos entre ramales de aproximación**

Actualmente los accesos a la intersección poseen ángulos mayores a 90° tal como se muestra en la Fig. 3.1, lo que provoca que los conductores giren hacia la derecha a grandes velocidades. Es así como en reiteradas ocasiones se han generado varios accidentes de tránsito.



Fig 3. 1 Trazo de alineamientos – Ruta E59 a Av. Gral Gallardo y viceversa.

### **Diametro del círculo inscrito**

La guía informativa FHWA 2010, establece que la dimensión mínima que debe poseer el círculo inscrito de una rotonda multicarril es de 50 metros.[15] Sin embargo, en la Fig. 3.2 se puede observar que la rotonda en estudio no presenta la geometría adecuada, pues su círculo inscrito apenas es de 44 m de diametro.



Fig 3. 2 Círculo Inscrito de la Rotonda.

### **Isleta central y ancho de calzada circulatoria**

En cuanto a la isleta central la guía informativa FHWA 2010 menciona que el diametro minimo debe ser de 25 m, sin embargo, en la Fig. 3.3 se puede observar que la rotonda de estudio solo presenta una isleta central de apenas 18 m de diametro.



Fig 3. 3 Isleta central y ancho de calzada

En el caso del ancho de calzada se establece un mínimo de 12.8 a 14.6m, en el caso de este parámetro la rotonda si cumple con lo establecido.

### Radio de entrada y radio de salida

Para garantizar que en la entrada a la rotonda los vehículos no se friccionen lateralmente ni generen accidentes, la Guía Informativa FHWA establece radios mínimos de entrada y salida de 53 y 84 metros, correspondientes a la velocidad de diseño 50 km/h. De acuerdo a lo antes mencionado en la Fig. 3.4 se puede observar que la rotonda de estudio no cumple con los radios de giro mínimo, resaltando el porqué de los accidentes de tránsito en ese tramo de vía.



Fig 3. 4 Radio de entrada y salida

### Visibilidad

De acuerdo a la norma AASHTO, la distancia recomendable para detectar y prevenir accidentes de tránsito es a 1.08 m. de la visión del conductor, a 0.60 m. del objeto y la distancia visual de detención para una velocidad de 50 km/h es de



63.4m. En cuanto a visibilidad la rotonda en estudio presenta varios inconvenientes, pues como se indica en la Fig. 3.5 el panorama visual está copado de anuncios publicitarios que en vez de informar obstaculizan la visibilidad del conductor.



Fig 3. 5 Visibilidad

### Islas divisoras

La rotonda presenta dos tipos de islas divisoras: las direccionales y la central como se muestra en la Fig. 3.6. la Guía Informativa FHWA establece que las islas direccionales deben tener un área mínima de entre 4.5 m<sup>2</sup> y 7 m<sup>2</sup>. Cabe recalcar que estas dimensiones dependen del diseño general.

En cuanto al diseño de las islas divisoras de la rotonda podemos decir que las islas divisoras casi con rectas no presentan ángulos de giro e incluso en el tramo de Perimetral Sur, no existe una isla divisora.



Fig 3. 6 Islas divisoras

### Ubicación de cruce peatonal

La rotonda no contempla la existencia de cruces peatonales, esto es válido en la medida de que la zona al ser agrícola, el tránsito peatonal es casi nulo.

### **Ruta del vehículo**

En cuanto a la ruta de circulación se recomienda que los conductores sean constantes en su trayecto, evitando cambiar las direcciones o la velocidad de manera instantánea. En vista de aquello cabe resaltar que el ingreso a la rotonda es muy directo y por consiguiente muy peligroso a la hora de cruzar por el tramo Perimetral Sur debido a que en ese punto es donde se provocan los accidentes de tránsito.

### **Seguridad vial**

En cuanto a medidas de seguridad la rotonda también deja mucho que desear debido a que no existe la señalética horizontal ni vertical necesaria para advertir a los conductores su ingreso a la rotonda, sin mencionar que en esta zona hay gran ingreso de vehículos pesados.

### 3.2. Resumen de los parámetros de diseño.

Tabla 3. 1 Resume de los Parámetros diseño

ítem	Elementos de la rotonda	Especificación de la guía informativa FWHA-2010	Cumple	
			Si	No
1	Velocidad de diseño	Para una rotonda multicarril, 50 km/h		x
2	Alineamientos	Centrada a la isleta	✓	
3	Ángulos entre ramales de aproximación	Accesos con ángulo de 90°		x
4	Diametro del círculo inscrito	El minimo recomendable es 50m.		x
5	Isleta central	El minimo recomendable 25m.		x
6	Ancho de la calzada circulatoria	El minimo recomendable varia de 12.8m a 14.6m	✓	
7	Ancho de la calzada	El minimo recomendable varia de 7.3m a 9.1m	✓	
8	Radio de entrada	El minimo recomendable 30m		x
9	Radio de salida	El minimo recomendable 40m		x
10	Isletas divisoras	El área recomendable varia de 4.5m <sup>2</sup> a 7m <sup>2</sup>	✓	
11	Distancia de visualización	63.4m, para una velocidad de 50km/h.		x

Una vez realizado el análisis de los elementos de la rotonda en base a lo estipulado por la guía informativa FWHA-2010, podemos decir que el diseño de la rotonda ubicada en la intersección vial, av. Gral. Gallardo y Perimetral sur no fue correctamente diseñada. Demostrando así el porqué de los accidentes de tránsito.

### 3.3. Rediseño de la Rotonda, aplicando los criterios de diseño del manual FHWA 2010 y el uso software de diseño Civil 3D.

De acuerdo a los criterios de diseño de la guía informativa FHWA 2010, a la implementación de la nueva metodología para obtener la información topográfica del lugar de estudio y con el uso del programa Civil 3D se realizó el rediseño de la rotonda localizada en la intersección vial, av. Gral Gallardo y Perimetral Sur. A continuación, se detalla las actividades realizadas.

1. Reconocimiento del lugar de trabajo.
2. Levantamiento topográfico con dron.
3. Bajamos la información fotogramétrica del dron.
4. Ingresamos al software de diseño Civil 3D y configuramos el espacio de trabajo, verificando que la georreferenciación sea UTM – WGS 84, 17 Sur.

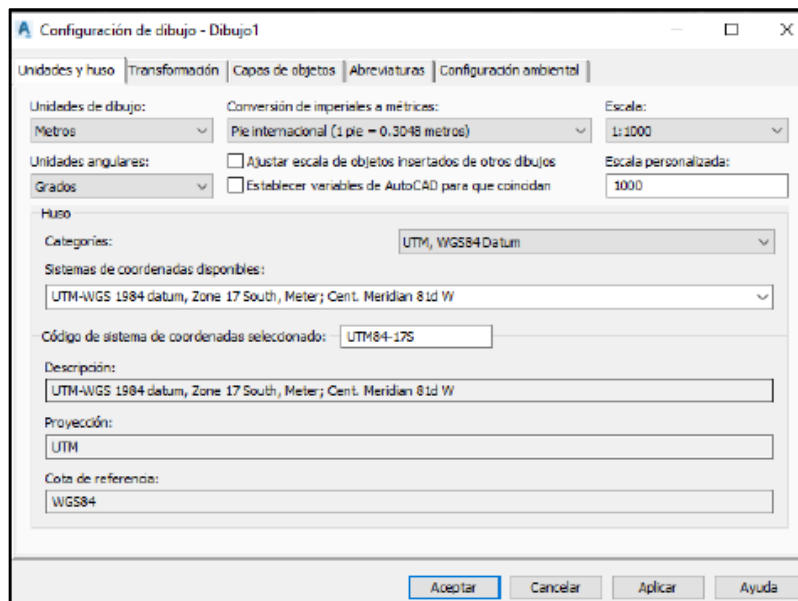


Fig 3. 7 Configuración de dibujo.

5. Importamos los puntos topograficos del lugar de estudio.

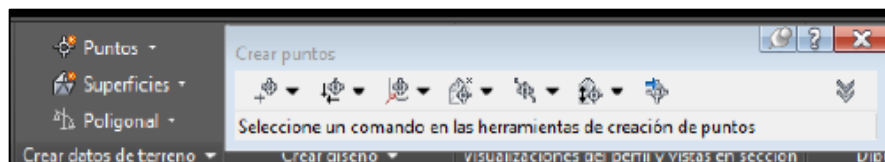


Fig 3. 8 Crear puntos.

6. Asignamos un nombre al grupo de puntos: **Rotonda Pasaje.**

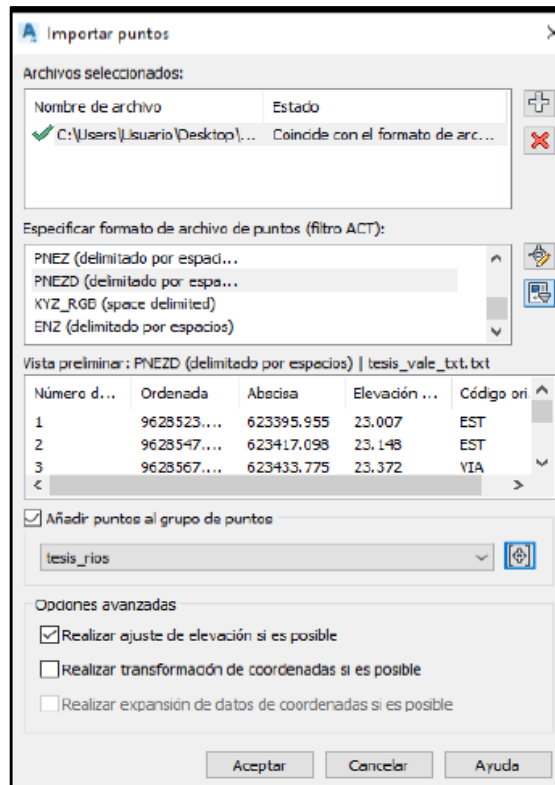


Fig 3. 9 Importar puntos.

- Para visualizar los puntos importados, ingresamos el siguiente comando Z (Zoom) Enter, posterior a este digitamos E(Extensión) Enter.
- Creamos la superficie del proyecto, dando click en el icono superficie, después en creación de superficie.

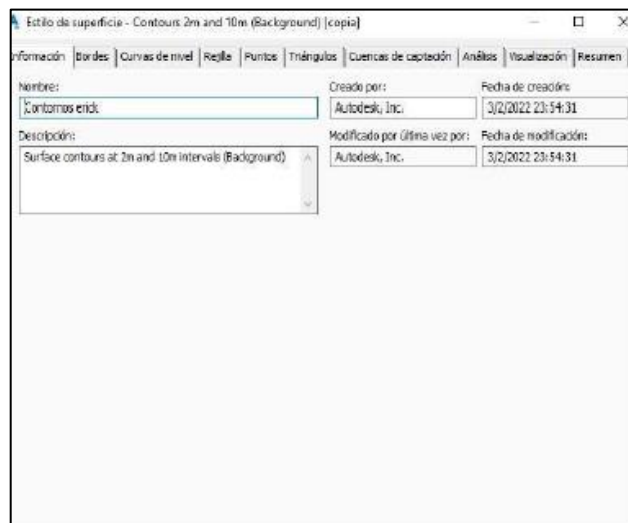


Fig 3. 10 Superficie del proyecto.

9. En configuración de estilo verificamos que las curvas de nivel principales estén a intervalos de 1m y de 0.2m las secundarias.

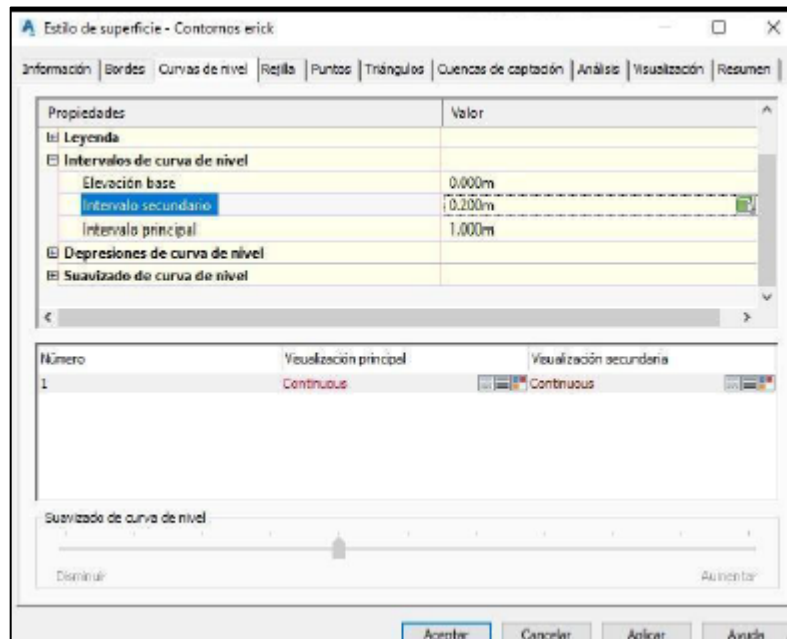


Fig 3. 11 Estilo de superficie

10. Suavizamos las curvas de nivel.

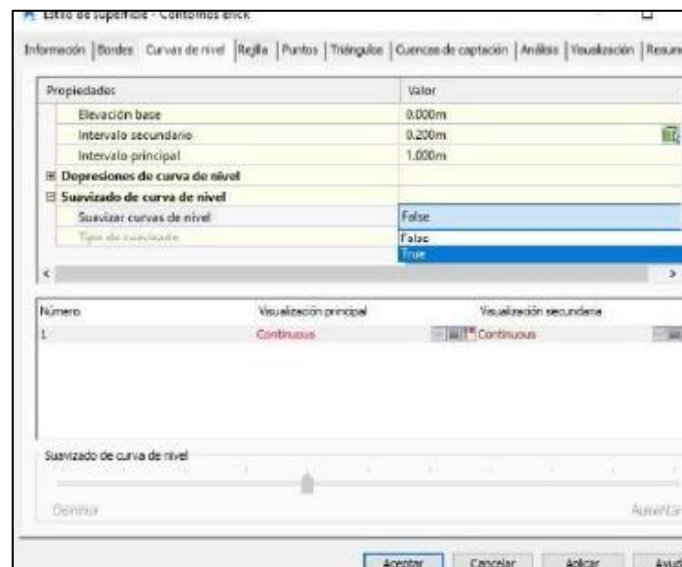


Fig 3. 12 Suavizado de curva de nivel.

11. Para visualizar las curvas de nivel, en configuración encendemos la opción triángulo, curvas principales y secundarias.

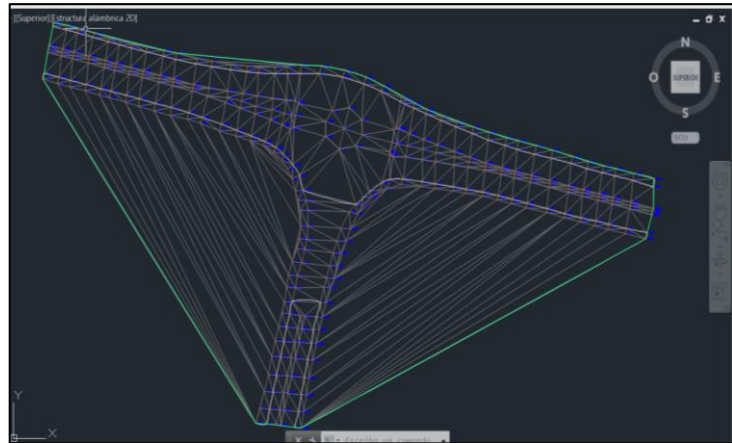


Fig 3. 13 Superficie

12. Editamos la superficie (creada), con el objetivo de eliminar el exceso de curvas de nivel que no pertenecen al proyecto.



Fig 3. 14 Editar superficie

13. Creación los alineamientos de la calle principal y secundaria.



Fig 3. 15 Creación de alineamientos

En configuración seleccionamos los criterios de diseño en base a la norma AASHTO.

14. Creamos los perfiles de los alineamientos de la calle principal y secundaria.

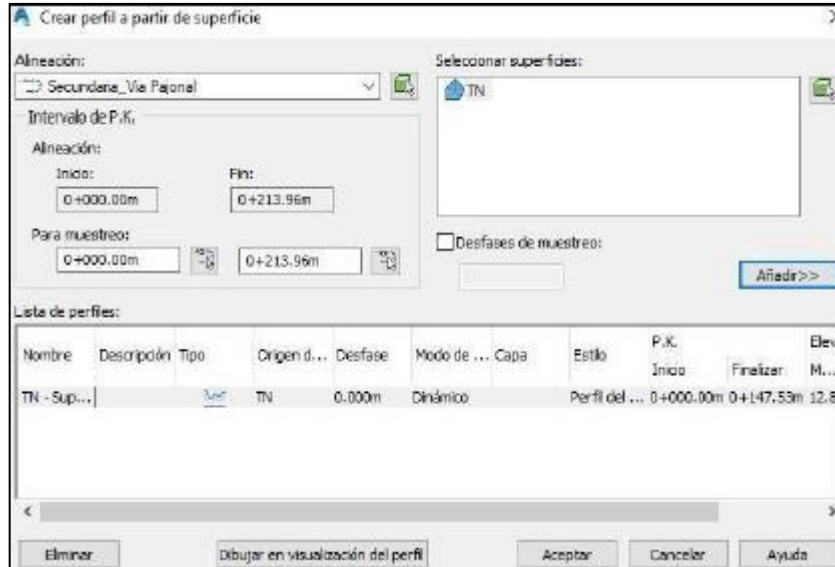


Fig 3. 16 Creación de perfil a partir de superficie.

15. De la misma forma creamos la rasante del terreno.

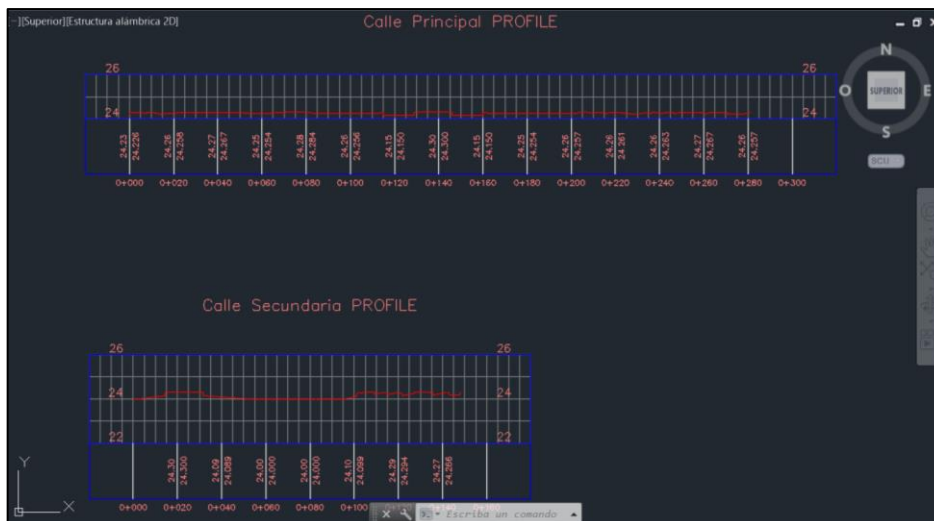


Fig 3. 17 Perfiles de la vía.

16. Configuramos VEHICLE TRACKING de tal forma que los parámetros de diseño se acoplen a la normativa AASHTO, (unidades, capas, escalas, velocidades máximas y mínimas, entre otras).



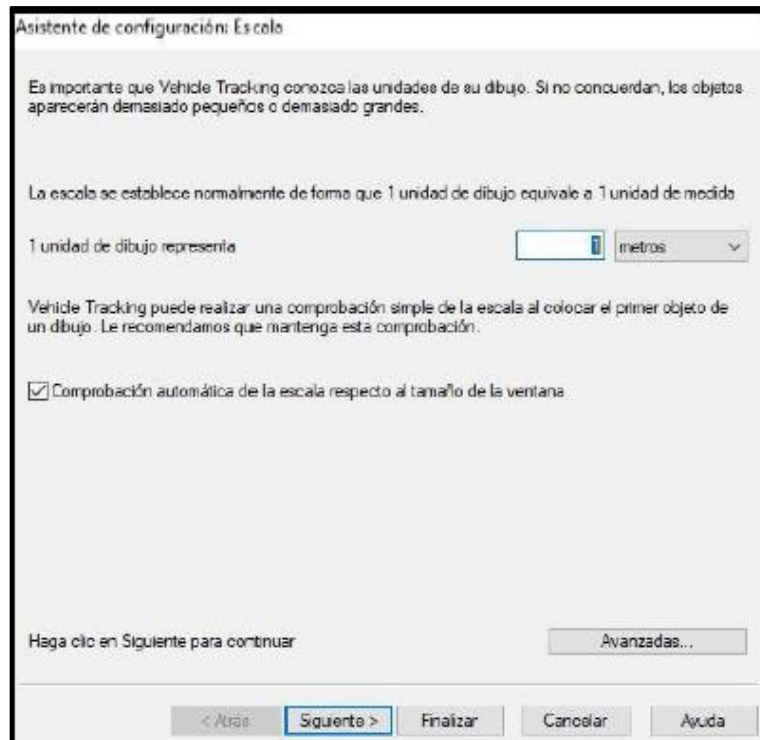


Fig 3. 18 Asistente de configuración Vehicle Tracking.

### 17. Insertamos la rotonda.

En este procedimiento verificamos el tipo de rotonda y la normativa de diseño que se va a implementar en nuestro trabajo (se usara Spanish Junction Design Standards).

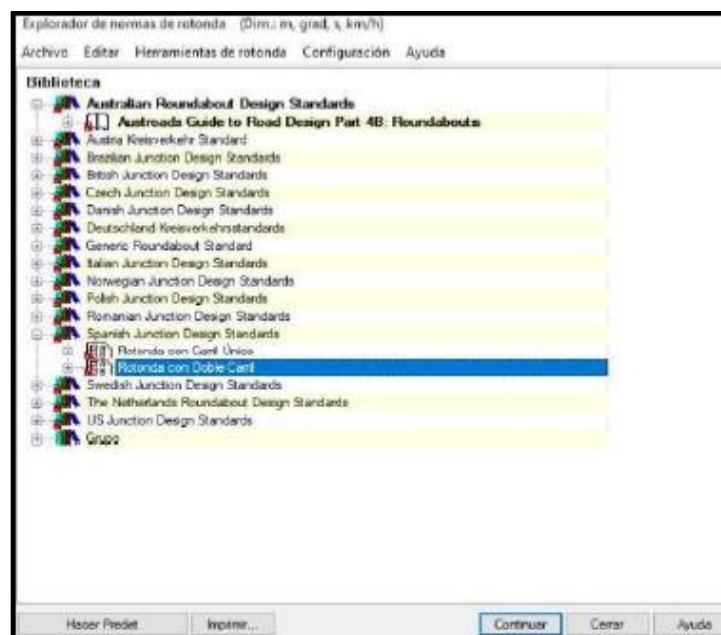


Fig 3. 19 Explorador de las normas de las rotondas.

Detalles de la nueva rotonda

General

Nombre:

Descripción:

Notas:

Calcular niveles:

Nombre usado:

	Min.	Max.
Díámetro de la circunferencia inscrita (ICD)	<input type="text" value="28.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
Díámetro de la isla central	<input type="text" value="4.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
Anchura de la plataforma	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="40.0"/>
Carriles de circulación	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="2"/>

Aspecto

Estilo de dibujo:

Superficie

Superficie existente:

Superficie final:

Proyectar planta en la superficie final:

Fig 3. 20 Diseño de la rotonda.

## 18. Creamos los brazos de la rotonda

Ramal nuevo

General

Nombre:

Descripción:

Notas:

Tomar elevación desde:

Ramal de acceso

	Min.	Max.
Anchura del hueco central	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="0.0"/>

Accediendo:

	Min.	Max.
Carriles	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="2"/>
Anchura de carril	<input type="text" value="2.0"/>	<input type="text" value="4.0"/>

Salida:

	Min.	Max.
Carriles	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="2"/>
Anchura de carril	<input type="text" value="2.0"/>	<input type="text" value="4.0"/>

Fig 3. 21 Configuración de los Brazos de la rotonda

En función al número de carriles que interceptan la rotonda, se configuro tres brazos para la entrada y salida de los vehículos.



Fig 3. 22 Diseño de la rotonda

## 19. Elementos de la rotonda

Para el diseño de los elementos de la rotonda aplicaremos los requerimientos mínimos establecidos por la guía informativa FHWA 2010.

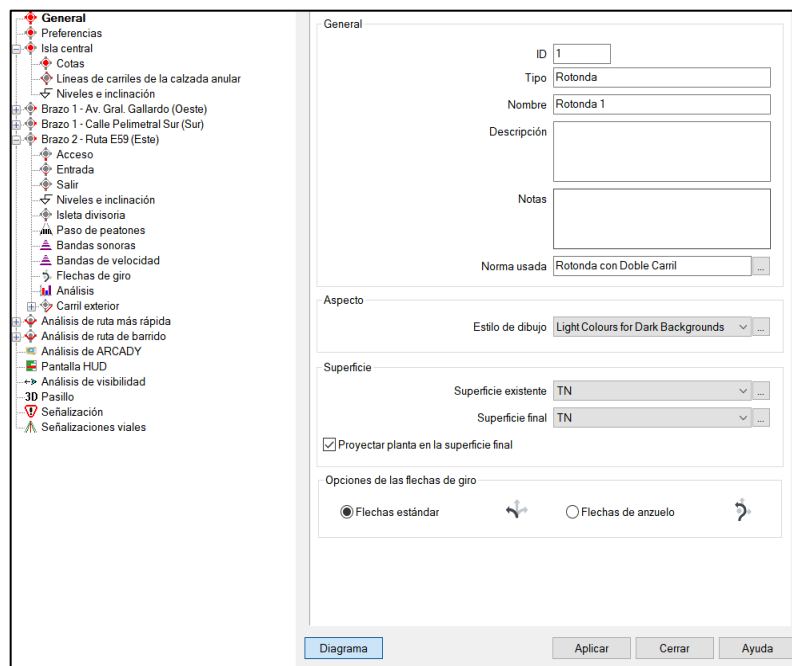


Fig 3. 23 Propiedades de diseño

## 20. Diseño de la isla central.

En el diseño de la isla central configuraremos varios elementos adicionales, tales como el diámetro y ancho de la plataforma, los carriles de circulación, etc.

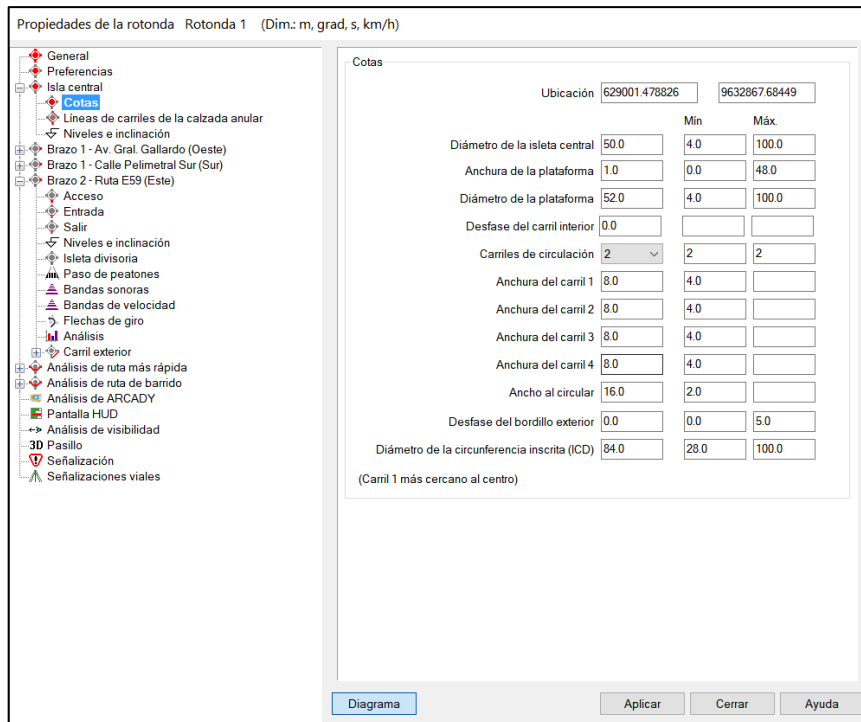


Fig 3. 24 Configuración de la Isla central.

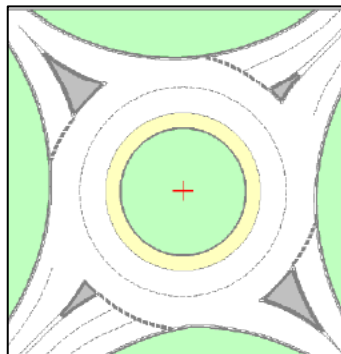


Fig 3. 25 Isla central

Para el diámetro de la plataforma de acuerdo a los requerimientos mínimos se adoptó un diámetro de 40 metros.

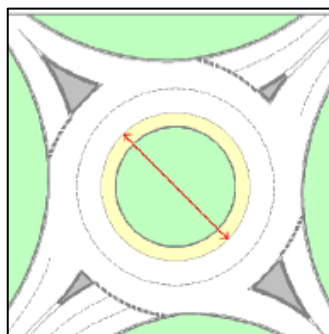


Fig 3. 26 Diámetro de la plataforma

El ancho de carril se diseñó de 8 metros, en base a lo establecido por la guía informativa FHWA 2010 y al número de carriles que esta posee.

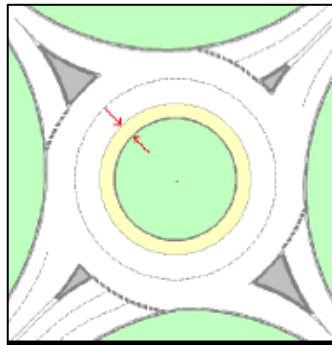


Fig 3. 27 Ancho de carril

El diseño ancho circular depende de la configuración del ancho de carril, dado que se cuenta con 2 carriles de 8 metros de ancho, el ancho circular poseerá 16 metros.

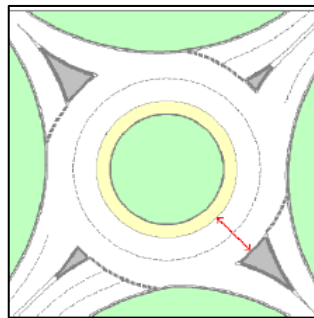


Fig 3. 28. Ancho circular

## 21. Configuración de los brazos de la rotonda.

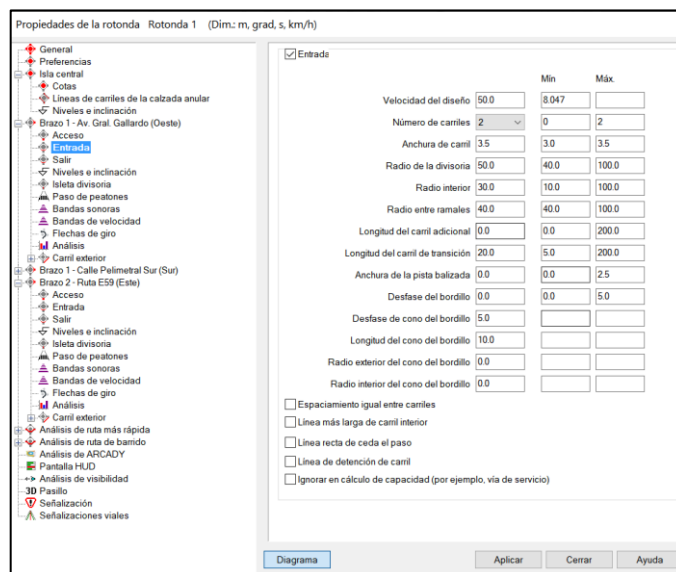


Fig 3. 29 Propiedades de la rotonda - Brazo 1

Para el diseño de los brazos de la rotonda debemos tener en cuenta la velocidad de diseño de los vehículos (50km/h). Considerando que la velocidad de entrada y salida deben ser iguales, para de esta manera evitar los congestionamientos.

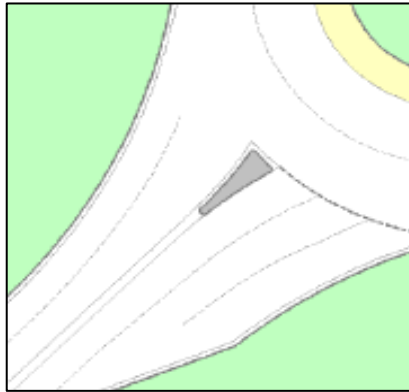


Fig 3. 30 Diseño de la salida de vehículos

Por seguridad de los peatones que cruzan por la rotonda, se recomienda que la isla divisora mantenga un ancho de 2.5 metros desde el inicio de la isla divisora al final de la calzada circular.

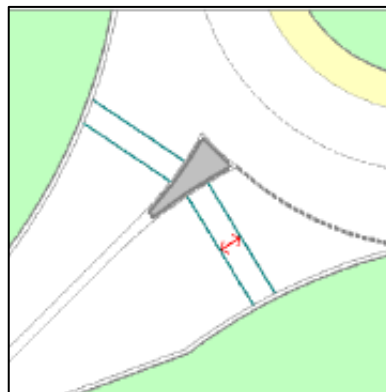


Fig 3. 31 Ancho paso del peatón

Otro mecanismo de advertencia que se deben implementar en las rotondas son las bandas sonoras debido a que son la alerta de ingreso a los conductores, en caso de quedarse dormidos.

Se recomienda que para el diseño de la rotonda el desfase con respecto a la entrada de la intersección sea de 100 metros, colocados cada 2 metros. Es decir, el ancho total de las bandas sonoras será de 20 metros.

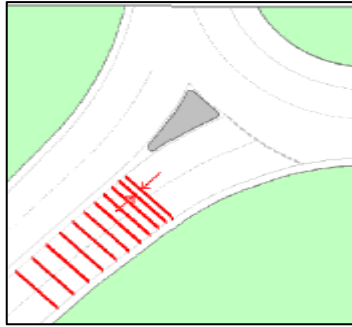


Fig 3. 32 Bandas sonoras

Para el diseño de los demás brazos de la rotonda, optaremos por la misma configuración dado que poseen las mismas características.

## 22. Análisis de la ruta más rápida.

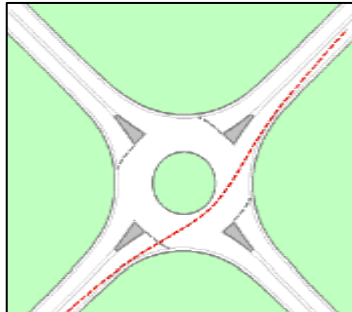


Fig 3. 33 Ruta más rápida

## 23. Rutas del vehículo

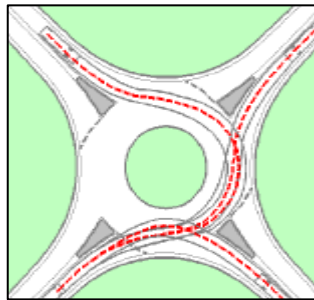


Fig 3. 34 Ruta del vehículo

Se refiere a la dirección a los sentidos de circulación del conductor dentro de la rotonda.

## 24. Vehículo de diseño AASHTO

Para el diseño de la rotonda se tomará como vehículo de diseño un WB-20 o tracto camión de 2 ejes y semi remolque de 2 ejes.

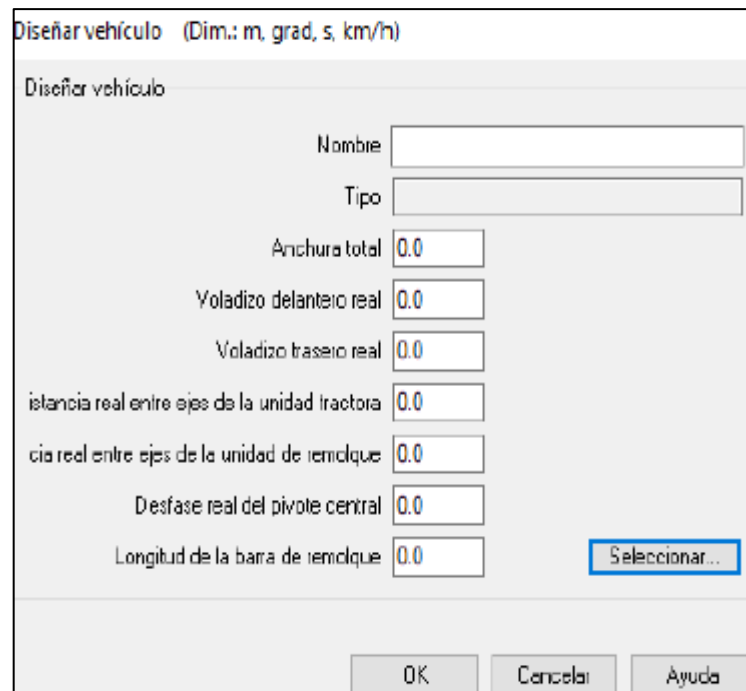


Fig 3. 35 Selección del Vehículo de diseño

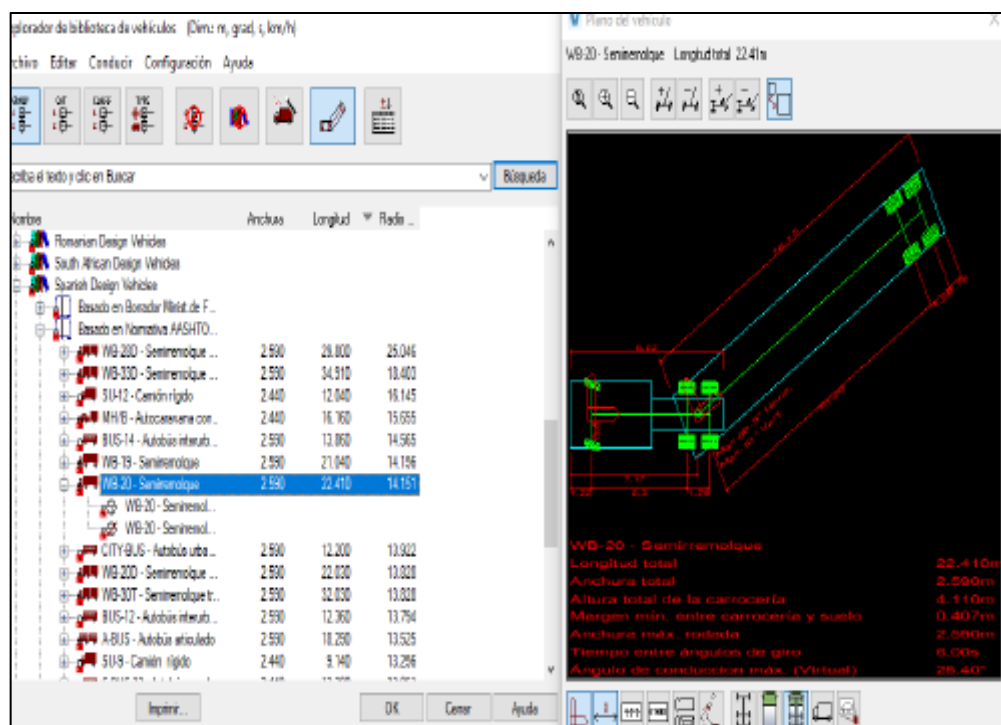
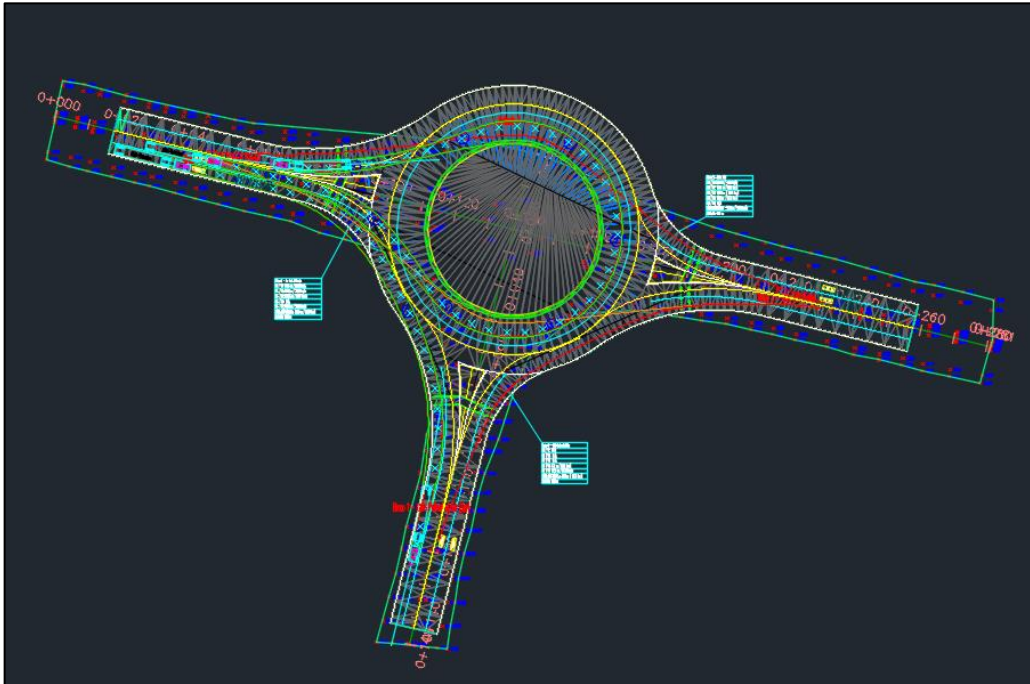


Fig 3. 36 Vehículo de diseño WB-20

Adicional para el análisis se optó por añadir 2 vehículos de diseño tales como el P-Turismo de pasajeros y el City – Bus.



## 25. Simulación virtual del recorrido.



#### **4. CONCLUSIONES**

- Para concluir podemos decir que antes de comenzar con el proyecto, se revisó información bibliográfica y normas de diseño, como por ejemplo la norma NEVI 2012 y la guía informativa FHWA -2010 que se tomó como referencia para el diseño de la Rotonda.
- Además se realizó el levantamiento fotogramétrico con dron en la intersección vial, av. Gral. Gallardo y Perimetral Sur, para realizar el levantamiento se programó un plan de vuelo con el objetivo de llegar al lugar del proyecto y empezar con la recopilación de los datos topográficos, como complemento se realizó conteos vehiculares en horas picos para determinar la demanda vehicular. Información que fue necesaria para realizar el diseño de la rotonda en el programa Civil 3D.
- Como resultado se diseñó el sistema rotatorio en función de la demanda vehicular futura, y con ayuda del complemento Vehicle Tracking que está integrada en el software Civil 3D se realizó el diseño de la rotonda en base a los parámetros mínimos que establecen las normas NEVI-2012 y la guía informativa FHWA – 2010.
- Para finalizar podemos decir que la intersección vial, av. Gral. Gallardo y Perimetral Sur, de acuerdo a los requerimientos mínimos establecidos por las normas antes mencionadas, no está correctamente diseñada, es por ello que el presente trabajo servirá como guía para que las autoridades de turno rediseñen la rotonda en bien del pueblo Pasajeño.

## 5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar los levantamientos topograficos con dron debido a que por su versatilidad la recopilación de la información fotogramétrica es más rápida y seguro, si nos encontramos en sectores peligrosos.
- Además se recomienda que, en todos los trabajos de carácter vial, se realice aforos vehiculares pues de esta manera se puede determinar la demanda que existe en el objeto de estudio.
- Por último, se recomienda que los diseños de los sistemas rotatorios se realicen en función de los parámetros establecidos en las normas NEVI - 2012 y la guía informativa FHWA, pues un correcto diseño ayuda a controlar el tráfico vehicular, debido a que permiten que la circulación automovilística sea fluida y segura tanto para el conductor como para el peatón.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Orozco, Y. Ceballos, y J. Castillo, “Análisis del alto flujo vehicular para una vía de acceso a Medellín usando simulación basada en agentes”, *Revista UIS Ingenierías*, vol. 21, núm. 1, pp. 1–11, nov. 2021, doi: 10.18273/revuin.v21n1-2022006.
- [2] C. Vargas Febres y M. Serna Cuba, “Relación del aparcamiento y la congestión vehicular en el Centro Histórico de Cusco.”, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=636469089006>
- [3] A. Verdezoto, T. Ziad, C. Montes, F. Felix, R. Medina, y O. Beatriz, “ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍA PRINCIPAL EN GUAYAQUIL ECUADOR”, vol. 21, núm. 2, pp. 4–23, 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.21905.04960.
- [4] A. R. Gómez García, Z. I. Olivo Cando, Y. Y. Campos Villalta, P. R. Suasnavas Bermudez, y I. Cárdenas Moncayo, “Desigualdades en seguridad vial por fallecimientos en peatones”, *SIGNOS - Investigación en sistemas de gestión*, vol. 12, núm. 1, pp. 1–13, nov. 2019, doi: 10.15332/24631140.5420.
- [5] S. P. Castro Molinares y J. I. Ruiz Pérez, “Actitudes protectoras relacionadas con la seguridad vial en conductores de Villavicencio (Colombia)”, *Diversitas*, vol. 17, núm. 2, pp. 1–18, oct. 2021, doi: 10.15332/22563067.7070.
- [6] R. Gonzáles *et al.*, “DRONES. APLICACIONES EN INGENIERÍA CIVIL Y GEOCIENCIAS”, Caracas, Venezuela, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33960068003>
- [7] C. Ross Lopera y J. García Vincés, “CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE EXPLANACIONES CON EL USO DE DRONES”, *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN*, vol. 6, núm. 11, pp. 119–131, 2022, doi: 10.46296/yc.v6i11.0197.
- [8] D. Caldevilla Domínguez, M. Blanco Pérez, y A. Barrientos Báez, “DRONES Y COMUNICACIÓN: HACIA UNA METODOLOGÍA PARA UN ANÁLISIS VISUAL APLICADO DAVID CALDEVILLA-DOMÍNGUEZ, MANUEL BLANCO-PÉREZ Y ALMUDENA BARRIENTOS-BÁEZ”, 2021. Consultado: el 15 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/339/33971297003/33971297003.pdf>
- [9] H. Pacheco Gil, E. Jarre, J. R. Macias, F. Intriago, B. Ortega, y E. Menéndez, “Uso de un vehículo aéreo no tripulado como alternativa para generar información topográfica”, *Enfoque UTE*, vol. 14, núm. 1, ene. 2023, doi: 10.29019/enfoqueute.881.
- [10] O. del Río Santana, F. D. J. Gómez Córdova, N. V. López Carrillo, J. A. Saenz Esqueda, y A. T. Espinoza Fraire, “Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones.”, vol. 14, núm. 2, p. 2020, 2020, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490001>
- [11] N. Ecuatoriana Vial, “MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE VOLUMEN N° 2-LIBRO A NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES”, 2013. Consultado: el 10 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_2A.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf)

- [12] J. A. Tristancho, L. F. Vargas, y L. E. Contreras, "Desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de ingeniería mediante especializado", *Scientia Et Technica*, vol. 24, núm. 1, pp. 57–66, 2019, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84959429006>
- [13] F. Justo, S. Alejandra, y D. Fissore, "Rotondas Modernas: Guía Informativa FHWA - 2010", 2011. [En línea]. Disponible en: [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp\\_rpt\\_672.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_672.pdf)
- [14] L. Fernando, C. Barrientos, y E. M. Mendoza, "Evaluación y propuesta de un nuevo diseño de las rotondas de la variante internacional lado Perú del eje vial N°1 carretera Panamericana Piura Guayaquil en la provincia de Zarumilla Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil", 2021. Consultado: el 13 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5267>
- [15] A. Torres Alzamora, "ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE CRITERIOS DE DISEÑO GEOMETRICO EN LAS ROTONDAS MODERNAS", 2015.
- [16] B. E. Pineda Uribe, "Aplicación de la distancia de visibilidad de adelantamiento en carreteras de dos carriles en Colombia", *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 37, núm. 02, pp. 212–232, jun. 2022, doi: 10.14482/inde.37.2.1257.

## 6. ANEXOS

Tabla 6. 1 Aforo 1 Avenida Gral. Gallardo [Elaboración propia]







Hora	Livianos		Pesados (2 Ejes)								Vehículo Pesados (+3 Ejes)							
	Autos		Buses				Camión de dos ejes				Camión Pesados							
			Livianos		Pesado		Liviano		Pesado		3 ejes		4 ejes		5 ejes		6 ejes	
																		
Sentido	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
7:00 am - 9:00 am	797	928	21	22	50	40	44	43	23	23	9	6	0	0	1	3	1	0
11:00 am - 13:00 am	621	588	17	10	41	39	38	27	24	22	3	5	0	0	1	1	0	0
16:00 am - 18:00 am	873	861	18	25	46	44	61	52	27	21	8	8	0	0	2	0	1	1
Subtotal	2291	2377	56	57	137	123	143	122	74	66	20	19	0	0	4	4	2	1
TOTAL	4668		113		260		265		140		39		0		8		3	

Tabla 6. 2 Aforo 1 Ruta E59 [Elaboración propia]







Hora	Livianos		Pesados (2 Ejes)								Vehículo Pesados (+3 Ejes)							
	Autos		Buses				Camión de dos ejes				Camión Pesados							
			Livianos		Pesado		Liviano		Pesado		3 ejes		4 ejes		5 ejes		6 ejes	
																		
Sentido	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
7:00 am - 9:00 am	889	977	26	30	31	27	59	65	23	25	27	23	0	0	13	6	1	1
11:00 am - 13:00 am	778	685	17	15	28	23	59	38	27	18	19	27	0	0	6	1	0	0
16:00 am - 18:00 am	1037	990	32	27	29	30	72	53	31	46	16	34	0	0	7	4	2	4
Subtotal	2704	2652	75	72	88	80	190	153	81	89	62	84	0	0	26	11	3	5
TOTAL	5356		147		168		343		170		146		0		37		8	

Tabla 6. 3 Aforo 1 Perimetral Sur [Elaboración propia]

Hora	Livianos		Pesados (2 Ejes)				Vehículo Pesados (+3 Ejes)										
	Autos		Buses		Camión de dos ejes		Camión Pesados										
			Livianos	Pesado	Liviano	Pesado	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes							
																	
Sentido	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7:00 am - 9:00 am	68	10	1	28	20	38	0	14	1								
11:00 am - 13:00 am	139	1	0	13	17	37	0	5	0								
16:00 am - 18:00 am	217	6	0	22	15	32	0	9	4								
<b>TOTAL</b>	<b>424</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>63</b>	<b>52</b>	<b>107</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>5</b>								

Tabla 6. 4 Aforo 2 Avenida Gral. Gallardo [Elaboración propia]







Hora	Livianos		Pesados (2 Ejes)				Vehículo Pesados (+3 Ejes)											
	Autos		Buses		Camión de dos ejes		Camión Pesados											
			Livianos	Pesado	Liviano	Pesado	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes								
																		
Sentido	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
7:00 am - 9:00 am	658	848	10	19	44	48	42	68	10	11	2	3	0	0	0	1	1	0
11:00 am - 13:00 am	656	615	16	24	34	30	24	20	19	21	5	5	0	0	1	3	0	0
16:00 am - 18:00 am	1165	902	33	32	48	51	59	49	30	30	10	7	0	0	6	4	0	3
<b>Subtotal</b>	<b>2479</b>	<b>2365</b>	<b>59</b>	<b>75</b>	<b>126</b>	<b>129</b>	<b>125</b>	<b>137</b>	<b>59</b>	<b>62</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>TOTAL</b>	<b>4844</b>		<b>134</b>		<b>255</b>		<b>262</b>		<b>121</b>		<b>32</b>		<b>0</b>		<b>15</b>		<b>4</b>	

Tabla 6. 5 Aforo 2 Ruta E59 [Elaboración propia]







Hora	Livianos		Pesados (2 Ejes)								Vehículo Pesados (+3 Ejes)							
	Autos		Buses				Camión de dos ejes				Camión Pesados							
			Livianos		Pesado		Liviano		Pesado		3 ejes		4 ejes		5 ejes		6 ejes	
																		
Sentido	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
7:00 am - 9:00 am	748	856	13	16	37	29	39	69	22	35	19	29	0	0	4	9	1	3
11:00 am - 13:00 am	761	809	20	21	29	27	34	25	26	26	23	24	0	0	6	4	1	0
16:00 am - 18:00 am	981	908	25	20	34	30	90	57	41	37	16	38	0	0	13	9	3	1
Subtotal	2490	2573	58	57	100	86	163	151	89	98	58	91	0	0	23	22	5	4
TOTAL	5063		115		186		314		187		148		0		45		9	

Tabla 6. 6 Aforo 2 Perimetral Sur [Elaboración propia]







Hora	Livianos		Pesados (2 Ejes)				Vehículo Pesados (+3 Ejes)										
	Autos		Buses		Camión de dos ejes		Camión Pesados										
			Livianos	Pesado	Liviano	Pesado	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes							
																	
Sentido	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7:00 am - 9:00 am	143	5	2	24	18	39	0	0	4								
11:00 am - 13:00 am	149	5	2	22	22	31	0	7	4								
16:00 am - 18:00 am	210	7	3	27	32	30	0	17	8								
TOTAL	502	17	7	73	72	100	0	24	16								



Tabla 6. 7 Aforo 3 Avenida Gral. Gallardo [Elaboración propia]



















Hora	Livianos		Pesados (2 Ejes)								Vehículo Pesados (+3 Ejes)							
	Autos		Buses				Camión de dos ejes				Camión Pesados							
			Livianos		Pesado		Liviano		Pesado		3 ejes		4 ejes		5 ejes		6 ejes	
																		
Sentido	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
7:00 am - 9:00 am	683	791	8	21	41	47	38	63	6	9	1	5	0	0	1	0	1	0
11:00 am - 13:00 am	647	578	19	27	36	33	22	17	24	19	7	3	0	0	0	5	1	0
16:00 am - 18:00 am	1202	881	26	31	39	49	53	45	28	33	9	11	0	0	3	1	0	1
Subtotal	2532	2250	53	79	116	129	113	125	58	61	17	19	0	0	4	6	2	1
TOTAL	4782		132		245		238		119		36		0		10		3	

Tabla 6. 8 Aforo 3 Ruta E59 [Elaboración propia]



















Hora	Livianos		Pesados (2 Ejes)								Vehículo Pesados (+3 Ejes)							
	Autos		Buses				Camión de dos ejes				Camión Pesados							
			Livianos		Pesado		Liviano		Pesado		3 ejes		4 ejes		5 ejes		6 ejes	
																		
Sentido	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
7:00 am - 9:00 am	755	871	11	18	36	23	40	77	19	33	25	36	0	0	3	13	0	2
11:00 am - 13:00 am	743	792	17	19	29	21	37	36	32	21	20	26	0	0	9	3	1	4
16:00 am - 18:00 am	978	902	21	23	34	31	92	64	46	39	17	43	0	0	7	5	3	1
Subtotal	2476	2565	49	60	99	75	169	177	97	93	62	105	0	0	19	21	4	7
TOTAL	5041		109		174		346		190		167		0		40		11	

Tabla 6. 9 Aforo 3 Perimetral Sur [Elaboración propia]







Hora	Livianos	Pesados (2 Ejes)				Vehículo Pesados (+3 Ejes)			
	Autos	Buses		Camión de dos ejes		Camión Pesados			
		Livianos	Pesado	Liviano	Pesado	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes
									
Sentido	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7:00 am - 9:00 am	151	7	3	26	15	41	0	0	3
11:00 am - 13:00 am	137	3	1	19	27	35	0	5	8
16:00 am - 18:00 am	213	9	5	33	36	29	0	13	6
<b>TOTAL</b>	501	19	9	78	78	105	0	15	17

Tabla 6. 10 Tráfico Promedio Diario Anual - Ruta E59 [Elaboración propia]

Fecha	Dia	Livianos	Bus		Camión 2 ejes		Camión Pesado			TOTAL
			Liviano	Pesado	Livianos	Pesado	3 ejes	5 ejes	6 ejes	
16 de enero del 2023	Lunes	5356	147	168	343	170	146	37	8	6375
16 de enero del 2023	Miercoles	5063	115	186	314	187	148	45	9	6067
16 de enero del 2023	Viernes	5041	109	174	346	190	167	40	11	6078
<b>TOTAL</b>		15460	371	528	1003	547	461	122	28	18520
TPDS		3681	88	126	239	130	110	29	7	4410
%TPDS		83	2	3	5	3	2	1	0	100
TPDA ACTUAL		2816	67	96	183	99	84	22	5	3374
%TPDA ACTUAL		83	2	3	5	3	2	1	0	100
TPDA ASIGNADO		3661	87	125	238	129	109	29	7	4386
%TPDA ASIGNADO		83.47%	1.98%	2.85%	5.43%	2.94%	2.49%	0.66%	0.16%	100.00%

Tabla 6. 11 TPDA Existente - Ruta E59 [Elaboración propia]

TPDS	FM	FACTOR DE AJUSTE DIARIO	TPDA EXISTENTE
4410	1.070	0.692	3374
		0.727	
		0.726	
		0.715	

Tabla 6. 12 Tráfico Promedio Diario Anual - Av. Gral. Gallardo [Elaboración propia]

Fecha	Dia	Livianos	Bus		Camión 2 ejes		Camión Pesado			TOTAL
			Liviano	Pesado	Livianos	Pesado	3 ejes	5 ejes	6 ejes	
16 de enero del 2023	Lunes	4668	113	260	265	140	39	8	3	5496
16 de enero del 2023	Miercoles	4844	134	255	262	121	32	15	4	5667
16 de enero del 2023	Viernes	4782	132	245	238	119	36	10	3	5565
TOTAL		14294	379	760	765	380	107	33	10	16728
TPDS		3403	90	181	182	90	25	8	2	3983
%TPDS		85	2	5	5	2	1	0	0	100
TPDA ACTUAL		2603	69	138	139	69	19	6	2	<b>3047</b>
%TPDA ACTUAL		85	2	5	5	2	1	0	0	100
TPDA ASIGNADO		3384	90	179	181	90	25	8	3	3961
%TPDA ASIGNADO		85.43%	2.27%	4.52%	4.57%	2.27%	0.63%	0.20%	0.08%	100.00%

Tabla 6. 13 TPDA Existente - Av. Gral. Gallardo [Elaboración propia]

TPDS	FM	FACTOR DE AJUSTE DIARIO	TPDA EXISTENTE
3983	1.070	0.725	3047
		0.703	
		0.716	
		0.715	

Tabla 6. 14 Tráfico Promedio Diario Anual - Perimetral Sur [Elaboración propia]

Fecha	Dia	Livianos	Bus		Camión 2 ejes		Camión Pesado			TOTAL
			Liviano	Pesado	Livianos	Pesado	3 ejes	5 ejes	6 ejes	
16 de enero del 2023	Lunes	424	14	1	63	52	107	28	5	694
16 de enero del 2023	Miercoles	502	17	7	73	72	100	24	16	811
16 de enero del 2023	Viernes	501	19	9	78	78	105	15	17	822
TOTAL		1427	50	17	214	202	312	67	38	2327
TPDS		340	12	4	51	48	74	16	9	554
%TPDS		61	2	1	9	9	13	3	2	100
TPDA ACTUAL		261	9	3	39	37	57	12	7	<b>426</b>
%TPDA ACTUAL		61	2	1	9	9	13	3	2	100
TPDA ASIGNADO		339	12	4	51	48	74	16	9	554
%TPDA ASIGNADO		61.19%	2.17%	0.72%	9.21%	8.66%	13.36%	2.89%	1.62%	100.00%

Tabla 6. 15 TPDA Existente - Perimetral Sur [Elaboración propia]

TPDS	FM	FACTOR DE AJUSTE DIARIO	TPDA EXISTENTE
554	1.070	0.798	426
		0.683	
		0.674	
		0.718	