

Proyecto final: Análisis de la congestión del nudo vial de Mendoza

Comes Doña, Facundo Leonel - Legajo: 45044
Espinoza Labay, Candela Rocío - Legajo: 45128
Morcos Zorrilla, María Emilia - Legajo: 45463
Roldán Iturrieta, Federico Matías - Legajo: 43814
Smovir, María Sol - Legajo: 45052

Director del trabajo: Helvio Gili
Integrantes de la cátedra: Tit.: Ing. Pablo Martín
JTP.:Ing. Gustavo Castro
Ayte.:Ing. Helvio Gili

2024

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Mendoza
Ingeniería Civil
Cátedra: Proyecto Final



**F. R. M.
U. T. N.**

PROYECTO FINAL

**Grupo N°6
2024**

RESUMEN

Este estudio, es llevado a cabo por estudiantes de la Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Mendoza, bajo la dirección de Helvio Grili.

El proyecto titulado "Análisis de la congestión del nudo vial de Mendoza" aborda el problema de congestión vehicular en una intersección clave de Mendoza, Argentina. Se aplican los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera para llevar a cabo la realización de un anteproyecto, en el cual se analizan diferentes alternativas en busca de mejorar el nivel de servicio y reducir el tráfico en la zona. El informe se centra en el análisis del flujo de tránsito actual. Entre las propuestas se incluyen el cierre de calles, la implementación de semáforos inteligentes y la construcción de una rotonda. Además, se consideran alternativas no estructurales como fomentar el teletrabajo, el uso compartido de vehículos y mejorar el transporte público.

El proyecto evalúa la viabilidad técnica y económica de cada propuesta, tomando en cuenta su impacto ambiental y social. La participación de la comunidad local y especialistas en ingeniería de tráfico es esencial para asegurar soluciones sostenibles y eficientes a largo plazo.

El objetivo final es encontrar la mejor alternativa para mejorar la movilidad en esta intersección crucial, contribuyendo así al bienestar de la comunidad y mejorando la calidad de vida de los usuarios de esta red vial.



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL	5
1.1.	Introducción.....	5
1.2.	Información General	9
1.3.	Antecedentes.....	12
1.3.1.	Viaducto del nudo vial (año 2006)	12
1.3.2.	Ejemplos de nudos viales similares.....	19
1.3.3.	Semáforos inteligentes en Avenida Libertador, Buenos Aires.....	22
1.3.4.	Evolución de la población en Mendoza.....	24
2.	ANÁLISIS DEL TRÁNSITO	30
2.1.	Censo de tránsito (de cobertura):.....	30
2.1.1.	Resultados del censo.....	32
2.2.	Cálculo del tránsito futuro para cada dirección.....	35
2.2.1.	Contador permanente en la ruta 007	35
2.2.2.	Cálculo de volúmenes equivalentes.....	36
2.2.3.	Obtención de factores fhp, fdm y fm	38
2.2.4.	Cálculo del TMD, TMDM y TMDA.....	44
2.2.5.	Cálculo del tránsito futuro	45
2.2.6.	Planillas.....	45
2.3.	Comparación tránsito de tránsito actual y futuro	47
2.4.	Censo de origen y destino peatonal	47
3.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS	50
3.1.	Pasarela - paso sobre nivel.	50
3.1.1.	Ubicación pasarela:	50



3.1.2.	Diseño.....	51
3.1.3.	Construcción y normas.....	52
3.1.4.	Consideraciones para la pasarela:.....	59
3.1.5.	Cotización Pasarela paso sobre nivel.	62
3.2.	Alternativa N°1: Cerrar calles Avenida Gobernador Ricardo Videla y Pedro B. Palacios.....	63
3.2.1.	Contexto y Justificación:.....	63
3.2.2.	Metodología:.....	63
3.2.3.	Impacto y Beneficios Esperados:.....	69
3.2.4.	Cotización de cierre de calles.....	70
3.3.	Alternativa N°2: Implementación de semáforos inteligentes.	70
3.3.1.	Características.....	71
3.3.2.	Diferencias entre semáforos inteligentes y convencionales.....	72
3.3.3.	Marcas que fabrican y venden semáforos inteligentes.....	72
3.3.4.	Análisis de los semáforos existentes.....	73
3.3.5.	Diseño de semáforo inteligente.....	75
3.3.6.	Cotización de semáforos inteligentes.....	82
3.4.	Alternativa N°3: Diseño de una rotonda moderna (RM).....	82
3.4.1.	Introducción (s/ DNV 2010).....	82
3.4.2.	Características de las RM.....	85
3.4.3.	Características claves.....	87
3.4.4.	Parámetros clave de diseño de la rotonda moderna.....	88
3.4.5.	Diseño geométrico.....	90
3.4.6.	Cotización de rotonda moderna.....	91
3.5.	Otras alternativas no estructurales.....	93



3.5.1.	Promover el teletrabajo	93
3.5.2.	Incentivar el uso compartido de vehículos	94
3.5.3.	Mejorar el transporte público	95
3.5.4.	Implementar horarios flexibles	96
3.5.5.	Fomentar el uso de bicicletas y caminar	96
3.5.6.	Implementar políticas de gestión del tráfico	97
3.5.7.	Educación y concienciación.....	97
4.	MODELACIÓN EN “AIMSUN NEXT”	98
4.1.	Modelación del nudo con tránsito actual y tránsito futuro.....	98
4.2.	Modelación de alternativas (con tránsito futuro)	100
4.2.1.	Modelación de ALT N°1: Cierre de las calles Av. Gobernador Ricardo Videla y Pedro B. Palacios 100	
4.2.2.	Modelación de ALT N°2: Implementación de semáforos inteligentes.....	101
4.2.3.	Modelación de ALT N°3: Diseño de una rotonda moderna	102
5.	MATRIZ DE DECISIÓN.....	103
5.1.	Parámetros de la matriz de decisión	103
5.2.	Rangos para la ponderación y puntajes.....	104
5.3.	Matrices de decisión	105
6.	CONCLUSIONES.....	106
7.	BIBLIOGRAFIA	108

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

1. INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Introducción

La congestión vehicular impacta de manera significativa la red vial de un país, generando un grave problema para la población que debe transitar por ella. Entre las causas principales de esta congestión se encuentran el aumento demográfico, la falta de infraestructuras viales y señales de tránsito, la expansión de la terminal de ómnibus y sus alrededores, y la falta de mantenimiento vial.

En este contexto, la investigación presente se ha enfocado en proponer soluciones viables para mejorar el nivel de servicio y reducir el congestionamiento en la intersección de las vías Acceso Este y Avenida Gobernador Ricardo Videla, ubicada en la Ciudad de Mendoza, Argentina, conocida como “NUDO VIAL”. Esta intersección es de vital importancia, ya que es el principal acceso a la ciudad y en ella convergen múltiples corrientes de tráfico.

Las consecuencias del congestionamiento vial asociadas con la reducción de velocidad de tránsito de los vehículos, el retraso en los tiempos de viajes, así como, incrementos en: accidentes de tránsito, consumo de combustible adicional, desgaste de las obras viales, mayor contaminación ambiental, afectan la calidad de vida y salud de los usuarios. Por ello, se hizo necesario estudiar la operatividad del flujo de tránsito, o nivel de servicio vehicular a fin de encontrar soluciones que modifiquen la percepción por parte de los usuarios, así como, la velocidad, condición de flujo, volumen de servicio, tiempo de viaje.

Para enfrentar este problema, se proponen diversas opciones y se analizara cuál resulta más idónea para el proyecto. Este constituye un proceso continuo que demanda una planificación detallada y, además, se contemplará la consulta y participación de la comunidad local y especialistas en ingeniería de tráfico para asegurar soluciones eficientes y sostenibles a largo plazo. Es esencial considerar el impacto social de las medidas propuestas, así como garantizar su factibilidad técnica y económica. El compromiso es hallar la mejor alternativa para mejorar la movilidad en esta intersección y contribuir al bienestar de la comunidad.

A continuación, se adjuntan fotos de la zona:



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

**Grupo N°6
2024**



Figura 1: Foto zona de estudio.



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N°6
2024



Figura 2: Foto zona de estudio.



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N°6
2024

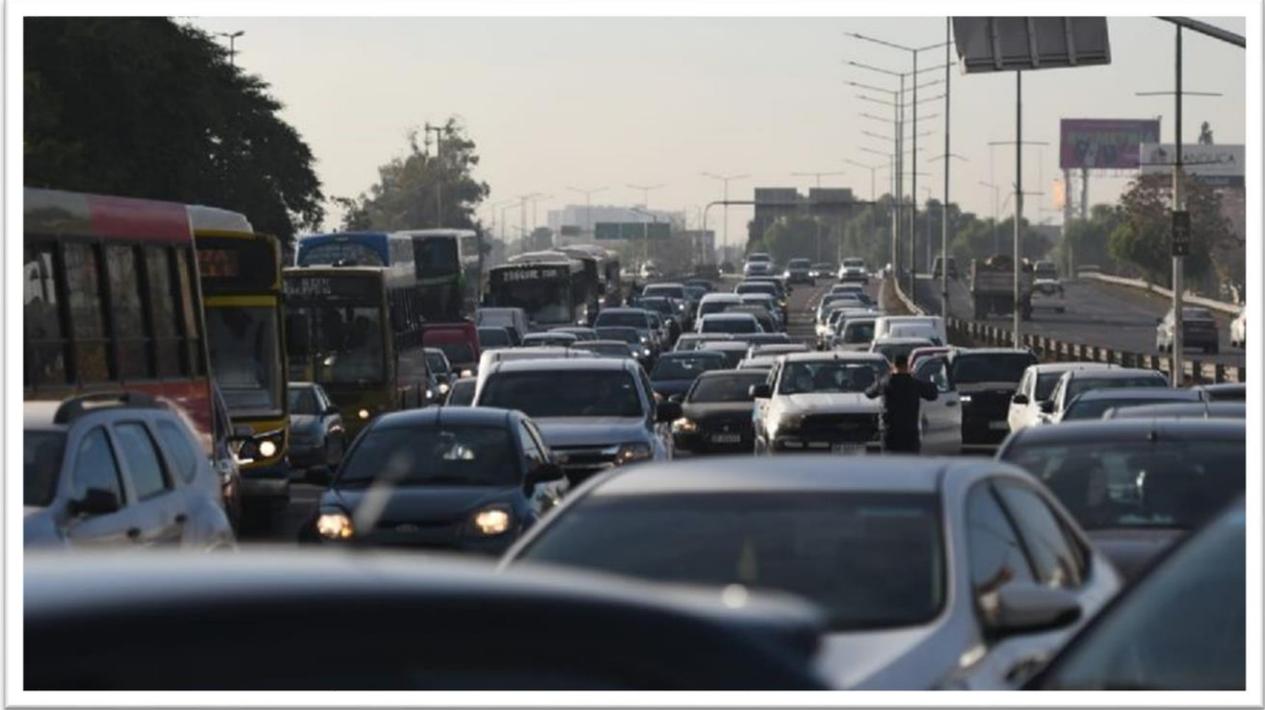
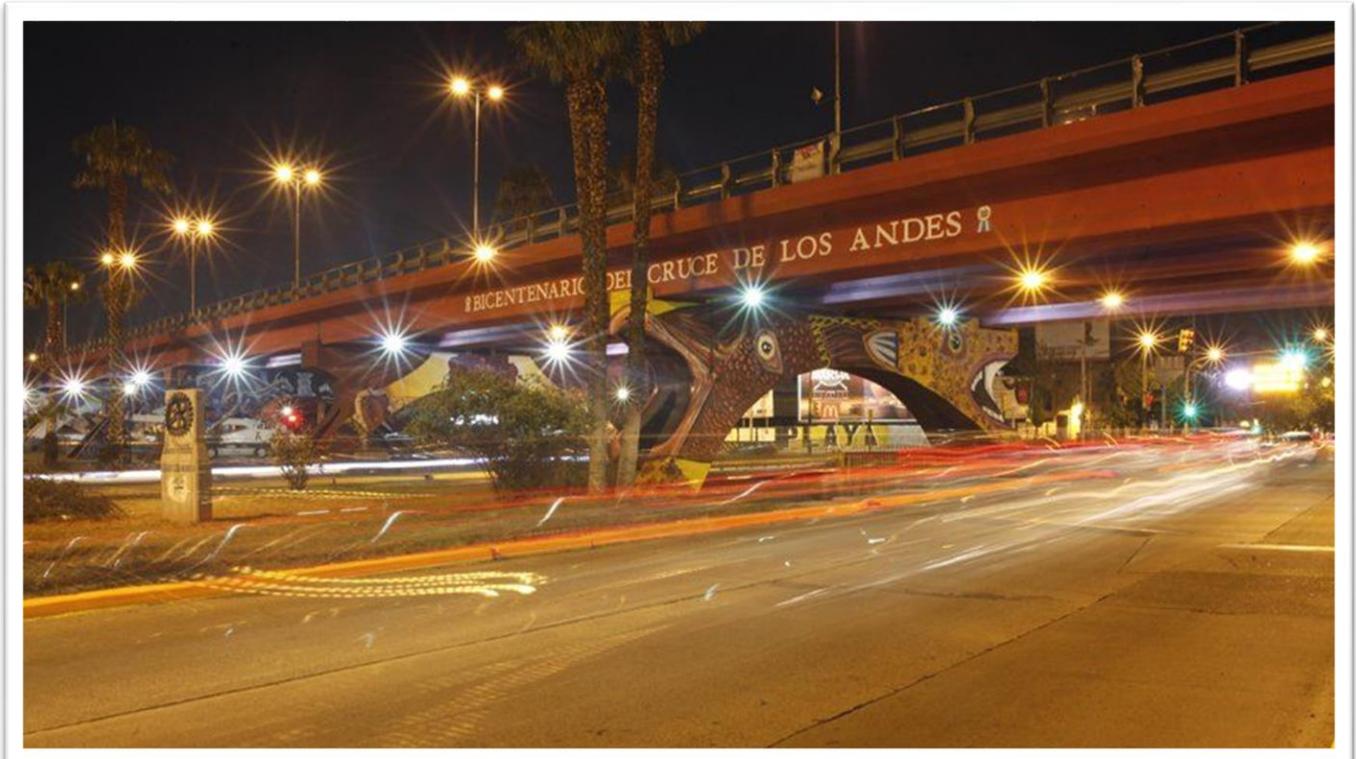


Figura 3: Foto zona de estudio.



 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

Figura 4: Foto zona de estudio.

1.2. Información General

El Nudo Vial de Mendoza es una intersección clave en la ciudad, donde convergen varias rutas y avenidas importante. Está ubicado en el corazón de la ciudad de Mendoza y es un cruce estratégico donde se interceptan las siguientes vías:

- 1.** Acceso Este (Ruta Nacional 7): Conecta Mendoza con Buenos Aires y otras provincias, pasando por el Gran Mendoza.
- 2.** Avenida Vicente Zapata: Arteria importante que conecta el centro de la ciudad con las afueras de la ciudad, conecta desde la avenida San Martín extendiéndose hacia el este.
- 3.** Avenida Costanera – Avenida Gdor. Ricardo Videla: Conecta el norte con el sur de la ciudad.

Además, es importante destacar la presencia del Acceso Sur (Ruta Nacional 40), que converge con el Acceso Este y la Avenida Costanera. Este acceso es de gran relevancia en la provincia, ya que conecta Mendoza con otras regiones del país y aporta un elevado volumen de tráfico a la zona de estudio.

Existen otras calles importantes como Pedro B. Palacios, Rondeau, 25 de mayo, Salta, entre otras, que también intervienen en el área de estudio. Estas calles serán consideradas en nuestro proyecto, ya que su inclusión es esencial para obtener un análisis completo y desarrollar soluciones integrales que mejoren la conectividad y el flujo vehicular en la zona.

A continuación, se presenta una imagen que contiene las referencias de las vías mencionadas anteriormente. Esta imagen ofrece una representación visual clara de las rutas y conexiones discutidas.

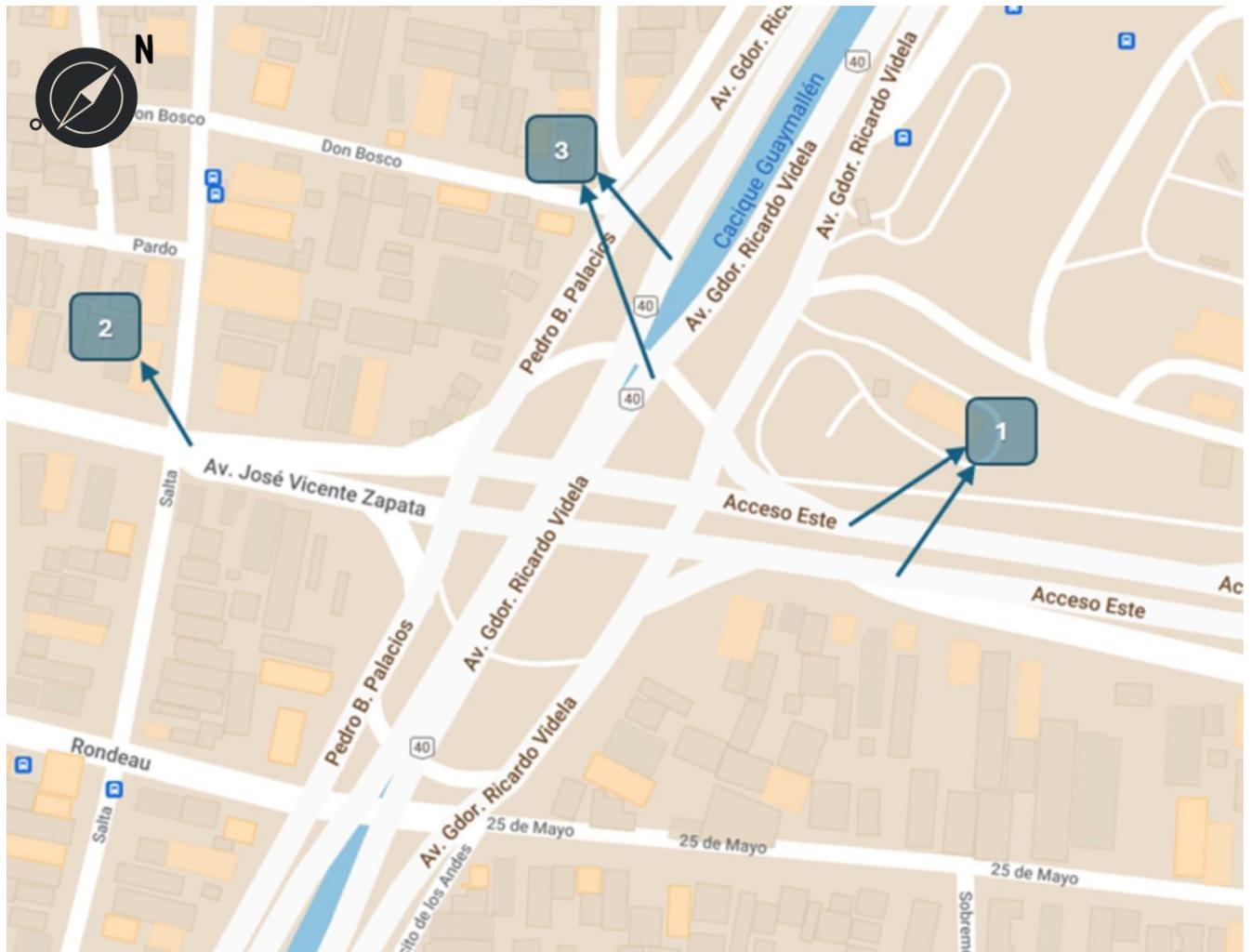


Figura 5: Rutas y conexiones en la zona de estudio.

La Ruta Nacional 7, extendida a lo largo de 1224 kilómetros, atraviesa las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, San Luis y Mendoza, desde la Ciudad de Buenos Aires hasta las estribaciones de la cordillera. Esta arteria, al ser una conexión crucial, experimenta un alto flujo vehicular, principalmente de automóviles y camiones. Es considerada la principal vía internacional de Argentina, facilitando el transporte terrestre de mercancías hacia y desde Brasil, Paraguay y Uruguay.

Por su parte, la Ruta Nacional 40 abarca una extensión de 5224 kilómetros, desde el cabo Vírgenes en Santa Cruz hasta La Quiaca en Jujuy, limitando con Bolivia. Esta ruta, reconocida como una atracción turística, transcurre paralela a la cordillera de los Andes, atravesando diversas regiones turísticas y puntos de interés en el país. Destaca por su paso por 21 parques nacionales, la intersección con 18 importantes ríos, la conexión mediante 27 pasos cordilleranos.



No solo se estudiarán las vías intervinientes, sino también la zona y sus alrededores de la ubicación. Estos factores son cruciales, ya que influyen directamente en el tráfico y nos permiten comprender mejor las dinámicas y patrones de movilidad en el área. Analizar el entorno y su contexto ayudará a identificar las razones detrás de ciertas problemáticas de tráfico y permitirá diseñar soluciones más efectivas y adecuadas a las necesidades específicas de la zona.



Figura 6: Alrededores de la zona de estudio.

Como se puede observar en la imagen anterior, hacia el noreste se encuentra la Terminal de Ómnibus de Mendoza, uno de los puntos de transporte más importantes de la ciudad. Esta terminal es un nodo fundamental para quienes viajan hacia y desde Mendoza, conectando la ciudad con otras provincias y países vecinos.

En la misma zona, se localizan varias clínicas y hospitales. A solo unas pocas cuadras del Nudo Vial, se encuentra el Hospital Central, un centro de salud crucial para la región. La proximidad de estas instalaciones médicas destaca la importancia del área para el acceso rápido a servicios de salud.

Además, en la cercanía se encuentra una conocida cadena de comida rápida, McDonald's, que aprovecha el elevado flujo vehicular y ofrece un servicio de pedidos por automóviles.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

También en las proximidades se ubica el área bancaria del centro de Mendoza. Sobre la Avenida San Martín, se concentra una gran cantidad de bancos, cajeros automáticos y otras instituciones financieras, lo que convierte a esta avenida en un eje crucial de la ciudad.

Finalmente, en las cercanías del Nudo Vial y a lo largo de las vías de acceso, se encuentran varias instituciones educativas que son parte integral de la comunidad. Entre ellas hay escuelas primarias y secundarias, tanto públicas como privadas, además de institutos terciarios y universidades, convirtiendo esta zona en un punto de referencia para estudiantes que se desplazan desde distintas áreas hacia la ciudad.

Este contexto demuestra que el Nudo Vial no solo es un cruce importante desde el punto de vista del tráfico vehicular, sino que también está en el corazón de una zona vibrante y diversa, influenciada por múltiples factores que deben ser considerados en cualquier proyecto de infraestructura vial.

1.3. Antecedentes

1.3.1. Viaducto del nudo vial (año 2006)

Fue una de las obras emblemáticas para Mendoza. La obra, adjudicada a la UTE (Unión Transitoria de Empresas) conformada por las empresas constructoras Tolcon S.R.L., Inco y Green S.A. se inició en diciembre de 2006 y fue inaugurada el 6 de octubre del 2007.

La situación previa a la construcción del Nudo Vial era una intersección congestionada y con carencias en infraestructura que limitaban la conectividad y la movilidad en una zona clave de la ciudad, afectando tanto el tránsito local como el acceso a importantes avenidas y rutas nacionales. La mejora en esta área era crucial para optimizar el flujo vehicular, reducir tiempos de viaje y mejorar la seguridad vial.

El cruce vial en la intersección de Zapata y Costanera continúa presentando desafíos de congestión a pesar de la implementación del viaducto. Aunque la construcción del mismo contribuyó a aliviar la congestión en Costanera, el elevado tráfico persiste.

El canal Cacique Guaymallén, que atraviesa la zona, representaba un obstáculo importante, ya que las vías existentes cruzaban el canal mediante puentes que no estaban adecuados para el flujo vehicular requerido. Esto ocasionaba demoras y dificultades para el tránsito, especialmente en horas pico. Además, la ausencia de sistemas de iluminación adecuados y de señalización moderna contribuía a un entorno vial poco seguro y eficiente.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

La obra ejecutada, valorada en 10 millones de dólares aproximadamente, consistió en la construcción de un viaducto de 550 metros, con cuatro trochas de circulación (2 por cada sentido), que permite el cruce a desnivel sobre el canal Cacique Guaymallén y redefine el trazado de Costanera en esa sección, atravesando la salida de la calle Vicente Zapata. Está diseñado como una estructura de pórticos y superestructura de vigas y losas pretensadas, con sus correspondientes rampas de ascenso y descenso. Además, se construyeron cuatro puentes de 15 metros de luz sobre el canal Cacique Guaymallén en la prolongación de las calles Rondeau-25 de Mayo y Barraquero-Pedro Vargas, así como la ampliación del Puente José Vicente Zapata.

El proyecto incluyó una exhaustiva recopilación de antecedentes y estudios de tránsito para la elaboración del Proyecto Ejecutivo y la posterior ejecución de la obra.

El proyecto también contempló la instalación de un sistema de iluminación superior e inferior, un sistema semafórico y un proyecto de urbanización, con el objetivo de mejorar la seguridad y funcionalidad del área.

1.3.1.1. Tópicos Comprendidos en el Proyecto:

- Estudios topográficos
- Estudios de tránsito
- Estudios geotécnicos
- Estudios geoelectricos
- Manifestación General de Impacto Ambiental
- Defensa del proyecto en Audiencia Pública
- Estudios hidrológicos e hidráulicos en el canal Cacique Guaymallén en la zona de los puentes
- Proyecto de traslado de líneas eléctricas LAAT 66 Kv y LAT 132 Kv subterránea
- Diseño geométrico
- Proyecto de señalización horizontal y vertical
- Diseño estructural del viaducto
- Diseño de barandas y rejas
- Proyecto de ubicación y dimensionado de carga en viaducto y puentes
- Proyecto de señalización y semaforización digital programable
- Proyecto de iluminación

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

1.3.1.2. Restricción del viaducto

Actualmente, se impone una restricción que consiste en que los vehículos pesados no pueden circular por el viaducto, debido a varias posibles razones técnicas y de diseño, que podrían incluir:

-Dimensiones y Geometría: El diseño geométrico del puente, incluyendo el ancho de los carriles y los radios de giro, pueden no ser adecuados para el tamaño y la maniobrabilidad de los camiones.

-Seguridad Vial: La presencia de camiones pesados en un viaducto con tráfico mixto de vehículos más ligeros puede aumentar el riesgo de accidentes y complicar la gestión del tráfico. Para garantizar la seguridad de todos los usuarios de la vía, se imponen restricciones específicas a ciertos tipos de vehículos.



1.3.1.3. Fotos de la construcción del viaducto



Figura 7: Vista aérea del nudo antes de comenzar la obra.



Figura 8: Vista aérea del proyecto



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N°6
2024



Figura 9: Construcción de pórtico del viaducto



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N°6
2024



Figura 10: Construcción de pórtico del viaducto



Figura 11: Colocación de vigas pretensadas



Figura 12: Vigas y losas montadas

1.3.2. Ejemplos de nudos viales similares

1.3.2.1. Distribuidor Dellepiane (Buenos Aires)

Agiliza el tránsito y mejora la seguridad vial de un área altamente transitada, donde convergen 4 autopistas y 4 avenidas pertenecientes a la red de tránsito pesado.



Figura 13: Vista aérea del distribuidor Dellepiane (Buenos Aires)

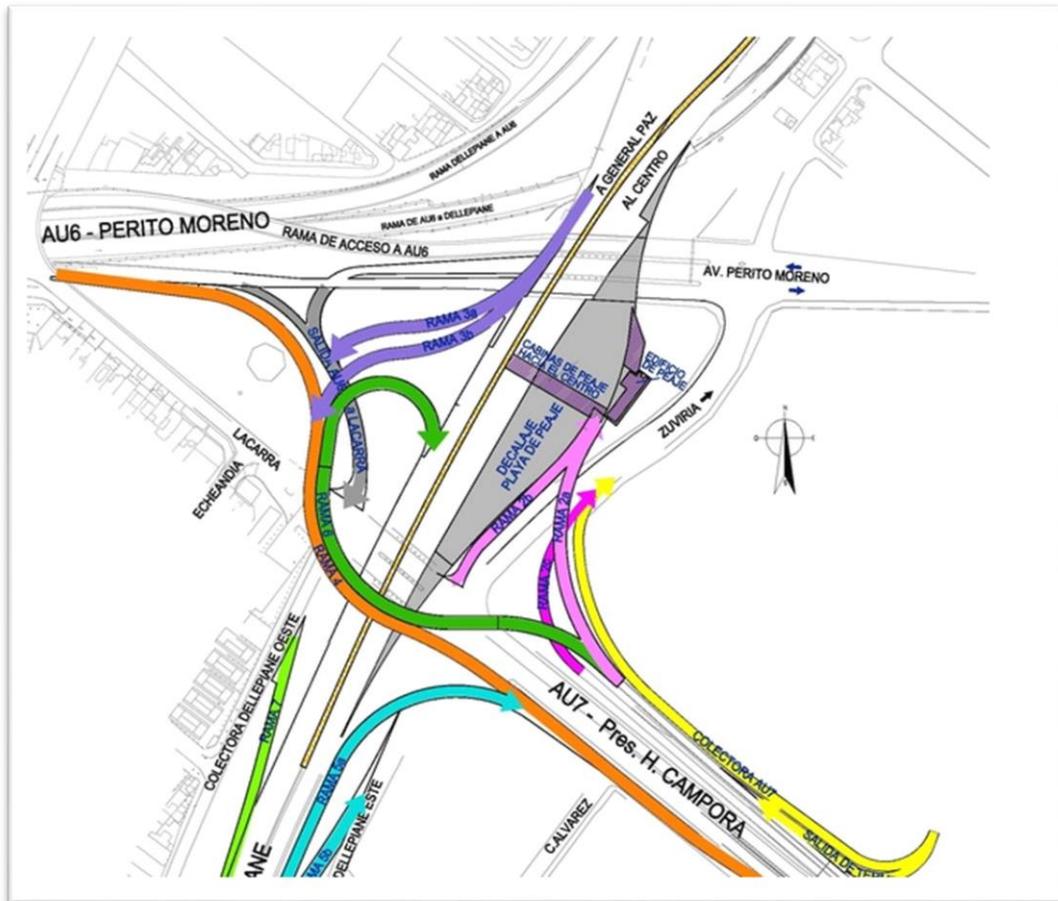


Figura 14: Plano esquemático del distribuidor



El nuevo Distribuidor de tránsito mejoró las conexiones entre las autopistas y avenidas, redujo los tiempos de viaje, mejoró la seguridad vial y el medio ambiente. Además, evita que los vehículos deban transitar por las calles de la zona para conectar con las diversas autopistas.

1.3.2.2. Nudo vial 9 de Julio y 25 de Mayo

Este nudo conecta la Avenida 9 de Julio con la Autopista 25 de mayo y otras arterias importantes. Es una intersección compleja y de gran tráfico en el centro de Buenos Aires.

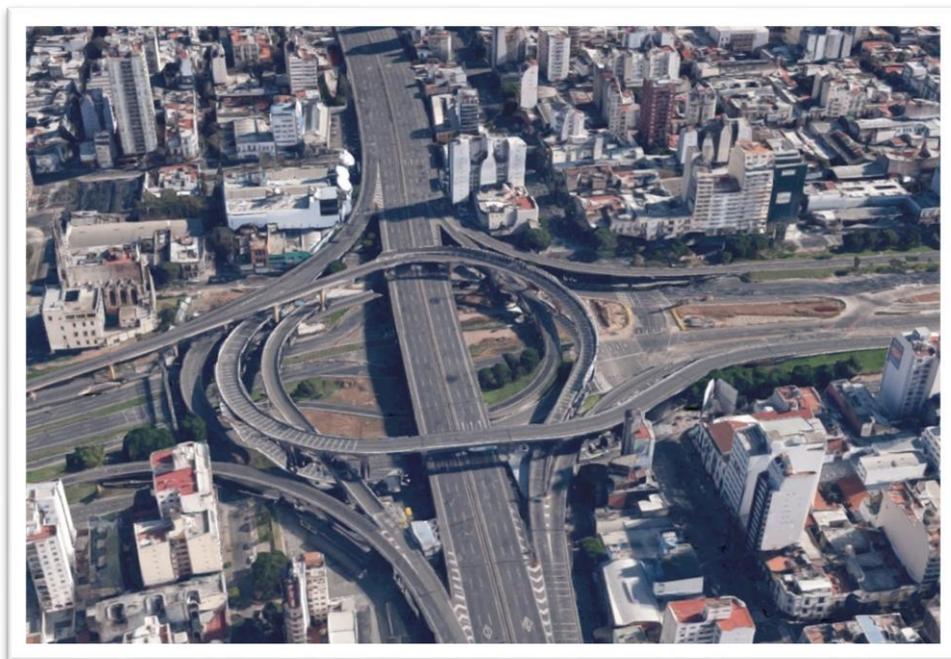


Figura 15: Vista aérea nudo vial 9 de julio y 25 de Mayo

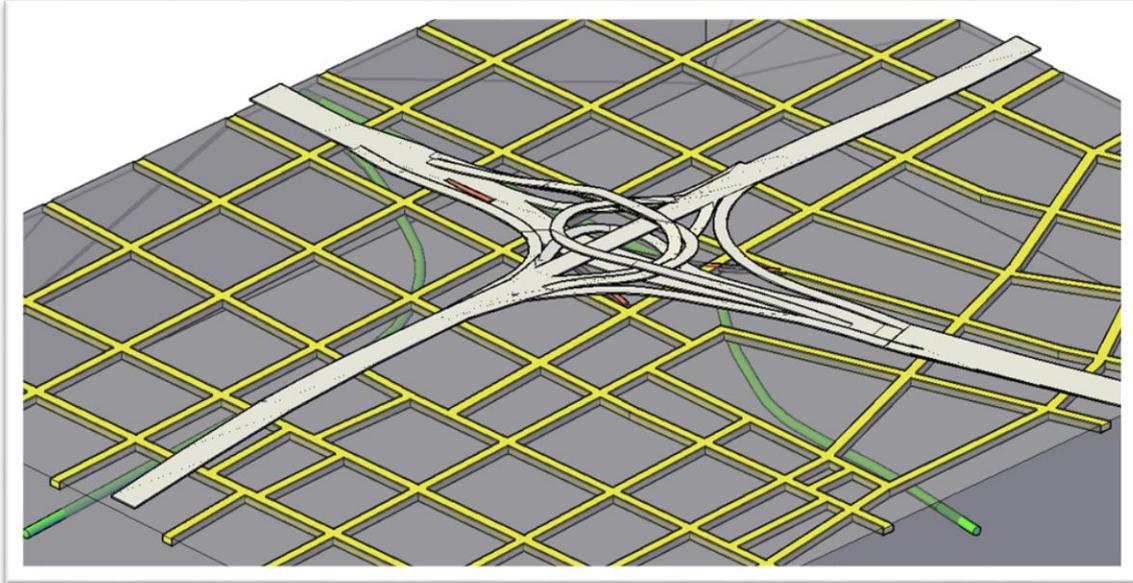


Figura 16: Esquema del nudo vial 9 de julio y 25 de Mayo

1.3.3. Semáforos inteligentes en Avenida Libertador, Buenos Aires



Figura 17: En la Avenida del Libertador y Campos Salles, en Núñez, un cartel indica el comienzo del sistema adaptativo, con semáforos inteligentes que pueden modificar su ciclo.

Es la primera avenida en contar con semáforos inteligentes, a lo largo de 4 kilómetros, que adaptarán su frecuencia de acuerdo con la congestión de tránsito en diferentes zonas. Se trata de un sistema de inteligencia



artificial, con sensores colocados en el asfalto, capaz de reaccionar ante cortes, embotellamientos y otros eventos espontáneos y hacer cambios en los ciclos semafóricos en tiempo real. Los dispositivos instalados en la calle son magnetómetros que pueden relevar cuantos vehículos circulan por la calzada y tomar decisiones para optimizar los tiempos de viaje y esperar de acuerdo con el momento del día o la noche.

En total serán 460 magnetómetros colocados bajo la calzada para cubrir 34 cruces semaforizados conectados por más de 10 kilómetros de fibra óptica. El sistema operativo obtiene, en tiempo real, la demanda vehicular y la ocupación de cada carril a través de los magnetómetros que se ubican en el centro de cada senda. Los sensores pueden registrar cuantos vehículos circula, cual es la ocupación de la calzada, cuanto tiempo llevan detenidos los rodados en ese lugar y si surgen otro tipo de eventos.

1.3.3.1. Algoritmos

Una serie de algoritmos le permiten al sistema optimizar los distintos parámetros de los ciclos semafóricos y modificarlos, en caso de ser necesario. Por ejemplo, durante la tarde, cuando el volumen vehicular total sobre la avenida supera los 3000 vehículos por hora, el sistema asigna al corredor un tiempo de ciclo que llega a los 130 segundos (rojo, amarillo, verde). Esto permite que el tiempo de verde sea mayor y que puedan pasar más cantidad de vehículos por ciclo.



Figura 18: Los círculos blancos rodean los sensores colocados bajo el asfalto de la Avenida del Libertador.

El desarrollo de esta tecnología contó con la renovación de 19 paneles controladores y la instalación de un procesador central ubicado en Palermo. Para la colocación de los sensores se utiliza un taladro especial para



retirar una porción de la capa asfáltica; en la cavidad generada se coloca el magnetómetro, luego se rellena con resina especial y, adicionalmente, se pinta la superficie con un círculo blanco para poder identificar el lugar donde están emplazados.

La primera prueba experimental de los semáforos inteligentes se realizó en 2021 a lo largo de 1,7 kilómetros de Libertador, entre la General Paz y Campos Salles. Para medir los resultados se realizaron recorridos en el lugar y se analizaron las mediciones de congestión y demoras a través de aplicaciones de movilidad. La reducción de tiempo para los vehículos fue de hasta 21% y se proyectó que la disminución en las emisiones de CO2 podría ser de más de 200 toneladas por año.

1.3.4. Evolución de la población en Mendoza

A continuación, se procederá a analizar el crecimiento poblacional de la provincia de Mendoza, con especial énfasis en el año 2022, que es el último registro. Los datos fueron obtenidos de los Censos Nacionales de Población, Hogares y Vivienda (INDEC), proporcionados por la Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas:

	1869	1895	1914	1947	1960	1970	1980	1991	2001	2010	2022
Total Provincial	65.413	116.136	277.535	588.231	824.008	973.067	1.196.228	1.412.481	1.579.651	1.738.929	2.043.540
Capital ⁽⁶⁾	8.124	28.602	58.790	97.496	109.122	118.560	119.088	121.620	110.993	115.041	127.160
General Alvear	⁽⁸⁾	⁽²⁾	7.846 ⁽¹⁰⁾	25.753	35.214	39.206	41.952	42.338	44.147	46.429	52.584
Godoy Cruz ⁽⁴⁾	4.439	6.011	15.566	54.480	85.588	112.481	142.408	179.588	182.977	191.903	195.159
Guaymallén	8.128	10.338	24.926	67.058	109.853	138.479	181.456	221.904	251.339	283.803	321.966
Junín	7.495 ⁽⁸⁾	6.237	12.867	17.189	20.927	22.052	25.366	28.418	35.045	37.859	46.604
La Paz	3.057	2.623	5.015	5.536	5.938	6.401	7.357	8.009	9.560	10.012	12.086
Las Heras	6.459 ⁽⁶⁾	6.444	10.735	33.302	63.957	84.489	120.931	156.545	182.962	203.666	234.401
Lavalle	2.060 ⁽¹²⁾	4.097	6.858	12.431	17.256	17.478	24.325	26.967	32.129	36.738	47.167
Luján de Cuyo	4.960	7.464	19.004	27.807	38.584	47.074	62.118	79.952	104.470	119.888	175.056
Maipú	4.603	8.834	28.401	44.170	58.761	71.599	97.228	125.331	153.600	172.332	219.402
Malargüe	⁽⁸⁾	⁽²⁾	⁽⁸⁾	⁽⁸⁾	9.308	11.427	16.625	21.743	23.020	27.660	32.717
Rivadavia	⁽⁸⁾	7.036	17.112	24.522	34.312	37.369	42.907	47.033	52.567	56.373	63.724
San Carlos	3.824 ⁽¹¹⁾	4.039	6.161	14.346	18.340	19.742	21.207	24.140	28.341	32.631	39.869
San Martín	8.046 ⁽⁷⁾	8.315	20.514	36.015	56.877	65.806	87.608	98.294	108.448	118.220	139.792
San Rafael	1.861 ⁽¹⁾	9.846 ⁽²⁾	31.230 ⁽⁸⁾	97053 ⁽⁸⁾	118.243	131.239	144.853	158.266	173.571	188.018	215.020
Santa Rosa	⁽⁷⁾	2.059	4.798	7.593	9.635	10.727	14.703	14.241	15.818	16.374	19.382
Tunuyán	⁽¹¹⁾	2.890	5.522	15.830	22.238	24.778	29.407	35.721	42.125	49.458	60.171
Tupungato	2.357	1.301	2.190	7.650	9.855	14.160	16.689	22.371	28.539	32.524	41.280

Tabla 1: Censos Nacionales de Población, Hogares y Vivienda

A partir de la tabla anterior, se obtendrán diversos gráficos para mayor entendimiento.

Se adjunta el gráfico a continuación, el cual ilustra el crecimiento poblacional total de la provincia de Mendoza desde el año 1869 hasta el año 2022. En el año 2022, se registra una población de **2.043.540 habitantes**.

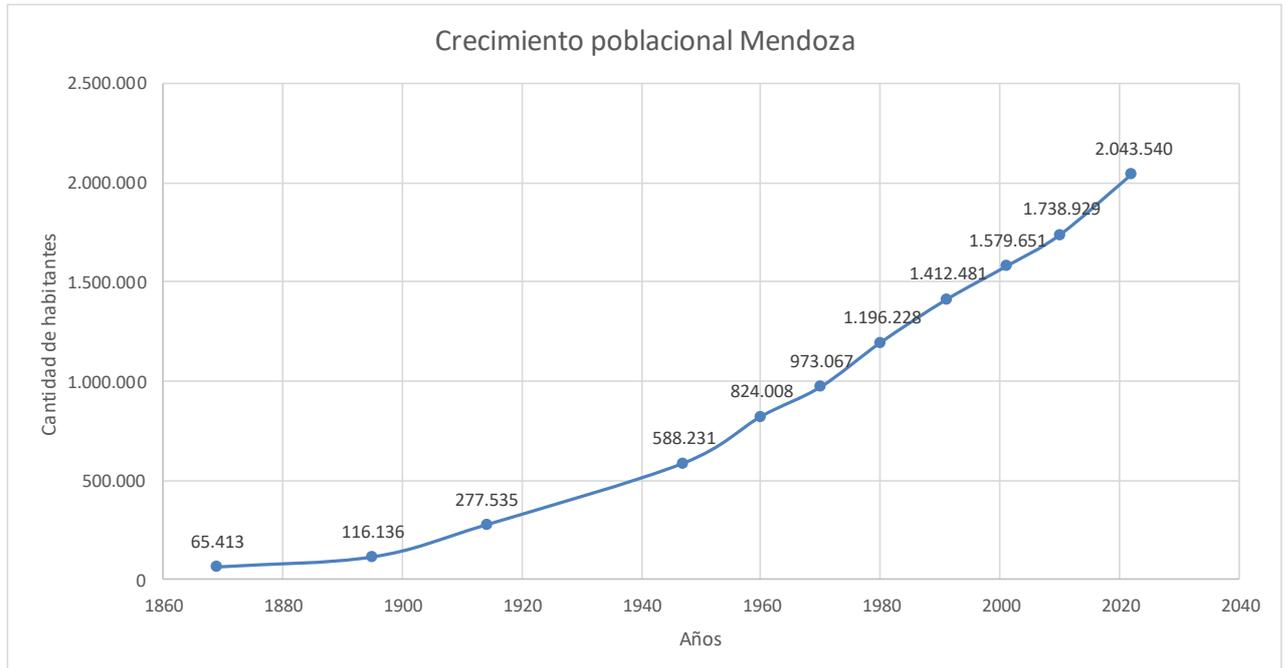


Figura 19: Crecimiento poblacional de Mendoza

Por otra parte, el gráfico a continuación presenta los datos del censo poblacional de Mendoza correspondiente al año 2022, detallando la cantidad de habitantes por departamento.

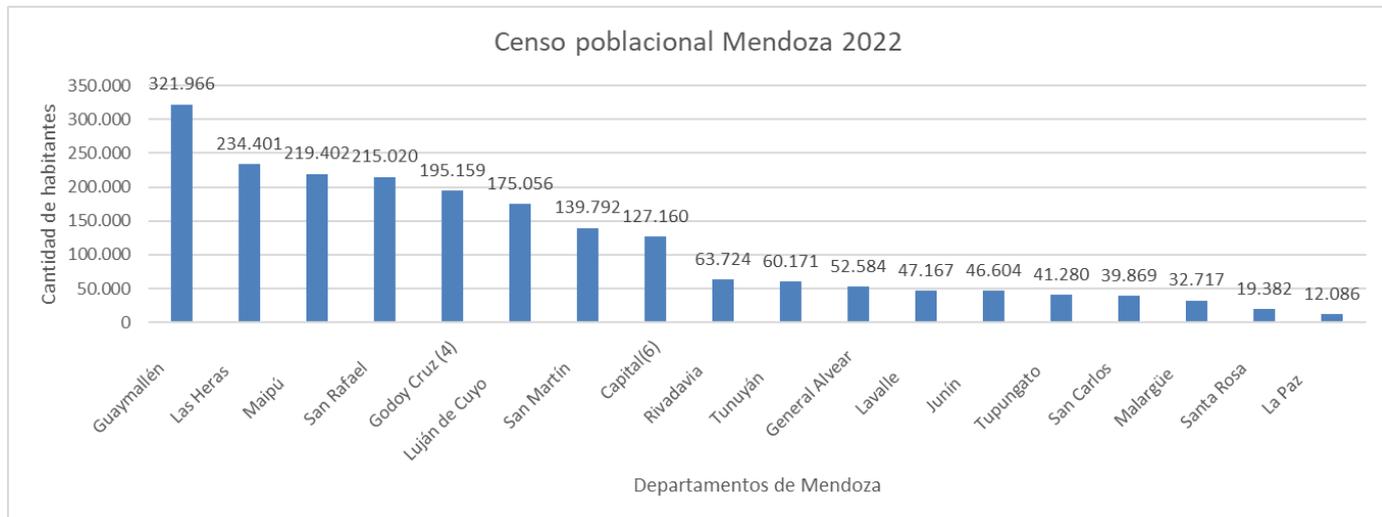


Figura 20: Censo poblacional de Mendoza (año 2022)

Los departamentos circundantes tienen una influencia significativa en el tráfico del nudo vial. Entre estos departamentos se encuentran:

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

- **Guaymallén:** Al norte del nudo vial, Guaymallén es un importante departamento residencial y comercial. La conexión de Guaymallén con el nudo vial es crucial para el acceso a la terminal y a otras zonas centrales de la ciudad. Las principales avenidas que atraviesan Guaymallén, como la Avenida Mitre, convergen en el nudo vial, incrementando el volumen de tráfico.
- **Las Heras:** Al noroeste del nudo vial, Las Heras es otro departamento con una alta densidad poblacional y una estructura vial que se conecta directamente con el nudo. Las Heras aporta tráfico significativo, especialmente durante las horas pico, ya que muchas personas se dirigen al centro de la ciudad o a la terminal desde esta área.
- **Maipú:** Al sureste del nudo vial, Maipú también tiene un impacto considerable en el tráfico del área debido a su tamaño y a su papel como un importante centro comercial y residencial. La conexión entre Maipú y el nudo vial facilita el acceso a los servicios y a la terminal, contribuyendo al flujo vehicular.

La interrelación entre estos departamentos y el nudo vial se manifiesta en la forma en que el tráfico se distribuye y se concentra en el área. Las principales vías de acceso, como la Avenida San Martín, que es una arteria clave que conecta el nudo vial con varios departamentos, suelen experimentar congestiones debido al alto volumen de vehículos provenientes de estas áreas.

A continuación, se calcula la densidad poblacional de los departamentos que más afectan nuestra zona de estudio. Se observa que los departamentos de Capital y Guaymallén cuentan con la mayor cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado, los cuales inciden de manera directa a la intersección. Es interesante destacar el caso del departamento de Las Heras, que, a pesar de tener una gran cantidad de habitantes, presenta una densidad poblacional baja en comparación con otros departamentos debido a su extensa superficie.

Departamentos	Densidad [hab/km ²]
Capital	2355
Guaymallén	1963
Maipú	356
San Martín	93
Las Heras	26

Tabla 2: Densidad poblacional

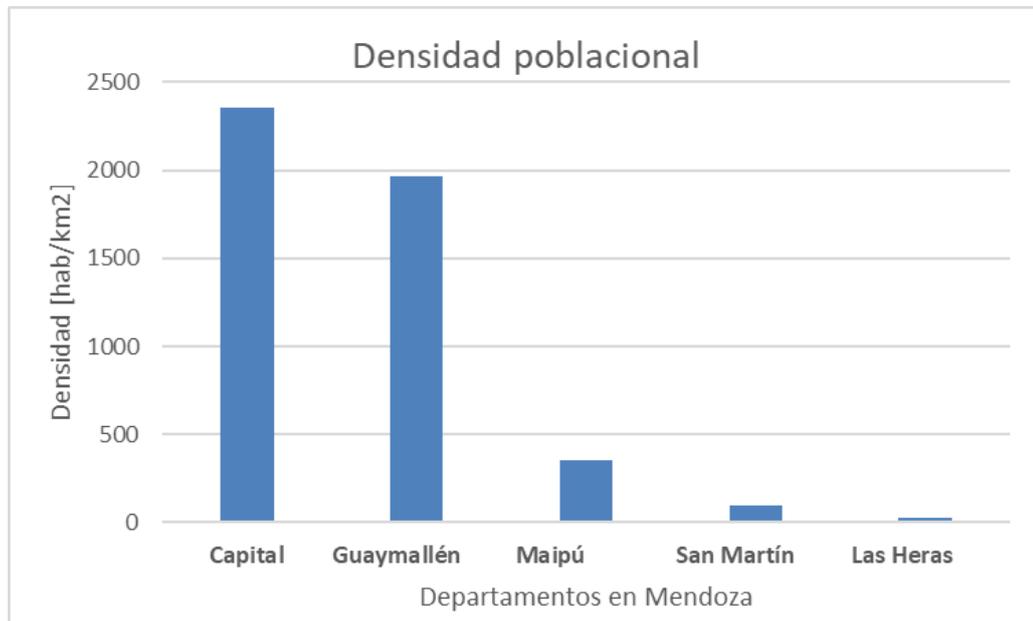


Figura 21: Densidad poblacional

En resumen, el tráfico en el nudo vial de Mendoza es una cuestión compleja que involucra una alta densidad de vehículos debido a la ubicación estratégica de la terminal de ómnibus y la influencia de los departamentos circundantes, que aportan una gran cantidad de tráfico a las vías que convergen en este punto.

Además, de forma ilustrativa, se adjuntan los siguientes mapas de la Provincia de Mendoza que muestran la cantidad de habitantes y la densidad [hab/km²] en cada departamento en el año 2010:

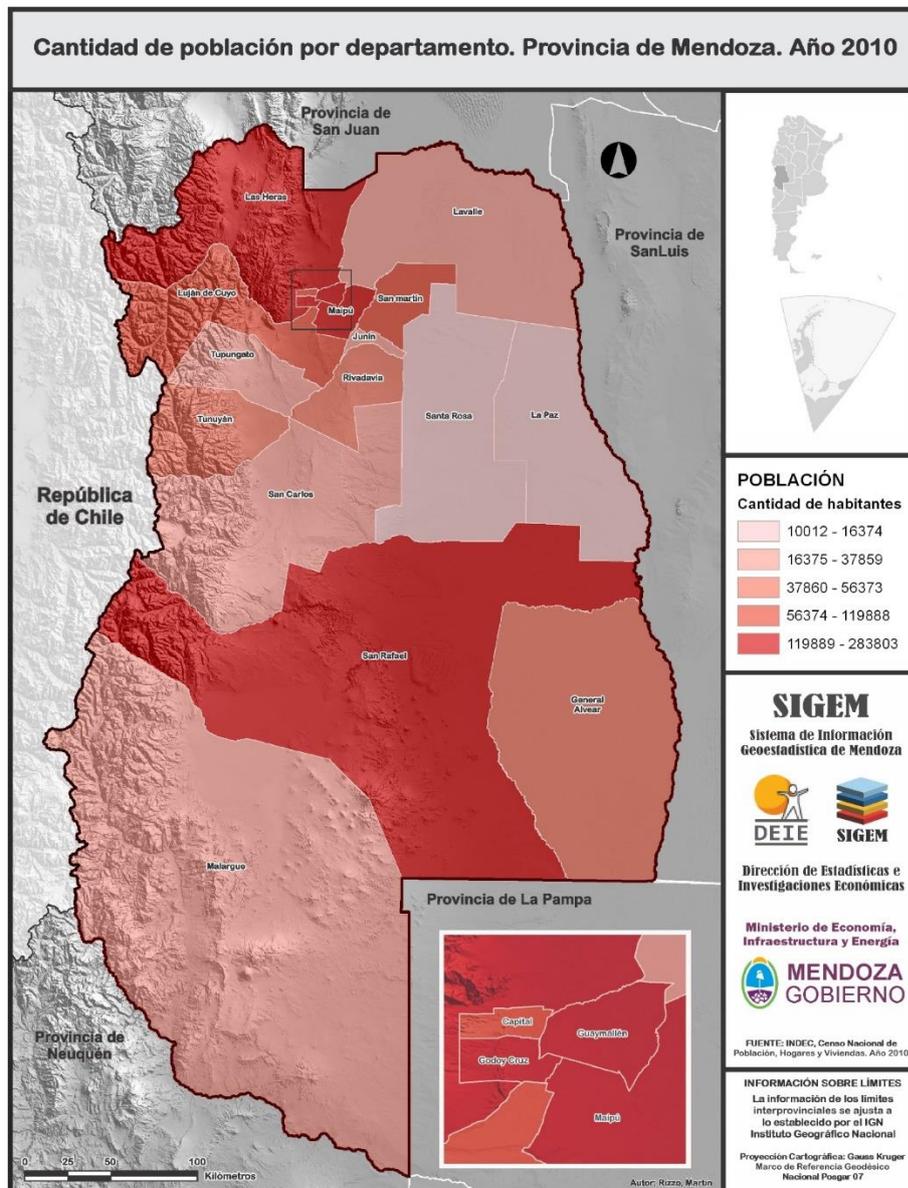


Figura 22: Cantidad de habitantes en Mendoza (año 2010)

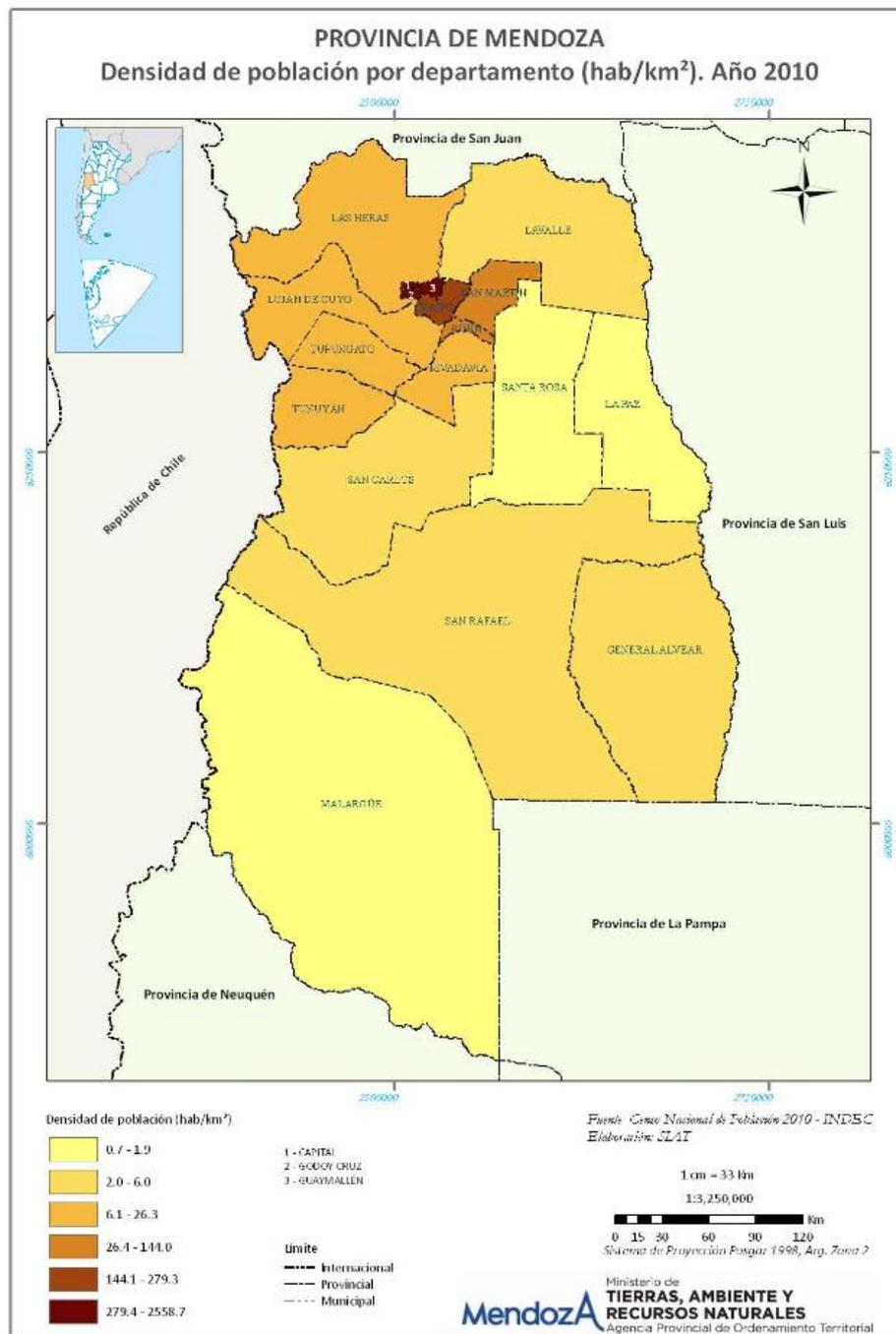


Figura 23: Densidad poblacional de Mendoza (año 2010)

Estos antecedentes proporcionan una visión integral de las múltiples facetas y complejidades implicadas en la planificación y ejecución de una obra de infraestructura vial de gran envergadura, como el Nudo de Intersección Avenida Costanera. Tener en cuenta estos antecedentes es crucial para garantizar el éxito de proyectos de

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

infraestructura vial. Proporcionan una base sólida para la toma de decisiones informadas, la gestión eficaz de recursos y la mitigación de riesgos, contribuyendo así al desarrollo de proyectos sostenibles y eficientes.

2. ANÁLISIS DEL TRÁNSITO

2.1. Censo de tránsito (de cobertura):

Para alcanzar las metas propuestas en esta investigación, se llevó a cabo un censo de tránsito actualizado. La recolección de datos se realizó mediante la observación directa, con el fin de cuantificar y describir el comportamiento del tránsito vehicular sin influir sobre él. La zona de estudio se delimitó de acuerdo con los sentidos de circulación y giros. El trabajo de campo contó con la participación de 16 personas, quienes realizaron el conteo de vehículos en diferentes momentos del día, en intervalos de media hora durante las horas pico: a las 08:00hs, 13:00hs, y 18:00hs, que son los horarios donde se presentan mayores conflictos. Cabe aclarar que el censo se realizó en días hábiles para reflejar patrones de tráfico más consistentes y regulares en comparación con los fines de semana, ya que la mayoría de las personas sigue una rutina diaria de trabajo o estudio, lo que permite obtener datos más representativos del tráfico habitual.

A continuación, se identifican los movimientos contabilizados en dicho censo, junto con sus respectivas denominaciones:

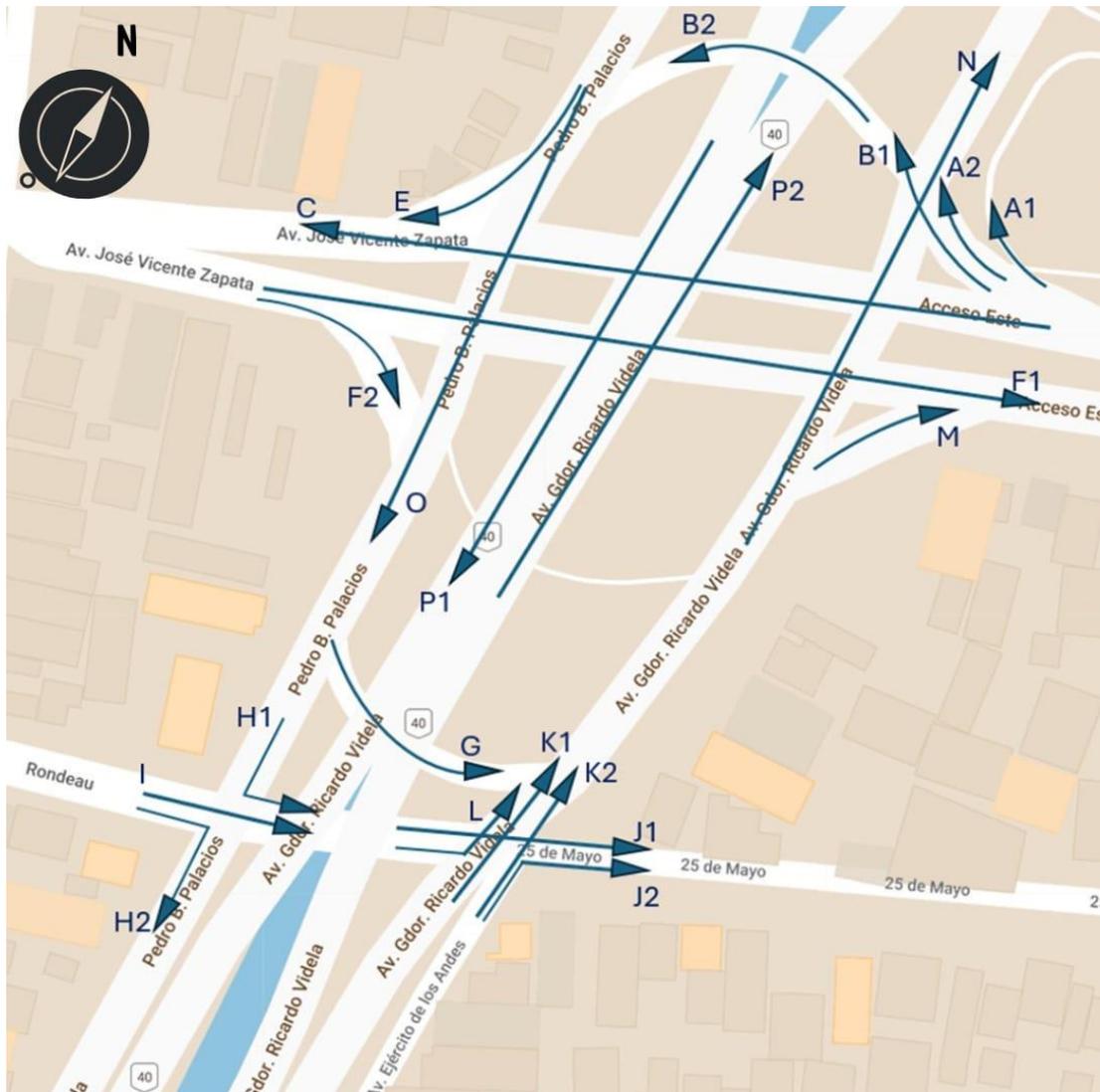


Figura 24: Identificación de movimiento contabilizados

Se diseñó la planilla para el registro manual, contabilizándose los vehículos y clasificándolos en cinco tipologías:

- Vehículos livianos
- Motos
- Vehículos pesados
- Peatones.

A continuación, se adjunta dicha planilla la cual fue entregada a cada persona que participó del censo:

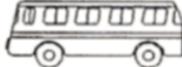
CONTEO VEHICULAR						
ESTACION:			PLANILLA N°:			
FECHA:			RESPONSABLE:			
INTERVALO DE TIEMPO (h:min)	LIVIANO	MOTO	PESADOS	BUSES	PEATONES	TOTAL
00:00 - 00:00						
TOTAL:						
OBSERVACIONES:						

Figura 25: Planillas de registro para conteo vehicular.

2.1.1. Resultados del censo

Para realizar un análisis más efectivo de los movimientos presentados anteriormente, se agrupan según sus direcciones en seis "Centroides" de origen/destino. Esta clasificación permite comprender de manera más global el comportamiento vehicular entre los diferentes puntos de la ciudad. Además, esta agrupación se realiza para facilitar el ingreso de datos en el software "Aimsun Next", cuya aplicación se explicará más adelante. A continuación, se identifican los centroides creados:

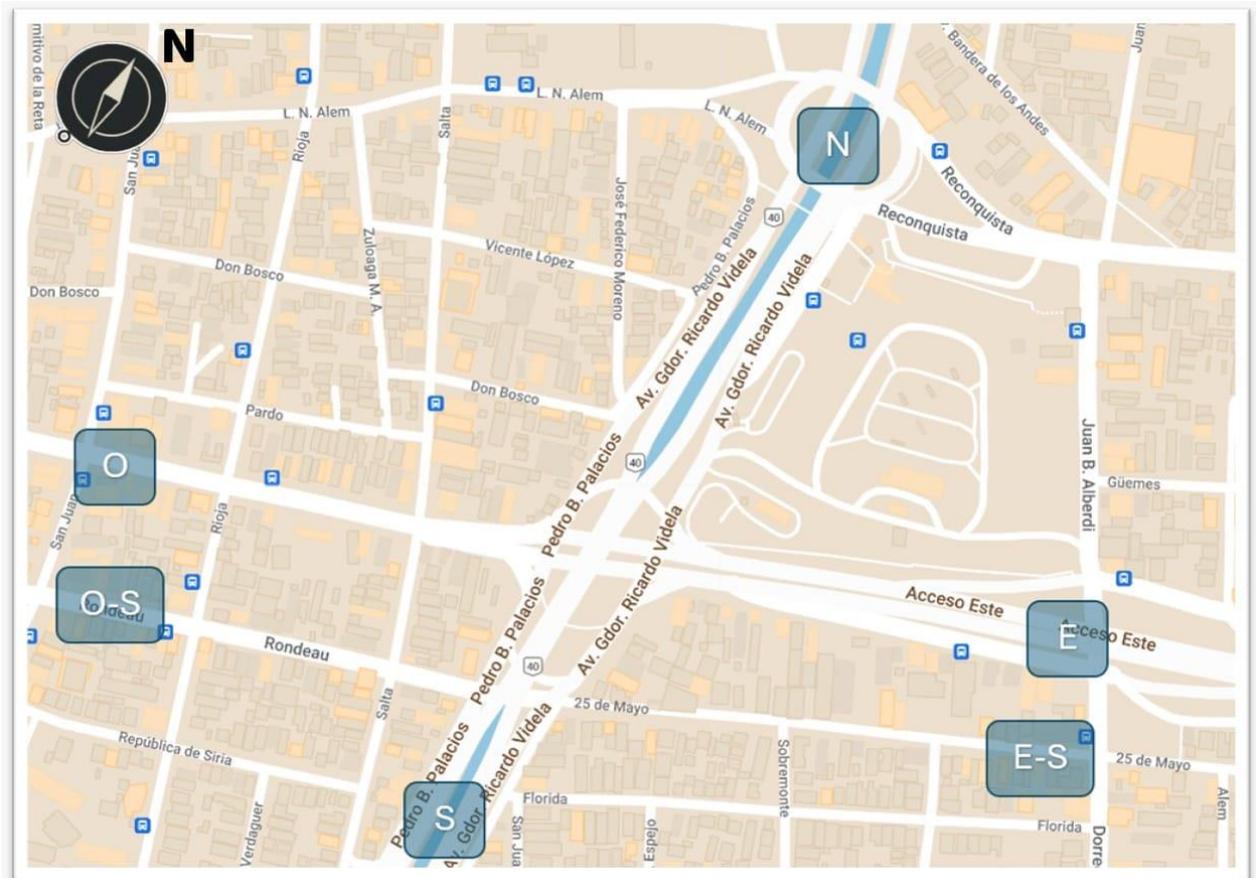


Figura 26: Identificación y ubicación de centroides

Ubicación centroides:

“N”: Ubicado en Costanera y Reconquista.

“S”: Ubicado en el Acceso Sur y Adolfo Calle.

“E”: Ubicado en el Acceso Este y Alberdi.

“ES”: Ubicado en las calles 25 de mayo y Sobremonte.

“O”: Ubicado en las calles Vicente zapata y Sanjuan.

“OS”: Ubicado en las calles Rondeau y Sanjuan.

A continuación, se presentan las tablas correspondientes al censo realizado a las 8:00hs, el cual es el horario más desfavorable en términos de congestión vehicular. Estas tablas muestran los datos obtenidos, incluyendo automóviles, camiones, motos y buses, que se desplazan desde cada punto de origen hacia los distintos



destinos. Se incluyen también las sumatorias por cada dirección y el total general. Las tablas correspondientes a los horarios restantes (13:00hs y 18:00hs) serán adjuntadas en el “Anexo”.

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		1100	2094	216		3410
1456: N	656		378	1770	34	2838
1461: O	854	10		68	2	934
1464: OS	438	292		308	178	1216
1466: S	986	1284	52		80	2402
Total	2934	2686	2524	2362	294	10800

Tabla 3: Datos ingresados en software “Aimsun” – Horario 8:00hs – Dia: jueves – Vehículos: AUTOS

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		76	6	6		88
1456: N	63		8	6	3	80
1461: O	6					6
1464: OS	4	2		4		10
1466: S	17	4	1			22
Total	90	82	15	16	3	206

Tabla 4: Datos ingresados en software “Aimsun” – Horario 8:00hs – Dia: jueves – Vehículos: CAMIONES

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		128	12			140
1456: N	48		10	2	2	62
1461: O	18	1		7		26
1464: OS	50	34		80	2	166
1466: S	42		2			44
Total	158	163	24	89	4	438

Tabla 5: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 8:00hs – Día: jueves – Vehículos: BUSES

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		94	14	38		146
1456: N	44		38	214	2	298
1461: O	6	1		3		10
1464: OS	19	13		26	2	60
1466: S	46	104	2		2	154
Total	115	212	54	281	6	668

Tabla 6: Datos ingresado en software "Aimsun" – Horario 8:00hs – Día: jueves – Vehículos: MOTOS

2.2. Cálculo del tránsito futuro para cada dirección

2.2.1. Contador permanente en la ruta 007

Se quiere determinar el valor estimado del TMDA y calcular la proyección del tránsito futuro, para cada dirección.

En los tramos en que se tienen puestos permanentes de conteo de tránsito, el TMDA se obtiene como la suma del tránsito anual dividido la cantidad de días considerados para el cálculo:

$$TMDA = \frac{\sum V_D}{\text{días censados}}$$

Dado que en la zona de estudio no existe un contador permanente que permita determinar el TMDA de forma directa, se ha optado por utilizar el contador más cercano, situado en una zona socioeconómicamente homogénea. Este contador, se encuentra en el tramo de la ruta 007: GUAYMALLEN - B/N R.N.40 (P.SUP.), proporciona una base adecuada para estimar el TMDA de la zona de estudio.

Se obtiene la serie histórica de los TMDA para el tramo que abarca los datos desde el año 2016 hasta el 2023. Esta serie permite observar las tendencias y variaciones en el flujo vehicular a lo largo de los años:



Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
TMDA	91893	91342	90766	90366	70000	98000	110790	100453

Tabla 7: Serie historia 2016 – 2023

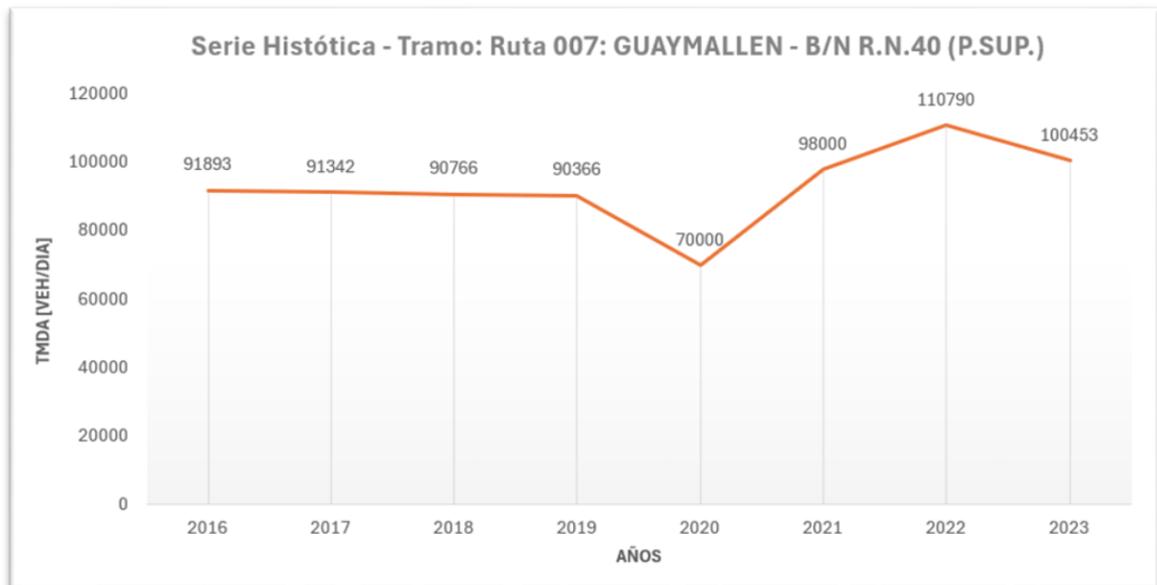


Figura 27: Serie histórica

Se observa una clara caída del TMDA en el año 2020, lo cual se atribuye a la pandemia de COVID-19. Durante este período, las medidas de cuarentena y restricciones de movilidad redujeron significativamente el tráfico, reflejándose en los datos de ese año. Este descenso es un recordatorio del impacto que eventos globales pueden tener en la dinámica del tránsito, y subraya la importancia de considerar estos factores en la planificación vial.

Después del 2020, se observa una clara tendencia positiva en el TMDA, con un aumento constante hasta el 2022. Este crecimiento refleja la recuperación gradual del tráfico tras el período de cuarentena.

A continuación, comienza el proceso para calcular el TMDA estimado en todas las direcciones (origen/destino) de los conteos actuales del censo de cobertura.

2.2.2. Cálculo de volúmenes equivalentes

Para proceder, primero se calcula un volumen equivalente en vehículos livianos:

$$V_e = \frac{V_{vph}}{FHP * N * f_{vp} * f_p}$$

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

Donde:

V_{vph} : volumen de vehículos por hora (autos + motos).

N : número de carriles.

FHP : factor de hora pico (se supone 0,85).

fp : se supone 1 para conductores habituales.

f_{vp} : factor de vehículos pesados.

$$f_{vp} = \frac{1}{1 + Pc * (Ec - 1) + Pr * (Er - 1)}$$

Para el cálculo del porcentaje de camiones, denominado “Pc”, se considerarán tanto los buses como los camiones en conjunto. Esta agrupación es relevante porque ambos tipos de vehículos pesados tienen un impacto similar en la capacidad vial y el desgaste de la infraestructura, por lo que su inclusión conjunta en el análisis proporciona una medida más precisa del tráfico pesado en el área de estudio.

$$Pc [\%] = \frac{Camiones + Buses}{Total\ veh\ic\ulos\ mixtos} * 100$$

Para el cálculo de los factores “Ec” y “Er”, se utilizará la tabla proporcionada por el Highway Capacity Manual (HCM) 2010. Estos factores son fundamentales para ajustar los volúmenes de tráfico y considerar adecuadamente el impacto de los vehículos pesados, como camiones y autobuses, en la capacidad vial.

- Factor “Ec”: Corresponde al ajuste por el porcentaje de camiones y autobuses (Pc) en la vía.
- Factor “Er”: Corresponde al ajuste por la pendiente de la carretera.

Tipo de veh\ic\ulo	Tipo de terreno		
	Llano	Ondulado	Montañoso
Camiones y omnibus, Ec	1.5	2.5	4.5
Recreacionales, Er	1.2	2	4

Tabla 8: Equivalentes para tramos generales

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N° 6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	----------------------------

Dado que no se consideran vehículos recreacionales en este análisis, el factor de conversión “Ec” utilizado es 1.5. Este valor se aplica para ajustar la capacidad vial en función del porcentaje de vehículos pesados, incluyendo camiones y autobuses, pero excluyendo vehículos recreacionales como autocaravanas y vehículos de ocio.

Mas adelante podrá observarse que, cuando el porcentaje de vehículos pesados es bajo, el tránsito futuro disminuye, y viceversa.

En el apartado de “Planillas” de este documento, se presentarán los resultados de los volúmenes equivalentes de los censos realizados.

2.2.3. Obtención de factores fhp, fdm y fm

A partir de los datos obtenidos del contador permanente antes mencionado, se obtienen los factores de ajuste necesarios para la estimación. Estos factores deben aplicarse teniendo en cuenta los días y meses en los que se realizaron los censos, ya que pueden influir en los resultados debido a variaciones estacionales o eventos especiales.

Con respecto a nuestros censos vehiculares, se tiene:

- Censo N°1: 8:00hs – Jueves - 05/10/2023
- Censo N°2: 13:00hs – Martes - 03/10/2023
- Censo N°3: 18:00hs – Miércoles - 08/10/2023

Se utiliza el año 2019 como referencia, ya que los años posteriores no son representativos debido a la variación en el volumen vehicular provocada por la pandemia de Covid-19.

A continuación, se presenta la obtención factores a utilizar para los 3 censos:

- Factor de ajuste horario (*fhd*)
- Factor de ajuste diario mensual (*fdm*)
- Factor de ajuste mensual (*fm*)

2.2.3.1. Factor de ajuste horario diario - *fhd*

Expresión de cálculo:

$$F_{(hora,día,mes,año)} = TMD_{(día,mes,año)} / TMH_{(hora,día,mes,año)}$$

$$Peso_{(hora,día,mes,año)} = 100 \times TMH_{(hora,día,mes,año)} / TMD_{(día,mes,año)}$$

Día: jueves	Tipo de Día: Todos	
Ruta: 0007	Año: 2019	Mes: 10
Tramo: 1040190	Prog. Inicio: km: 1037.44	Prog. Fin: km: 1040.31
Descripción: GUAYMALLEN - B/N R.N.40 (P.SUP.)	Distrito: DTO: 4	

Hora	Factor Horario Diario
1	59,1
2	93,1
3	179,0
4	317,0
5	272,6
6	103,5
7	40,4
8	17,8

Figura 28: fhd para jueves 8:00 hs



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

**Grupo N°6
2024**

Expresión de cálculo:

$$F_{(hora,día,mes,año)} = TMD_{(día,mes,año)} / TMH_{(hora,día,mes,año)}$$

$$Peso_{(hora,día,mes,año)} = 100 \times TMH_{(hora,día,mes,año)} / TMD_{(día,mes,año)}$$

Día: martes

Tipo de Día: Todos

Ruta: 0007

Año: 2019

Mes: 10

Tramo: 1040190

Prog. Inicio: km: 1037.44

Prog. Fin: km: 1040.31

Descripcion: GUAYMALLEN - B/N R.N.40 (P.SUP.)

Distrito: DTO: 4

Hora	Factor Horario Diario
1	78,7
2	146,1
3	294,3
4	454,1
5	318,5
6	123,4
7	42,9
8	14,0
9	15,0
10	17,0
11	19,3
12	19,3
13	17,0

Figura 29: fhd para martes 13:00 hs



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N°6
2024

Expresión de cálculo:

$$F \text{ (hora,día,mes,año)} = \text{TMD} \text{ (día,mes,año)} / \text{TMH} \text{ (hora,día,mes,año)}$$

$$\text{Peso} \text{ (hora,día,mes,año)} = 100 \times \text{TMH} \text{ (hora,día,mes,año)} / \text{TMD} \text{ (día,mes,año)}$$

Día: miércoles

Tipo de Día: Todos

Ruta: 0007

Año: 2019

Mes: 10

Tramo: 1040190

Prog. Inicio: km: 1037.44

Prog. Fin: km: 1040.31

Descripción: GUAYMALLEN - B/N R.N.40 (P.SUP.)

Distrito: DTO: 4



Hora	Factor Horario Diario
1	67,7
2	126,5
3	255,7
4	372,4
5	290,3
6	118,8
7	43,0
8	17,1
9	18,1
10	16,0
11	18,6
12	18,6
13	16,4
14	16,7
15	17,8
16	18,0
17	16,3
18	14,6

Figura 30: fhd para miércoles 18:00 hs

2.2.3.2. Factor de ajuste diario mensual - *fdm*

Expresión de cálculo: $F_{(\text{día, mes, año})} = \text{TMDM}_{(\text{mes, año})} / \text{TMD}_{(\text{día, mes, año})}$

Ruta: 0007	Año: 2019	Mes: 10	Tipo de Día: Todos
Tramo: 1040190	Prog. Inicio: km: 1037.44		Prog. Fin: km: 1040.31
Descripción: GUAYMALLEN - B/N R.N.40 (P.SUP.)			Distrito: DTO: 4

Día	Factor Diario Mensual
Lunes	1,050
Martes	0,978
Miercoles	0,961
Jueves	0,932
Viernes	0,862
Sabado	1,018
Domingo	1,251

Figura 31: fdm para martes – miércoles - jueves

2.2.3.3. Factor de ajuste mensual – *fm*

Expresión de cálculo: $F_{(mes,año)} = \frac{TMDA_{(año)}}{TMDM_{(mes,año)}}$

Ruta: 0007	Año: 2019	Tipo de Día: Todos
Tramo: 1040190	Prog. Inicio: km: 1037.44	Prog. Fin: km: 1040.31
Descripción: GUAYMALLEN - B/N R.N.40 (P.SUP.)		Distrito: DTO: 4

Mes	Factor Mensual
1	1,120
2	1,031
3	0,972
4	0,971
5	0,987
6	1,018
7	1,008
8	0,976
9	0,994
10	0,971
11	0,989
12	0,989

Figura 32: fm para octubre

2.2.4. Cálculo del TMD, TMDM y TMDA

El TMH es el Tránsito Medio Horario, el cual se obtiene del censo de cobertura. Con los factores obtenidos anteriormente, se calculan el Tránsito Medio Diario (TMD) y el Tránsito Medio Diario Mensual (TMDM), que representan el número promedio de vehículos que pasan por el punto en estudio en un día y en un mes en relación a la cantidad de días de ese mes, respectivamente. Finalmente, se obtiene el TMDA de la siguiente forma:

$$TMD = fhd * TMH$$

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

$$TMDM = f_{dm} * TMD$$

$$TMDA \left[\frac{veh}{día} \right] = f_m * TMDM$$

En el apartado de “Planillas” de este documento, se presentarán los resultados del cálculo del TMD, TMDM y TMDA

2.2.5. Cálculo del tránsito futuro

Luego de obtener el TMDA en cada sentido, se procederá a realizar una estimación del tránsito futuro. Esta estimación es crucial en la planificación y diseño de proyectos de infraestructura vial, ya que permite anticipar y acomodar el aumento en el volumen de tráfico a lo largo del tiempo. Las propuestas de infraestructura no solo deben satisfacer las necesidades actuales, sino que también deben ser eficientes y funcionales en el futuro.

Para realizar esta estimación, se utilizará la fórmula del crecimiento normal del tránsito a lo largo del tiempo. Se realiza, además, una simplificación que consiste en dividir la estimación del TMDA obtenida por 24hs y así obtener los vehículos por hora aproximados. A partir de esto, se obtendrá el tránsito futuro en esas mismas unidades.

$$TF = TAc * (1 + i)^n$$

Siendo:

TAc: tránsito actual (TMDA)

i: tasa normal de crecimiento del tránsito

n: vida útil de la carretera

Se supone una tasa de crecimiento normal “i” del 3% anual y una vida útil “n” de 20 años para el proyecto.

En el apartado de “Planillas” de este documento, se presentarán los resultados del cálculo del Tránsito futuro.

Además, en el “Anexo” se adjuntan las planillas con los valores de tránsito futuro ingresados a “Aimsun Next”.

2.2.6. Planillas

En este apartado se presentarán todos los datos y cálculos obtenidos del censo N°1, realizado el día jueves 05/10/2023. Los resultados correspondientes a los censos N°2 (martes 03/10/2023) y N°3 (miércoles 08/10/2023) se adjuntarán en el anexo. Esto permitirá una comparación exhaustiva entre los diferentes días de censos, facilitando el análisis más detallado de los patrones de tráfico en la zona de estudio.



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N°6
2024

CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS MIXTOS A VEHÍCULOS EQUIVALENTES - 8:00 AM - Jueves																				
CENTROIDES	Seccion memoria	E-N	E-O	E-S	N-E	N-O	N-S	N-ES	O-E	O-N	O-S	O-ES	OS-E	OS-N	OS-S	OS-ES	S-E	S-N	S-O	S-ES
Automoviles	[3.1.1]	1100	2094	216	656	378	1770	34	854	10	68	2	438	292	308	178	985	1284	52	80
Camiones		76	6	6	63	8	6	3	6	0	0	0	4	2	4	0	17	4	1	0
Buses		128	12	0	48	10	2	2	18	1	7	0	50	34	80	2	42	0	2	0
Motos		94	14	38	44	38	214	2	6	1	3	0	19	13	26	2	46	104	2	2
Total vehiculos mixtos [veh/h]		1396	2126	260	811	434	1992	41	884	12	78	2	511	341	418	182	1091	1392	57	82
P.C [%]	[3.2.2]	14.6	0.8	2.3	13.7	4.1	0.4	12.2	2.7	8.3	9.0	0.0	10.6	10.6	20.1	1.1	5.4	0.3	5.3	0.0
FVP [adim]		0.1	0.7	0.5	0.1	0.3	0.8	0.1	0.4	0.2	0.2	1.0	0.2	0.2	0.1	0.6	0.3	0.9	0.3	1.0
V.E. [veh/h]		4546	1187	220	2495	523	936	114	617	24	168	1	1259	840	1811	111	1585	624	61	32
TMD [veh/dia]	[3.2.4]	77775	20292	3755	42656	8946	16040	1951	13975	416	2870	13	21533	14357	30968	1891	27098	10676	1388	550
TMDM [veh/dia]		72408	18892	3496	39713	8328	14934	1817	13011	387	2672	12	20047	13367	28831	1761	25229	9939	1292	512
TMDA [veh/dia]		70309	16344	3395	38561	8067	14501	1764	12633	376	2595	12	19465	12979	27995	1710	24497	9651	1255	497
T.F [veh/h]	[3.2.5]	5291	1380	255	2902	609	1091	133	951	28	195	1	1465	977	2107	129	1844	726	94	37

CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS MIXTOS A VEHÍCULOS EQUIVALENTES - 13:00 AM - Martes																				
Horario	Seccion memoria	E-N	E-O	E-S	N-E	N-O	N-S	N-ES	O-E	O-N	O-S	O-ES	OS-E	OS-N	OS-S	OS-ES	S-E	S-N	S-O	S-ES
Automoviles	[3.1.1]	900	1614	134	840	276	1532	44	1224	16	109	3	338	226	362	188	965	897	51	80
Camiones		48	8	0	141	4	20	7	4	0	0	0	2	2	0	6	44	8	2	0
Buses		98	10	0	29	0	0	1	14	2	12	0	35	24	78	0	40	0	2	0
Motos		88	104	18	55	40	130	3	50	3	22	1	50	34	40	42	67	94	3	2
Total vehiculos mixtos [veh/h]		1134	1736	152	1065	320	1662	55	1292	21	143	4	425	286	480	236	1116	969	58	82
P.C [%]	[3.2.2]	12.9	1.0	0.0	16.0	1.3	1.2	14.5	1.4	9.5	8.4	0.0	8.7	9.1	16.3	2.5	7.5	0.8	6.9	0.0
FVP [adim]		0.1	0.7	1.0	0.1	0.6	0.6	0.1	0.6	0.2	0.2	1.0	0.2	0.2	0.1	0.4	0.2	0.7	0.2	1.0
V.E. [veh/h]		3307	1034	80	3751	704	1052	178	860	47	291	2	892	622	1718	210	2085	549	101	32
TMD [veh/dia]	[3.2.4]	56227	17573	1013	63767	3467	17880	3033	14813	807	4953	27	15167	10573	29200	3573	35440	9327	1720	547
TMDM [veh/dia]		54990	17187	991	62364	3390	17467	2967	14292	789	4844	26	14803	10341	26558	3495	34660	9121	1682	535
TMDA [veh/dia]		53395	16688	962	60555	3292	16980	2881	13877	766	4704	25	14403	10041	27729	3393	33655	8857	1633	519
T.F [veh/h]	[3.2.5]	4018	1256	72	4557	248	1278	217	1044	58	354	2	1084	756	2087	255	2533	667	123	39

CONVERSIÓN DE VEHÍCULOS MIXTOS A VEHÍCULOS EQUIVALENTES - 18:00 AM - Miercoles																				
Horario	Seccion memoria	E-N	E-O	E-S	N-E	N-O	N-S	N-ES	O-E	O-N	O-S	O-ES	OS-E	OS-N	OS-S	OS-ES	S-E	S-N	S-O	S-ES
Automoviles	[3.1.1]	1314	1766	196	844	268	1420	44	1048	9	56	1	355	237	320	188	906	1180	48	66
Camiones		40	4	0	36	0	0	2	2	0	0	0	2	2	4	1	11	4	1	0
Buses		116	18	0	32	4	0	2	20	1	7	0	47	31	66	3	38	0	2	0
Motos		70	128	10	63	32	132	3	62	2	12	0	41	27	18	30	74	134	4	12
Total vehiculos mixtos [veh/h]		1540	1916	208	975	304	1552	51	1132	12	75	1	445	297	408	222	1031	1318	55	80
P.C [%]	[3.2.2]	10.1	1.1	0.0	7.0	1.3	0.0	7.8	1.9	8.3	9.3	0.0	11.0	11.1	17.2	1.8	4.8	0.3	5.5	0.0
FVP [adim]		0.2	0.6	1.0	0.2	0.6	1.0	0.2	0.5	0.2	0.2	1.0	0.2	0.2	0.1	0.5	0.3	0.9	0.3	1.0
V.E. [veh/h]		3663	1183	82	1716	198	609	96	875	24	167	0	1135	764	1533	165	1365	595	80	31
TMD [veh/dia]	[3.2.4]	53476	17268	1191	25049	2886	1437	12779	355	2433	6	16575	11148	22375	2416	19930	8691	1174	458	
TMDM [veh/dia]		51391	16595	1144	24072	2773	8539	1361	12281	341	2338	6	15929	10713	21503	2322	19153	8352	1128	440
TMDA [veh/dia]		49900	16113	1111	23374	2693	8292	1341	11925	331	2271	5	15467	10402	20879	2255	18598	8110	1099	427
T.F [veh/h]	[3.2.5]	3755	1213	84	1759	203	624	101	897	25	171	0	1164	783	1571	170	1400	610	82	32

Tabla 9:Recopilación de datos y cálculos del apartado 2.2

2.3. Comparación tránsito de tránsito actual y futuro

Se realizó la sumatoria de todos los vehículos equivalentes de cada dirección para obtener un volumen equivalente total actual en cada horario. Además, se realizó la sumatoria de todos los volúmenes de tránsito futuro de cada dirección para obtener un volumen de tránsito futuro total en cada horario. Finalmente, se compararán estos resultados y así poder conocer la evolución del tránsito en el tiempo en la zona de estudio.

	COMPARACIÓN VE y TF		
	8:00hs	13:00hs	18:00hs
VE (actual) [veh/h]	17377	16995	14283
TF (futuro) [veh/h]	20215	20647	14644

Tabla 10: Comparación de resultados VE y TF

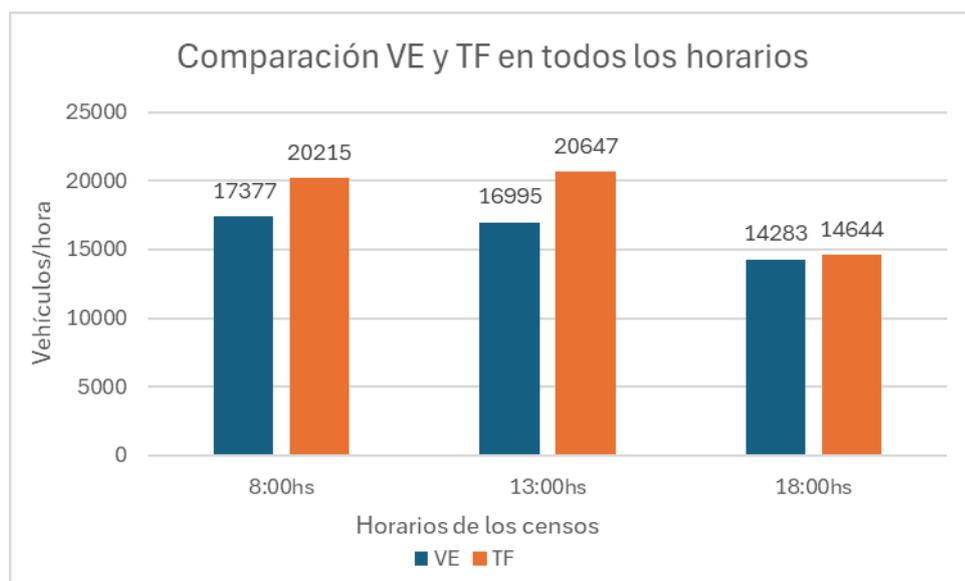


Figura 33: Gráfico de comparación de VE y TF

2.4. Censo de origen y destino peatonal

A partir del censo vehicular y peatonal, se obtuvieron datos valiosos sobre el flujo de peatones en las intersecciones. Se identificó que el mayor flujo peatonal ocurre en el cruce del acceso este, donde aproximadamente pasan 81 personas cada 30 minutos. Este descubrimiento motivó un estudio más detallado de esta intersección, por lo que se llevó a cabo un censo de origen y destino peatonal durante los mismos horarios que se realizó el censo anterior, es decir en los horarios pico (8:00hs, 13:00hs, 18:00hs).

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

Con el objetivo de no confundir ni retrasar a los peatones, se diseñó una encuesta breve y con preguntas de fácil respuesta. Las preguntas planteadas fueron las siguientes:

1. ¿Utiliza con frecuencia la senda peatonal?
2. ¿Estaría dispuesto/a a utilizar la pasarela peatonal?
3. En caso de que la pasarela incluyera una escalera mecánica, ¿la utilizaría?
4. ¿Cuál es su dirección habitual? (Norte-Sur / Este-Oeste)

Se encuestaron 100 personas y se recopilaron los datos manualmente en planillas de papel, luego se procedió a su posterior digitalización para facilitar su análisis. A continuación, se presenta la tabla que resume las respuestas proporcionadas por los peatones:

TABLA RESUMEN

<i>Pregunta</i>	<i>¿Frecuentas la senda peatonal?</i>		<i>¿Usarías la pasarela?</i>		<i>¿Y si tiene escalera mecánica?</i>		<i>¿Qué dirección frecuentas?</i>		
	<i>SI</i>	<i>NO</i>	<i>SI</i>	<i>NO</i>	<i>SI</i>	<i>NO</i>	<i>N-S</i>	<i>E-O</i>	<i>Ambas</i>
TOTAL:	83	17	75	8	76	7	54	14	15
Probabilidad:	83.0%	17.0%	90.4%	9.6%	91.6%	8.4%	65.1%	16.9%	18.1%

Tabla 11: Tabla resumen del censo de OyD peatonal

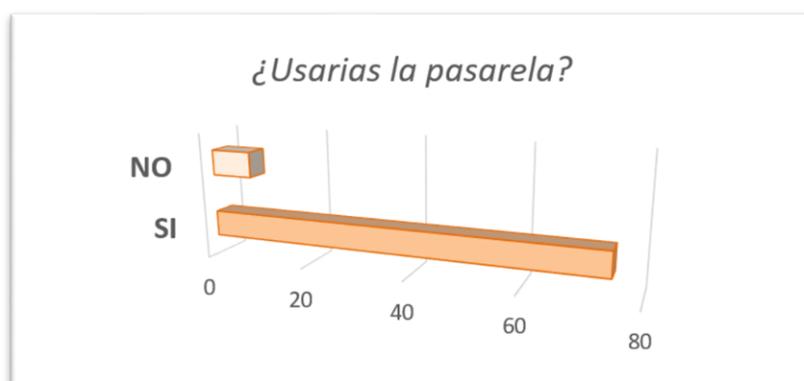


Figura 34: Ilustración con diagrama de barras de las personas que usarían (o no) la pasarela

La mayoría de las personas (83%) frecuentan la senda peatonal, lo que indica una alta tasa de uso de este tipo de infraestructura. Un notable 90.4% de los encuestados está dispuesto a usar una pasarela, mientras que solo el 9.6% no la usaría. Este dato refleja una actitud positiva hacia las pasarelas, probablemente debido a su capacidad para mejorar la seguridad peatonal al separar el tráfico de vehículos y peatones. La aceptación general de las pasarelas sugiere que los peatones están dispuestos a cambiar su ruta si esto les proporciona una mayor seguridad y eficiencia en sus desplazamientos. La disposición a usar una pasarela aumenta ligeramente a un 91.6% si esta cuenta con una escalera mecánica, con solo el 8.4% de los encuestados siguen rechazando esta opción. Este incremento, aunque pequeño, indica que la inclusión de comodidades adicionales, como escaleras mecánicas, puede hacer que las pasarelas sean aún más atractivas. Esto es especialmente relevante para personas con movilidad reducida, ancianos o aquellos que llevan cargas pesadas, quienes pueden encontrar en las escaleras mecánicas un alivio significativo.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

La dirección Norte-Sur es la más frecuentada, según el 65.1% de los encuestados. La alta frecuencia en esta dirección puede estar relacionada con la distribución de residencias, lugares de trabajo, centros educativos y comercios en estas áreas, lo que genera un mayor volumen de tráfico peatonal. Por lo tanto, existe una necesidad clara de mejorar la infraestructura en esta ruta específica para atender adecuadamente el flujo vehicular y peatonal. Además, se ha identificado un sentimiento general de insatisfacción con la situación actual. La mayoría de los encuestados expresó su apoyo a la idea de construir un paso a nivel superior o inferior en la zona para facilitar el cruce peatonal.

3. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS

Como resultado de los datos obtenidos, se evaluaron diversas alternativas para reducir el congestionamiento vial, llegando a la conclusión de incluir la pasarela para cruce peatonal en sentido norte – sur en las 3 alternativas que se plantearán a continuación para solucionar la problemática tratada:

- Alternativa N°1: Cierre de las calles Avenida Gobernador Ricardo Videla y Pedro B. Palacios.
- Alternativa N°2: Implementación de semáforos inteligentes.
- Alternativa N°3: Diseño de una rotonda moderna.

Estas alternativas fueron evaluadas tanto técnica como económicamente, con el fin de realizar una comparativa que permita seleccionar la solución más adecuada, o una combinación de ellas, para resolver efectivamente el conflicto.

Se dará comienzo con la explicación y análisis del paso a sobre nivel planteado para incluirlo en las 3 alternativas.

3.1. Pasarela - paso sobre nivel.

Para abordar esta situación, se ha considerado la construcción de un cruce elevado. El proyecto que se pretende llevar a cabo consiste en una pasarela peatonal que conecte el paso peatonal en dirección Norte-Sur y Sur-Norte, con esto y algunas modificaciones en el tránsito evitaríamos la interrupción del flujo vehicular que viene desde el acceso este al ingreso de la ciudad y viceversa, con esto se podría eliminar los semáforos en la intersección que existen actualmente.

3.1.1. Ubicación pasarela:

A través de las imágenes presentadas a continuación, se busca proporcionar una visión integral del estado actual del sitio donde se llevará a cabo la construcción de los accesos al ascensor y la pasarela peatonal. La disposición



de los accesos se ha seleccionado cuidadosamente para minimizar la distancia que deben recorrer los peatones, quienes en su mayoría provienen tanto de McDonald's como de la terminal.



Figura 35: Localización pasarela



Figura 36: Localización accesos pasarela

3.1.2. Diseño.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

El diseño de esta pasarela ha sido cuidadosamente planificado, teniendo en cuenta las especificaciones de vialidad nacional que permite la circulación libre de vehículos pesados, los cuales tienen una altura máxima de 4,30 metros.

Para garantizar la seguridad, se ha decidido establecer una altura de galibo de 5,20 metros, superando así el estándar establecido y evitando cualquier riesgo de accidentes. Además, se instalará cartelería indicativa con la altura máxima permitida para una mayor precaución por parte de los conductores.

La pasarela tendrá una longitud de 45 metros y se prevé la instalación de una pilastra intermedia en la división del acceso este, garantizando así la estabilidad y resistencia necesarias para el cruce elevado.

Este enfoque proporcionará una solución segura y eficiente para facilitar el paso de peatones y vehículos en la intersección, contribuyendo a mejorar la movilidad y la seguridad vial en la zona.

En lo que respecta al conjunto estructural, consta de dos elementos principales: el tablero, destinado al tránsito de peatones y ciclistas, y las escaleras, tanto mecánicas como convencionales.

3.1.3. Construcción y normas.

3.1.3.1. Bases, columnas y tablero

Las bases, columnas y tablero se elaborarán en colaboración con la empresa “Prear”, reconocida por su experiencia en trabajos de construcción prefabricada. Esta elección se debe a su capacidad para un montaje rápido en obra, lo cual es fundamental dado que no es viable interrumpir el tránsito por largos períodos, y mucho menos durante varios días. El montaje se realizará con la ayuda de dos grúas, tal como se muestra a continuación:



Figura 37: Foto izaje de pasarela premoldeada por Prear

El tablero y las columnas se construyen mediante un proceso prefabricado, además el transporte y montaje son realizados por Prear, dicho elementos cuentan con las siguientes características estructurales:

- Hormigón para fundaciones: H-21

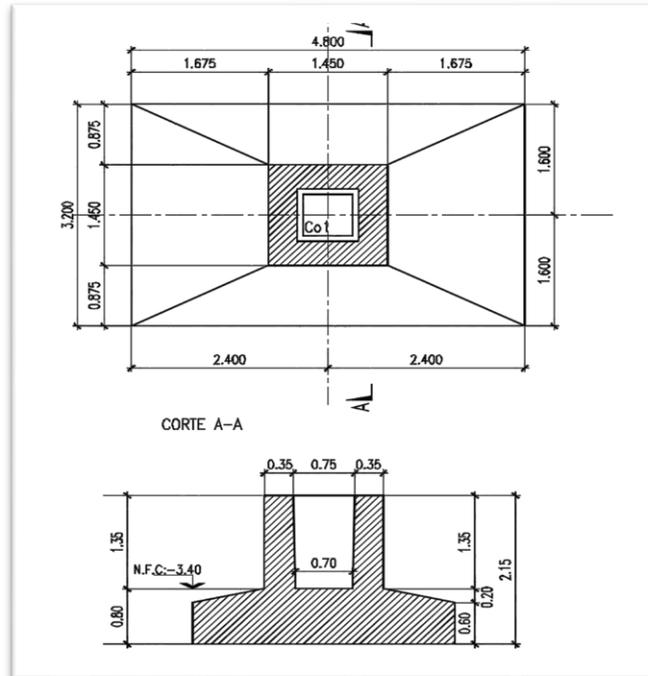


Figura 38: Detalle constructivo de fundaciones.

- Hormigón para columnas premoldeadas: H-30

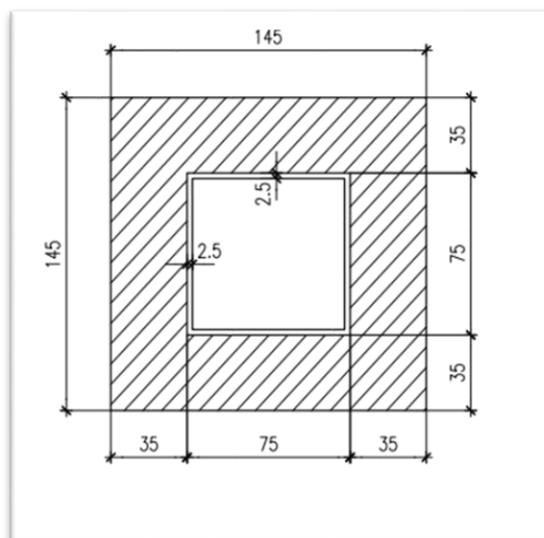


Figura 39: Detalle constructivo de columnas

- Hormigón para tablero pretensado: H-21

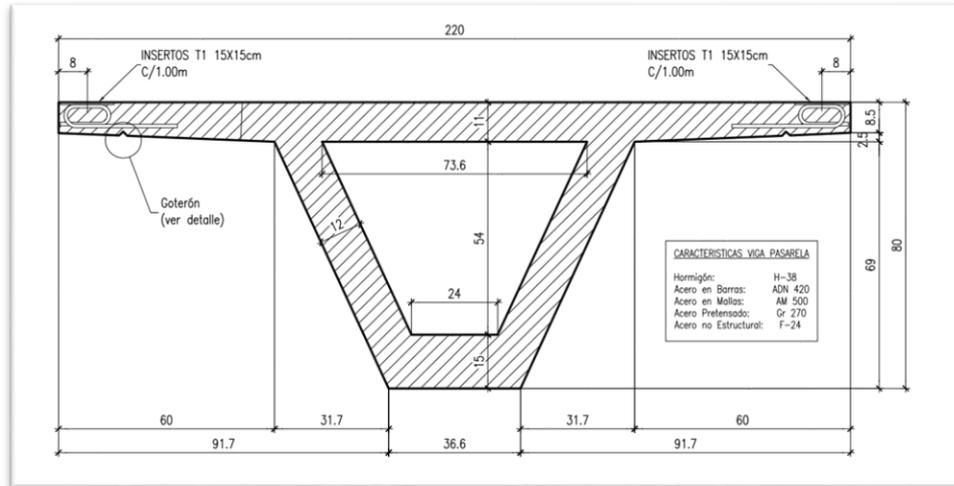


Figura 40: Detalle constructivo de tablero

3.1.3.2. Accesos

Los accesos contarán con dos opciones disponibles: uno con escaleras convencionales y otro con escaleras mecánicas o ascensor, estos dos últimos serán analizados para ver cuál es la opción más conveniente.

- **Ventajas escaleras mecánicas:**

Una alta capacidad de ocupación, al moverse los escalones dejando espacio para que más personas suban mientras otras salen por la parte final.

No genera sensación de claustrofobia porque no se entra en una caja, sino que es un tramo abierto de escaleras, que suben o bajan de forma mecánica.

Sin embargo, el hecho de que estén funciona de manera continua durante todo el tiempo que están activas no contribuye al ahorro energético.

- **Ventajas del ascensor:**

El ascensor es mucho más eficiente y sostenible, ya que sólo consume energía cuando alguien aprieta un botón para ir a otro piso. Otro punto a favor del ascensor es que puede subir o bajar varias plantas, frente a las escaleras eléctricas, que necesitan un tramo diferente para cada piso, además de tener que poner uno de subida y otro de bajada.

Después de analizar las ventajas de ambas opciones, se puede concluir que, para nuestro proyecto con un gran flujo de personas, el acceso más conveniente sería mediante escaleras mecánicas. Aunque los ascensores son más eficientes y sostenibles en términos de consumo de energía, las escaleras mecánicas ofrecen una mayor



capacidad de ocupación, lo que permite un flujo continuo de peatones sin generar congestión. Además, las escaleras mecánicas son una opción más intuitiva y familiar para la mayoría de las personas.

En este caso, la prioridad debe ser garantizar un acceso rápido y eficiente para una gran cantidad de personas, pero es importante considerar el impacto ambiental y la eficiencia energética por lo tanto se colocarán dispositivos que detienen los peldaños de forma automática cuando dejan de pasar personas permiten un ahorro cercano al 30%.

3.1.3.3. Escaleras mecánicas.

Las escaleras mecánicas serán desarrolladas en colaboración con la empresa "Servas", que se compromete a llevar a cabo el diseño innovador concebido para nuestro proyecto. Este diseño no será una escalera mecánica convencional, sino que incluirá características especiales para tener en cuenta a peatones con movilidad reducida.

Esta innovación consiste en la integración de un panel de botones situado en la base del acceso a la escalera. Este panel permitirá agrupar 4 peldaños, formando así una plataforma con un tamaño de 1.6 metros, adecuada tanto para sillas de ruedas como para cualquier tipo de movilidad. La iniciativa sin duda alguna mejorará considerablemente la accesibilidad y la comodidad de estas personas, al tiempo que evitará la necesidad de instalar ascensores o rampas largas con pendientes pronunciadas.

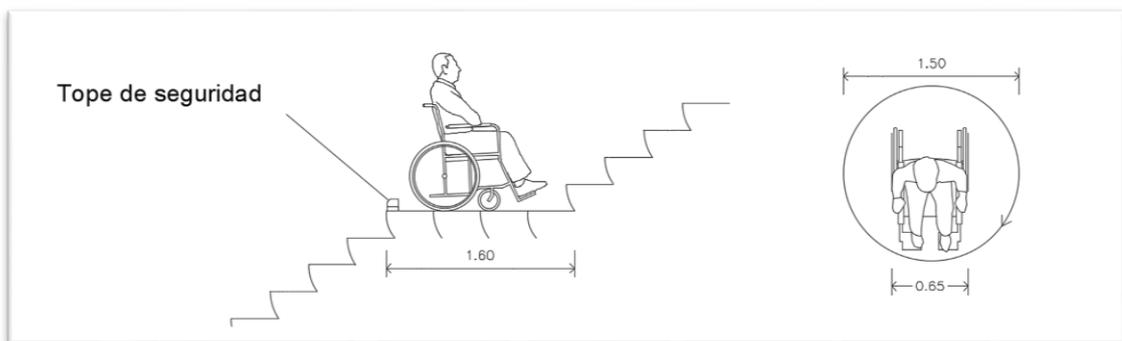


Figura 41: Ilustración acceso para personas con movilidad reducida

- **Diseño escalera mecánica:**

Se adopto un ángulo de 35°, este ángulo logra un equilibrio entre proporcionar una conducción suave y cómoda para los usuarios y mantener un funcionamiento eficiente.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

El ancho de paso de la escalera se adopta de 80cm, es un número que representa comodidad y seguridad para quienes usen la elevación mecánica, también una dimensión mayor será muy costosa

La longitud de una escalera mecánica puede tener un impacto significativo en su precio, cuanto mayor sea la longitud de la escalera mecánica, mayor será el precio, ya que afecta directamente a los materiales necesarios, la complejidad de fabricación, el proceso de instalación y las consideraciones generales de ingeniería. Cabe señalar que la longitud máxima de la escalera mecánica no debe exceder los 50 m.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

Figura 43: Dimensiones escalera convencional

3.1.4. Consideraciones para la pasarela:

- **Jaula de seguridad:**

Se ha considerado la instalación de una jaula de seguridad como medida preventiva para evitar el arrojado de proyectiles hacia abajo y para garantizar la seguridad contra posibles caídas. Se adoptará un diseño similar al de la pasarela para peatones que cruza el Acceso Este a la altura del predio de la Virgen, en Guaymallén, de modo de mantener la misma estética de este. La jaula mencionada cuenta con una malla de alambre de 1" para los laterales y el techo, mientras que el tensado lateral se lleva a cabo con alambres de la misma pulgada. A continuación, se presenta la jaula mencionada:

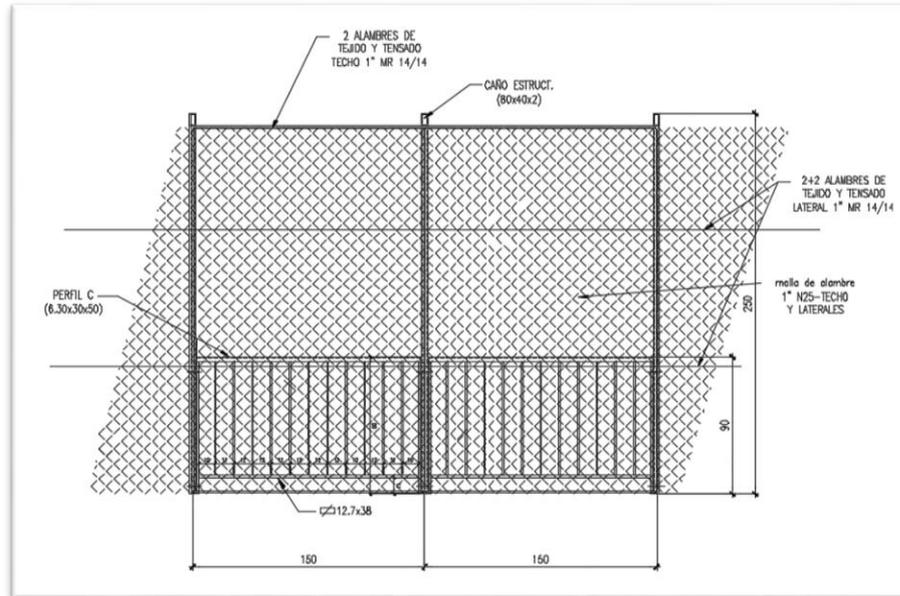


Figura 44: Diseño jaula pasarela



Figura 45: Foto pasarela (Acceso Este del predio de la Virgen)

- **Accesibilidades ciclistas**

Se utilizará una rampa que permitirá a los ciclistas subir y bajar las escaleras cómodamente, lo cual suele ser difícil de lograr sin este tipo de facilidades. La rampa está fabricada en chapa galvanizada, lo que la hace resistente a la corrosión y a la intemperie. Además, lleva integrados varios orificios a intervalos uniformes, lo que garantiza un montaje sencillo. En su interior, la rampa cuenta con una cinta de agarre que evita que la bicicleta se resbale durante su uso.



Figura 46: Fotos cinta para acceso de ciclistas

- **Restricción para peatones:**

Con la construcción de la pasarela, se debe considerar la restricción del paso a nivel, que actualmente consiste en las sendas peatonales, con el fin de evitar accidentes. Dado que no todas las personas son responsables y podrían intentar evitar la pasarela, se instalarán barandas como medida de seguridad adicional.

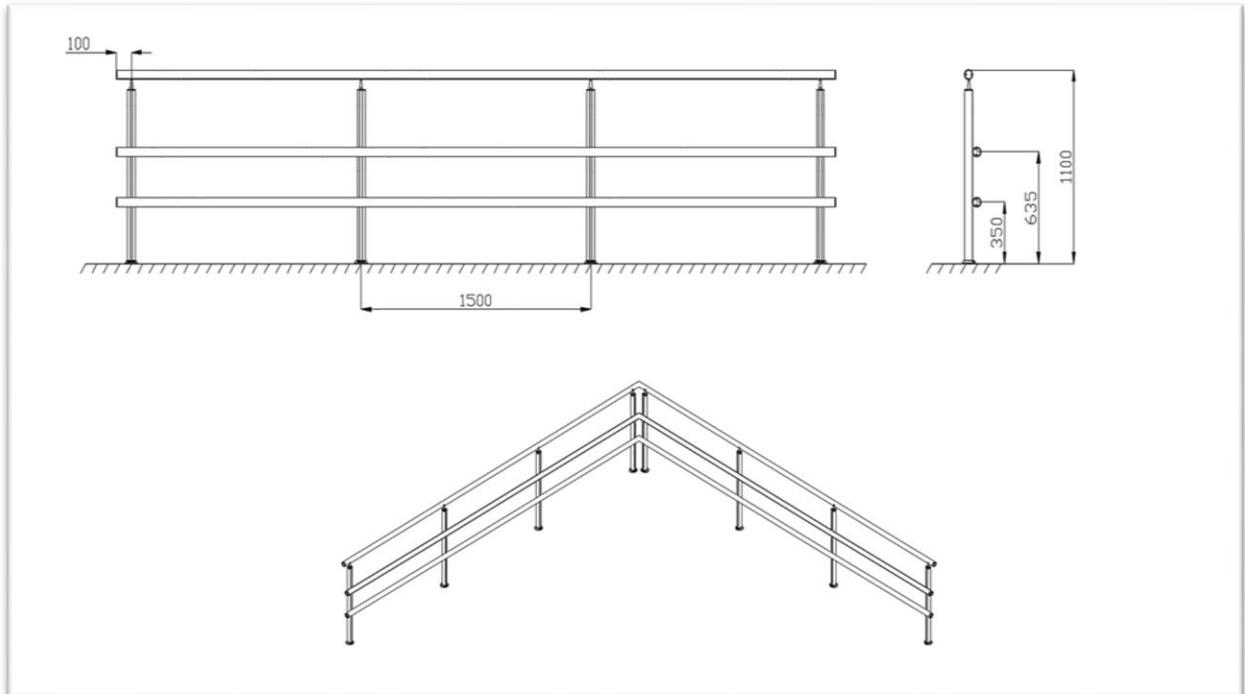


Figura 47: Ilustración y dimensiones baranda

- **Iluminación adecuada.**

Se garantizará una iluminación adecuada en la pasarela utilizando iluminación LED, para mejorar la visibilidad y la seguridad de los peatones que la utilicen, durante el día como durante la noche

- **Señalización clara.**

Se colocarán señales claras y visibles en los accesos a la pasarela, así como en su estructura misma, para indicar su presencia y guiar a los peatones de manera efectiva hacia su uso seguro.

3.1.5. Cotización Pasarela paso sobre nivel.

Como se mencionó anteriormente, la ejecución de las bases, columnas, tablero y escalera convencional, estará a cargo de la reconocida empresa Prear. La cotización ofrecida por Prear es altamente competitiva, con un precio de \$1.100.000,00 por metro cúbico, más IVA. Este precio refleja no solo el valor del material utilizado, sino también los estándares de calidad y precisión en el proceso de fabricación.

Considerando las dimensiones y especificaciones del proyecto, el presupuesto total asciende a \$86.900.000,00 más IVA, siendo su conversión en dólares de 91.474 USD (al día 12/08/2024). Esta inversión asegura la solidez estructural y la durabilidad de la infraestructura, elementos fundamentales para la seguridad y funcionalidad a

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

largo plazo del cruce elevado. Cabe destacar que este monto no incluye la escalera mecánica, ya que la empresa Prear no se especializa en ese tipo de infraestructura.

Para la cotización de la escalera mecánica, se solicitó un presupuesto a la empresa Servas, la cual ofrece un precio de 6.000 USD por metro lineal. Dado que los accesos requieren una longitud de 12,15 metros y se necesitan cuatro unidades (dos en cada acceso), el cálculo del precio total es el siguiente:

$$\text{Precio} = 12,15 \text{ m} \times 4 \text{ accesos} \times 6,000 \text{ USD/m} = 291,600 \text{ USD}$$

3.2. Alternativa N°1: Cerrar calles Avenida Gobernador Ricardo Videla y

Pedro B. Palacios

3.2.1. Contexto y Justificación:

La congestión vehicular en áreas urbanas es un problema recurrente que impacta tanto la calidad de vida de los ciudadanos como la eficiencia económica de las ciudades. Las intersecciones de la Avenida Gobernador Ricardo Videla y la Calle Pedro B. Palacios con el Acceso Este han sido identificadas como puntos críticos dentro del sistema de transporte urbano de la ciudad. Estas intersecciones presentan una alta congestión, especialmente durante las horas pico, lo que genera demoras significativas para los conductores, aumenta el consumo de combustible y contribuye a la contaminación del aire. En respuesta a esta problemática, se propone un cierre permanente de las mencionadas intersecciones como parte de una estrategia para optimizar el flujo vehicular y mejorar la movilidad urbana.

3.2.2. Metodología:

3.2.2.1. Análisis del Tráfico y Diseño de Intervención:

Estudio Previo: Se realizó un análisis exhaustivo del tráfico en las intersecciones afectadas, con el objetivo de identificar los momentos de mayor congestión y diseñar un plan de intervención que aborde los problemas detectados de manera efectiva.

Cierre Permanente de Vías: Basado en los resultados del estudio, se decidió cerrar de manera permanente los accesos de la Avenida Gobernador Ricardo Videla y la Calle Pedro B. Palacios al Acceso Este. Este cierre tiene como objetivo reducir el tráfico en estas intersecciones críticas y mejorar el flujo vehicular en otras áreas de la ciudad.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

3.2.2.2. Implementación de la Intervención:

Cierre de la Avenida Gobernador Ricardo Videla: Esta avenida será cerrada de manera permanente en su intersección con el Acceso Este, con el tráfico redirigido hacia rutas alternativas previamente planificadas.

Cierre de la Calle Pedro B. Palacios: De forma similar, la Calle Pedro B. Palacios también será cerrada en su intersección con el Acceso Este para evitar la congestión en esta área.

3.2.2.3. Rutas Alternativas y Redirección del Tráfico:

Uso del Puente Elevado: Los vehículos livianos y pesados serán redirigidos para utilizar el puente elevado como la ruta principal para cruzar el Acceso Este, eliminando la necesidad de detenerse en las intersecciones ahora cerradas. Se prevé revisar las restricciones de circulación de vehículos pesados en el puente y proponer soluciones que permitan su circulación, lo que podría aliviar la congestión en la zona.



Figura 48: Uso del puente elevado para vehículos pesados.

Desvíos para buses: Los buses que circulan actualmente por la Avenida Gobernador Ricardo Videla hacia el norte, serán desviados por la lateral sur del Acceso Este (José Vicente Zapata) hasta la Calle Juan B. Alberdi, que se convertirá en una vía de doble mano bajo el puente. Esto permitirá que los micros giren hacia la izquierda por la lateral norte del Acceso Este y continúen hacia la terminal o las paradas cercanas.



Figura 49: Desvío para buses.

Hoy en día, debajo del puente existen 3 carriles con un ancho total de 13m, todos en dirección norte-sur. A continuación, se observa una imagen de lo descrito:



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N°6
2024



Figura 50: Puente sobre la Calle Alberdi.

La alternativa es transformar el carril oeste en dirección sur-norte. Lo cual, queda graficado de la siguiente manera:

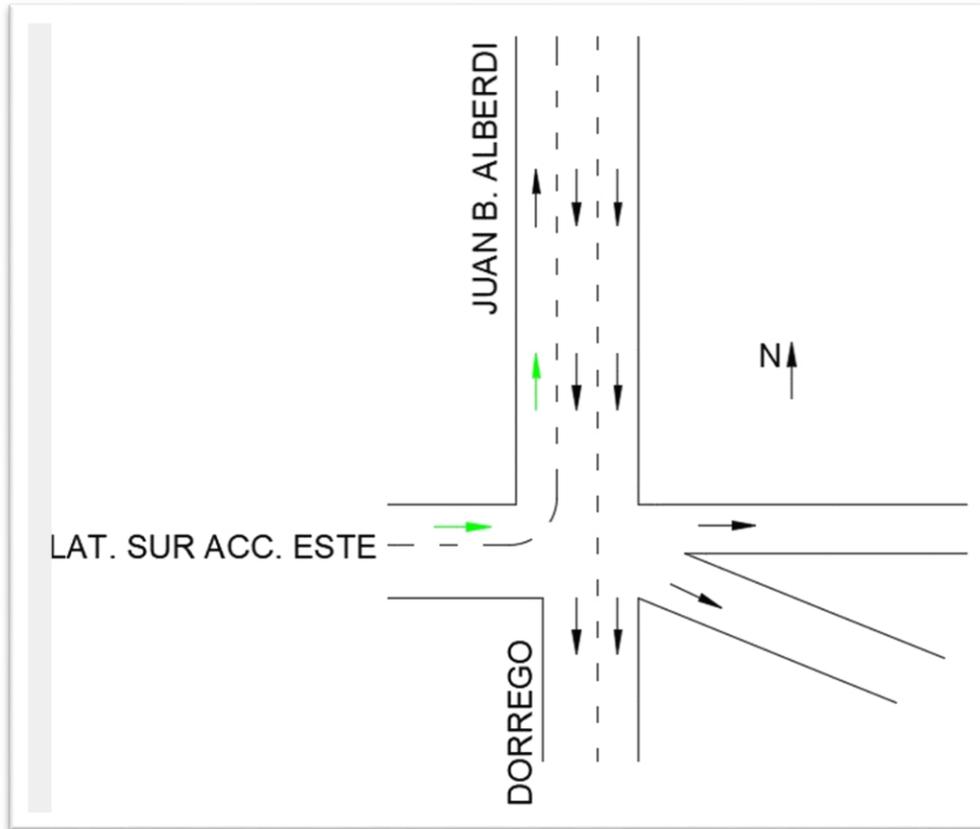


Figura 51: Desvío de buses.

Redireccionamiento hacia el Centro Urbano: Los vehículos que transitan por la Calle Pedro B. Palacios podrán ser redirigidos hacia el centro urbano, lo que permitirá distribuir mejor el tráfico y evitar acumulaciones en el Acceso Este.



Figura 52: Redireccionamiento hacia el centro urbano.

3.2.2.4. Señalización Permanente y Gestión de Tráfico:

Instalación de Señalización Permanente: Se colocarán señales permanentes para guiar a los conductores a través de las nuevas rutas, asegurando que los cambios en la circulación sean claros y comprendidos por todos.

Monitoreo y Ajustes Continuos: Un sistema de monitoreo continuo se implementará para evaluar la efectividad del cierre y realizar ajustes según sea necesario, optimizando la circulación en tiempo real.

3.2.3. Impacto y Beneficios Esperados:

El cierre permanente de estas intersecciones reducirá significativamente la congestión vehicular en la zona, mejorando la fluidez del tráfico en las rutas alternativas y disminuyendo el tiempo de viaje de los conductores. Esta medida también contribuirá a reducir el consumo de combustible y las emisiones de CO₂, lo que mejorará la calidad del aire en la ciudad. Además, al minimizar la necesidad de mantenimiento frecuente en las

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

intersecciones afectadas, se lograrán ahorros económicos a largo plazo, beneficiando tanto a la administración pública como a los ciudadanos.

3.2.4. Cotización de cierre de calles

3.2.4.1. Análisis de precio unitario

Dado que las estimaciones para un proyecto de este tipo pueden variar considerablemente, se realizó un cómputo aproximado de los trabajos y materiales necesarios para llevar adelante nuestra propuesta. A continuación, se presentan los precios y las cantidades correspondientes para llegar a un costo aproximado en dólares.

N°	ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD	P UNITARIO [USD]	TOTAL [USD]
Materiales					
1	Poste vial demarcación	un	80,00	\$ 56,37	\$ 4.509,39
2	Reductores de velocidad	un	120,00	\$ 20,88	\$ 2.505,22
3	Señalización	un	30,00	\$ 156,58	\$ 4.697,29
4	Gestión de tráfico	un	1,00	\$ 1.043,84	\$ 1.043,84
				Total [USD]	\$ 12.756
Mano de obra					
1	Dirección técnica, capataz, proyectista, oficiales e inspección	un	20	-	\$ 10.205
				Total [USD]	\$ 10.205
Precio total estimado				Total [USD]	\$ 22.960

Tabla 12: APU cierre de calles.

3.3. Alternativa N°2: Implementación de semáforos inteligentes.

En los últimos años, los sistemas inteligentes han adquirido una gran relevancia en la utilización de tecnologías para la solución de problemas en zonas urbanas. Con la ayuda de un sistema de semáforos inteligentes para el control del tráfico, se puede disminuir considerablemente el congestionamiento en las intersecciones de avenidas con mayor afluencia vehicular.

Las ventajas de desarrollar un sistema inteligente para los semáforos que operan actualmente en la ciudad son las siguientes:

- Utilización de la infraestructura existente.
- Bajo costo en el desarrollo e implementación.
- Disminución del congestionamiento vehicular en intersecciones de avenidas con mayor afluencia vehicular.
- Los beneficios más importantes que conlleva la implementación de un sistema de semáforos inteligentes para el control del tráfico vehicular son:

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

- Ahorro de tiempo por parte de los automovilistas, ya que conducir vehículos no se considera una actividad productiva para la mayoría de las personas.
- Ahorro de combustible, debido a que la reducción en el tiempo de manejo también disminuye de manera directa el consumo de combustible.
- Reducción en las emisiones de CO₂, lo cual representa una disminución en el deterioro del medio ambiente y, al mismo tiempo, en el deterioro de la salud de la población.

3.3.1. Características

- **Tecnología de Detección:**

Los semáforos inteligentes emplean una variedad de tecnologías para detectar el flujo vehicular. Estas pueden incluir sensores de presencia en las calles, cámaras de video, sistemas de radar, bucles inductivos en el pavimento, entre otros. Estos dispositivos recopilan datos en tiempo real sobre el flujo de vehículos en una intersección.

- **Sistema de Control Adaptativo:**

Basados en los datos recopilados, los semáforos inteligentes pueden ajustar automáticamente los tiempos de luz verde y roja para optimizar el flujo del tráfico. Por ejemplo, si una calle tiene un mayor volumen de vehículos, el semáforo puede extender el tiempo de luz verde para permitir que más autos pasen.

- **Algoritmos de Optimización:**

Utilizan algoritmos avanzados para calcular los tiempos óptimos de cambio de luz en función de factores como el volumen del tráfico, la hora del día, los patrones de tráfico históricos y las condiciones climáticas. Esto ayuda a minimizar los tiempos de espera y a mejorar la eficiencia del tráfico.

- **Comunicación entre Semáforos:**

Algunos sistemas de semáforos inteligentes están interconectados, lo que les permite comunicarse entre sí para coordinar el flujo de tráfico. Esto puede ayudar a reducir los atascos y a mejorar la fluidez del tráfico.

- **Integración con Sistemas de Gestión de Tráfico:**

Los semáforos inteligentes a menudo se integran con sistemas más amplios de gestión de tráfico, que pueden incluir monitoreo por cámaras de vigilancia, sistemas de información en tiempo real para conductores, y análisis de datos para la planificación urbana.

- **Beneficios:**

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

La implementación de semáforos inteligentes conlleva varios beneficios, tales como la reducción de los tiempos de espera en los semáforos, la disminución de la congestión del tráfico, la mejora de la seguridad vial y la reducción de las emisiones de carbono al optimizar el flujo de vehículos.

3.3.2. Diferencias entre semáforos inteligentes y convencionales

CARACTERISTICAS	SEMAFOROS INTELIGENTES	SEMAFOROS CONVENCIONALES
Tecnología de detención	Utilizan sensores avanzados como cámaras, radares, etc.	Dependencia de bucles inductivos y temporizadores básicos
Control de tiempo	Ajuste dinámico según el flujo vehicular en tiempo real	Estática. Basada en temporizadores predefinidos
Adaptabilidad	Capacidad para adaptarse a cambios en el tráfico	Fijos. No pueden ajustarse automáticamente
Optimización del tráfico	Utilizan algoritmos para minimizar los tiempos de espera	Mayor riesgo de congestión debido a faltas de ajuste
Eficiencia energética	Optimizan el uso de energía según la demanda	Consumen energía constantemente durante todo el ciclo
Coordinación entre intersecciones	Pueden comunicarse para coordinar el flujo de tráfico	Independientes, sin capacidad de coordinación
Integración de sistemas	Se pueden integrar con sistemas de gestión de tráfico	Funcionan de forma independiente a otros sistemas
Beneficios ambientales	Reducción de emisiones al optimizar el tráfico	Mayor consumo de combustible debido a los tiempos de espera

Tabla 13: Comparativa de semáforos inteligentes/convencionales

3.3.3. Marcas que fabrican y venden semáforos inteligentes

- SIEMENS MOBILITY
- SWARCO
- ECONOLITE



- ITERIS
- TRAFFICWARE

En Argentina, existen varios proveedores de equipos y soluciones para la gestión de tráfico, incluyendo semáforos inteligentes. Algunas de estas empresas son:

- SISTEMAS DE TRANSPORTES S.A
- INDRA SISTEMAS ARGENTINA
- DATAPROM
- SEMAFOROS JOCKEY
- ITERIS

3.3.4. Análisis de los semáforos existentes

Se llevó a cabo un sondeo vehicular, identificándose que en el nudo vial existen nueve intersecciones con sus respectivos semáforos.

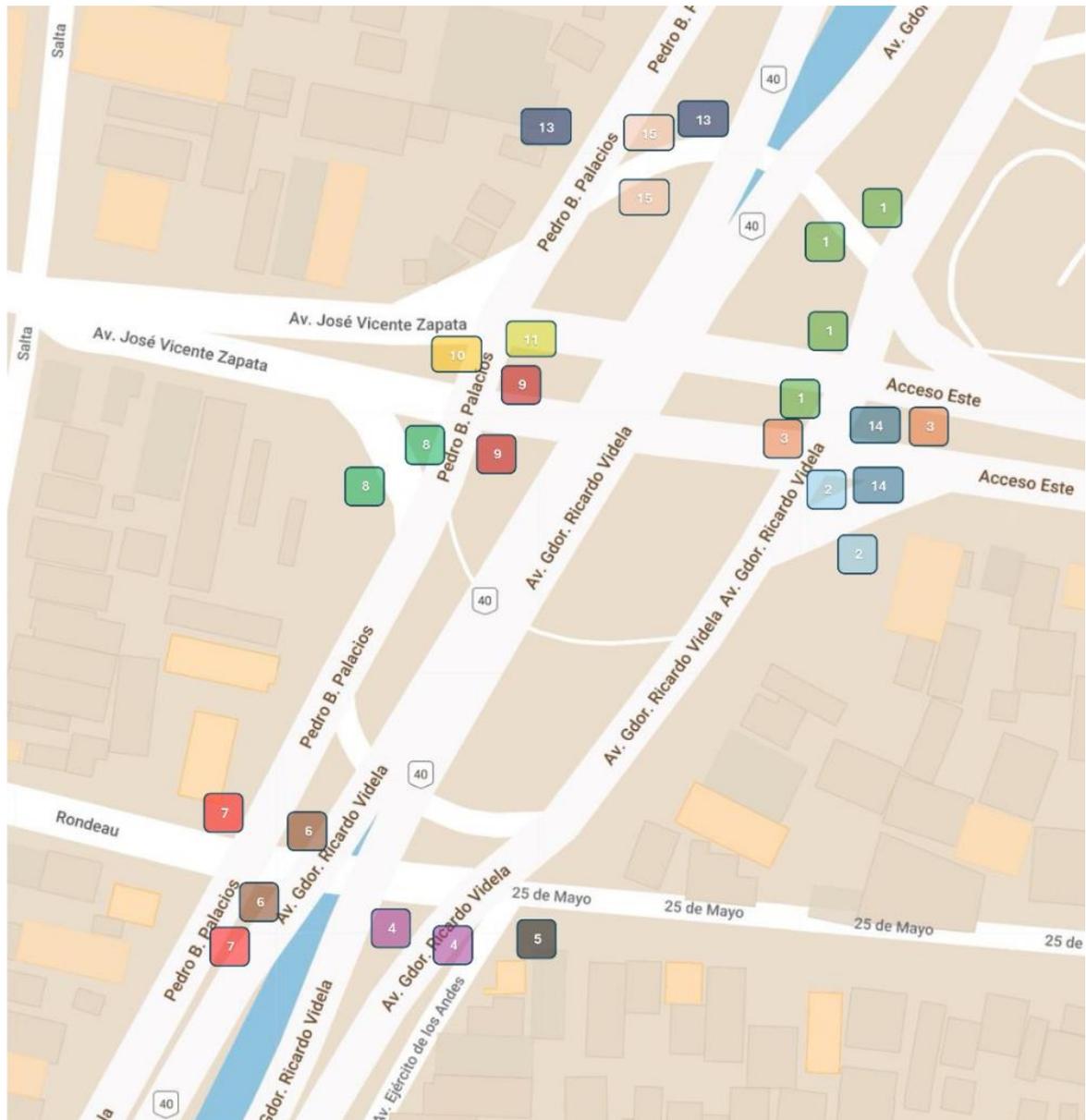


Figura 53: Disposición de los semáforos actuales

Estos semáforos se encuentran mal sincronizados, generando tiempos de espera variables según la hora del día y el día en que se realice la medición.

Una vez realizado el análisis del aforo vehicular, se procedió al análisis de los datos y, finalmente, se presentó una propuesta de sincronización de los semáforos inteligentes en la zona experimental.

En el tramo de análisis, se observó una considerable acumulación de tiempo en cada parada en las intersecciones. El gráfico siguiente ilustra las intersecciones analizadas:



SEMÁFOROS	SENTIDO	TIEMPO [s]		
		ROJO	AMARILLO	VERDE
1	E-O	28	3	39
2	S-E	18	3	49
3	S-N	44	3	23
4	S-N	44	3	23
5	O-E	30	3	37
6	O-E	30	3	37
7	N-S	44	3	23
8	O-S	31	3	36
9	O-E	31	3	36
10	E-O	31	3	35
11	N-S	43	3	24
12	E-O	36	3	31
13	N-S	44	3	23
14	O-E	28	3	39

Tabla 14: Designación de los semáforos existentes

3.3.5. Diseño de semáforo inteligente

Se desarrollará un sistema de semáforos inteligentes para controlar el cambio de luces en los semáforos mediante algoritmos de visión artificial y procesamiento de imágenes, con el objetivo de mejorar el flujo de tráfico en los puntos críticos de la ciudad de Mendoza. A continuación, se describe el diseño de las etapas y los procesos que conforman el sistema de semáforos inteligentes para el control de tráfico vehicular:

3.3.5.1. Inicialización:

El semáforo comienza a funcionar como uno convencional, cargando los archivos necesarios y estableciendo la comunicación con cada nodo (las cámaras y dispositivos conectados).

3.3.5.2. Condición para modo inteligente:

Es un proceso de validación en el que se le indica al sistema el modo de operación. El modo inteligente implica ejecutar los procesos de visión artificial y de ajuste en la duración del ciclo de los semáforos. El modo convencional ignora todos los procesos inteligentes del sistema, simplemente ejecuta una sincronización con duración de intervalos y ciclos fijos, como operan los semáforos comúnmente.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

3.3.5.3. Ejecución de ciclo:

Es un proceso en el cual el sistema realiza pausas cronometradas con base en los intervalos de tiempo previamente definidos. Durante cada iteración del ciclo, las luces de cada semáforo recorren solamente una secuencia completa.

3.3.5.4. Captura de imágenes:

Las cámaras conectadas al semáforo toman fotos del tráfico y las envían a un ordenador central. Es importante que el ángulo de visión de la cámara abarque un panorama casi completo de la avenida en el punto de intersección, además de que la imagen debe mostrar una resolución adecuada y acorde a la distancia de los autos.

3.3.5.5. Procesamiento de imágenes:

Dependiendo del tipo de cámara digital utilizada en el procedimiento anterior, el procesamiento de imagen consiste en aplicar filtros para mejorar la calidad o, según sea el caso, aplicar máscaras para ignorar regiones que no son de interés, por ejemplo, cuando el ángulo de visión de la cámara abarca zonas de otras avenidas o estacionamientos ubicados en camellones al aire libre.

3.3.5.6. Clasificación:

La clasificación arroja un conjunto de coordenadas, dimensiones de ancho y alto de los bordes rectangulares que representan a los objetos sobre la imagen que han sido reconocidos por el clasificador. La siguiente figura ilustra el diseño para el resultado obtenido de una clasificación de cascada, donde se muestran de color verde los bordes rectangulares de los vehículos identificados.

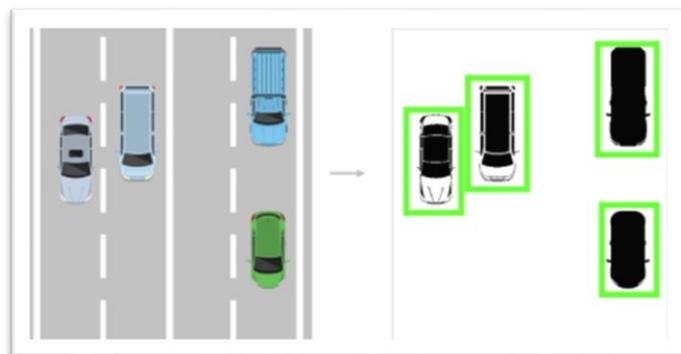


Figura 54: Diseño de imagen resultado de una clasificación.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

3.3.5.7. Análisis de texturas:

El análisis de texturas consiste en tomar una imagen como parámetro de entrada y calcular la matriz GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix) de cada imagen. Posteriormente, se obtienen los valores de energía y entropía. Una imagen con muchos vehículos forma una textura más áspera y heterogénea, resultando en un valor de entropía más alto. Por el contrario, en imágenes donde el tráfico es menor, se genera una textura más lisa, donde predomina un solo patrón de colores, produciendo un valor de energía alto y un valor de entropía bajo. La siguiente figura, que incluye dos imágenes (A y B), muestra un ejemplo visual de las diferencias entre las texturas generadas por imágenes de avenidas con y sin tráfico.

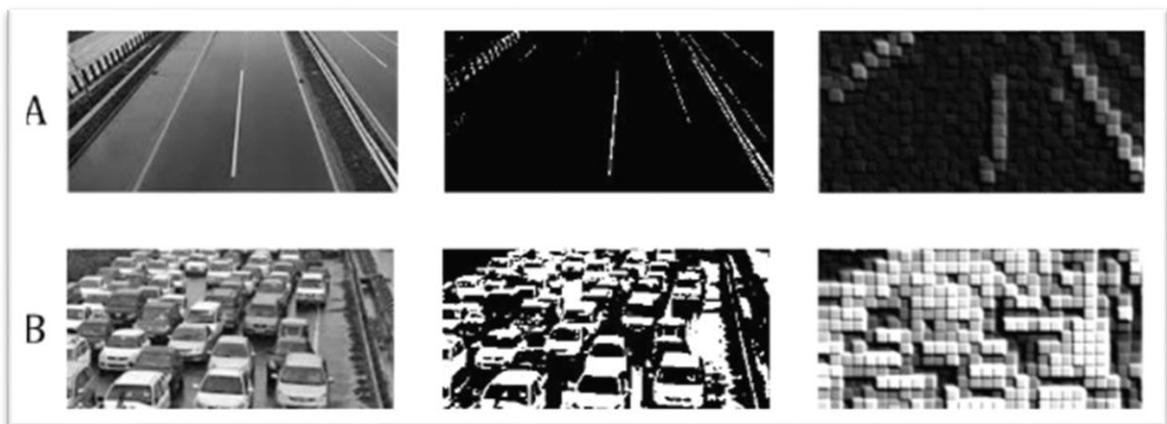


Figura 55: Ejemplo de texturas generadas a partir del tráfico.

3.3.5.8. Comparación de resultados:

En esta etapa, el sistema compara los resultados del análisis y clasificación (número de vehículos encontrados y propiedades de textura) de cada una de las imágenes. Con base en los resultados obtenidos, el sistema elige los intervalos de tiempo para el ciclo de los semáforos, priorizando la duración de la luz verde para aquellas avenidas que presentan mayor afluencia vehicular.

3.3.5.9. Ajuste de ciclos:

Actualmente, para la instalación de semáforos, las autoridades correspondientes realizan estudios mediante técnicas de ingeniería de tránsito o ingeniería de transporte para determinar el intervalo mínimo y el intervalo máximo que puede tener cada cambio de luces en los semáforos de una intersección. Estos estudios consideran numerosos factores, como el ancho de la avenida, el número de carriles, la velocidad promedio e incluso mediciones de la actividad peatonal. La propuesta para el diseño de este sistema únicamente sustituye el ciclo



fijo por ciclos dinámicos, pero respeta los intervalos mínimos y máximos establecidos por dichos estudios y las normas vigentes que rigen la implementación actual. Por lo tanto, el sistema mantiene un diseño configurable que se adapta a las necesidades específicas de la intersección que se desea controlar. A continuación, se describe el diseño para el procedimiento de ajuste de ciclo con base en intervalos de tiempo previamente definidos:

-Diseño para control de respuesta:

El cruce más simple se presenta en aquellas intersecciones donde únicamente se cruzan dos caminos y cada camino tiene un solo sentido. La siguiente figura muestra las posibles combinaciones que ocurren en un cruce simple, considerando solamente dos valores: baja afluencia y alta afluencia.

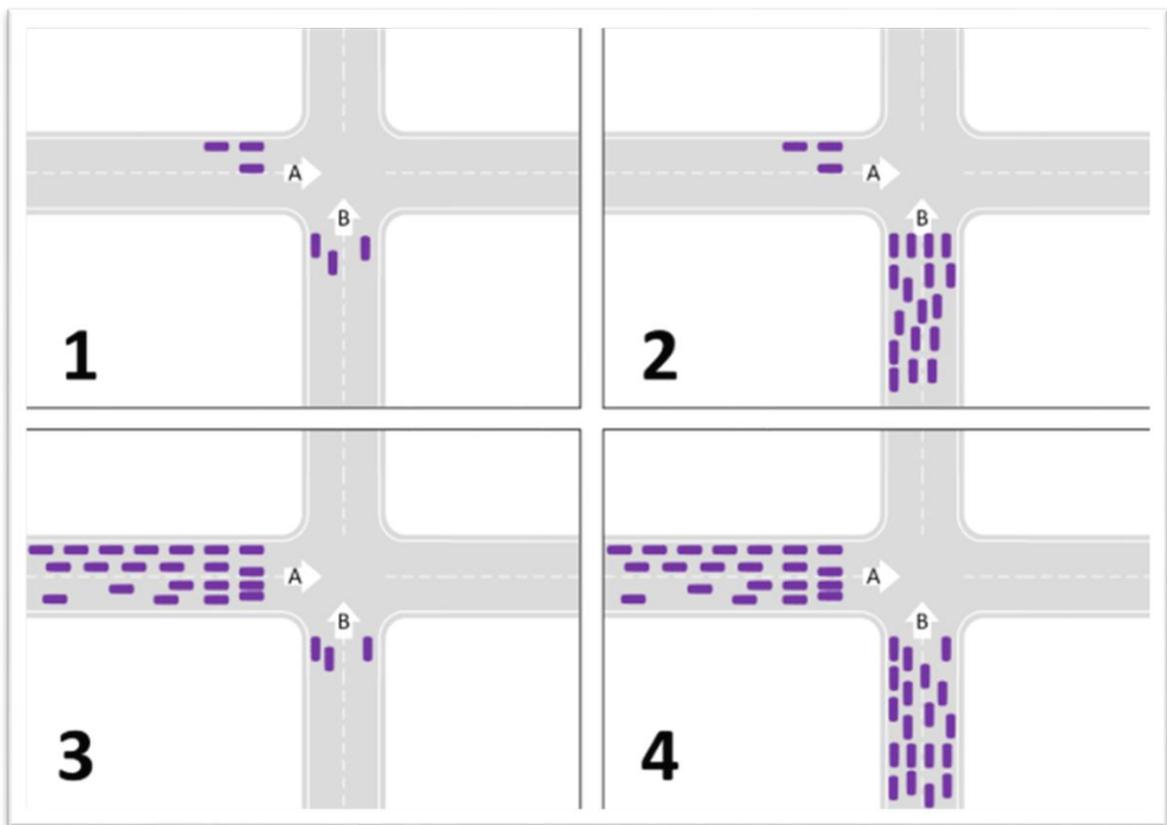


Figura 56: Combinaciones en un cruce simple de dos sentidos

En la imagen se aprecia que con dos valores de tráfico (alta afluencia y baja afluencia) en un cruce simple de dos sentidos (A y B) se obtienen cuatro posibles combinaciones:

Combinación	Afluencia en A	Afluencia en B
1	BAJA	BAJA
2	BAJA	ALTA

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

3	ALTA	BAJA
4	ALTA	ALTA

Tabla 15: Posibles combinaciones para un cruce simple.

Posibles combinaciones en un cruce simple de dos sentidos.

Como se mencionó anteriormente, el diseño del sistema respeta los intervalos de tiempo derivados de los estudios o de las mediciones realizadas previamente por las autoridades en la intersección de avenida. Para describir el diseño del sistema, a continuación, se muestra una tabla con datos (solamente de ejemplo) con intervalos de tiempo mínimo y tiempo máximo aplicados para un cruce simple.

Semáforos	Intervalo mínimo de luz verde	Intervalo máximo de luz verde	Intervalo para luz ámbar
Semáforos en A	40 seg	60 seg	5 seg
Semáforos en B	35 seg	55 seg	5 seg

Tabla 16: Ejemplo de intervalos de tiempos mín y máx en un cruce simple.

En la tabla anterior solo se muestran los intervalos de tiempo de función de la duración de la luz verde y se omiten los intervalos de tiempo para luz roja, esto con el fin de simplificar la información debido a que en un semáforo de cruce simple el intervalo de luz verde más el intervalo de luz ámbar es igual al intervalo de luz roja del semáforo opuesto. Considerando para este caso los intervalos de la tabla anterior y las 4 combinaciones que existen en un cruce simple, la respuesta del sistema está conformada por 4 posibles eventos:

Respuesta	Verde en A, rojo en B	Amarillo en A	Rojo en A, verde en B	Amarillo en B	Duración del ciclo
Evento 1	40 s 45 s	5 s	40 s 35 s	5 s	85 s
Evento 2	40 s 45 s	5 s	60 s 55 s	5 s	105 s
Evento 3	60 s 65 s	5 s	40 s 35 s	5 s	105 s
Evento 4	60 s 65 s	5 s	60 s 55 s	5 s	125 s

Tabla 17: Posibles eventos

Con los cuatro eventos que muestra la tabla anterior, el sistema ofrece una respuesta con base en la situación del cruce, al finalizar cada ciclo el sistema realiza una nueva evaluación de la afluencia vehicular y automáticamente toma la decisión de continuar con el mismo ciclo o cambiar a otro ciclo de la tabla de eventos.

La siguiente ilustración muestra las diferentes respuestas que el sistema ofrecería ante cada una de las cuatro combinaciones del cruce simple descritas anteriormente.

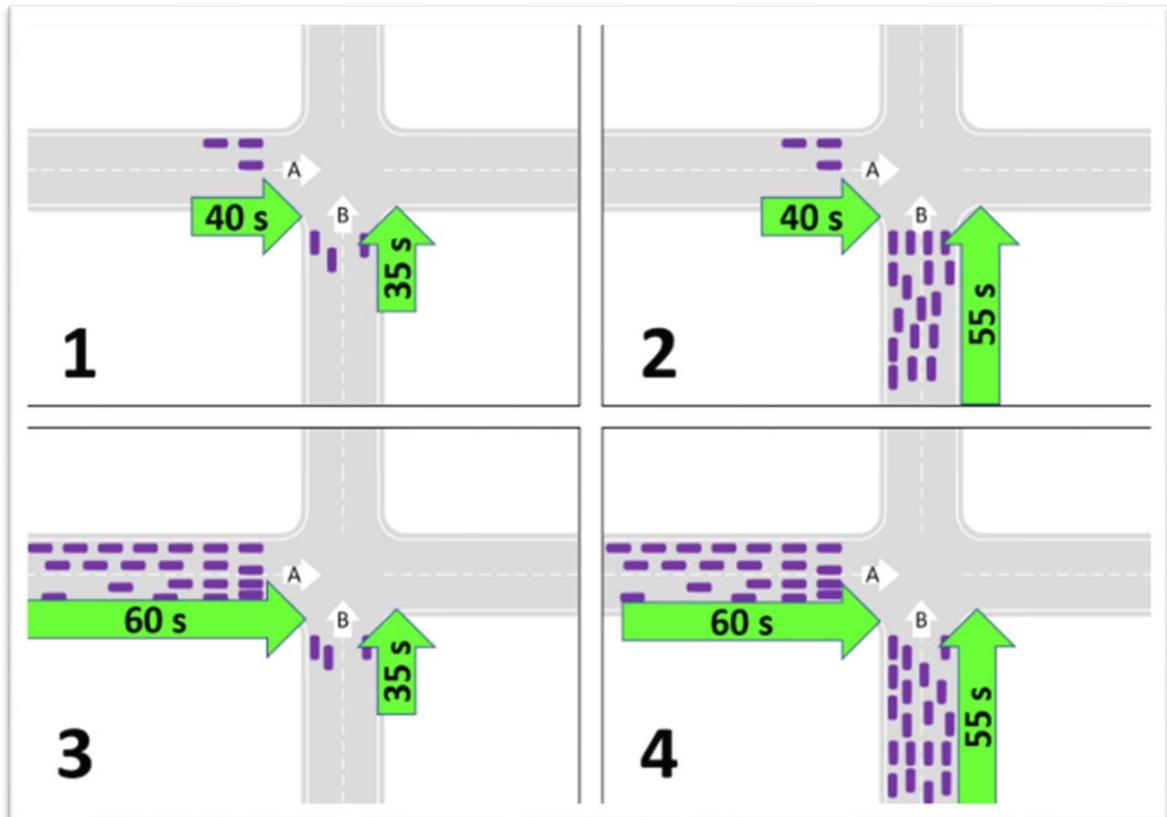


Figura 57: Combinaciones de respuesta para un cruce simple

3.3.5.10. Máscara de segmentación:

Se utiliza en el procesamiento de imágenes para ignorar zonas en la imagen que no se desean analizar. El diseño del sistema contempla el trazo manual de máscaras de segmentación para evitar que la fase de entrenamiento del clasificador se alimente de falsos positivos. La aplicación de máscaras de segmentación se logra mediante operaciones binarias entre la imagen original y la imagen que contiene la máscara.

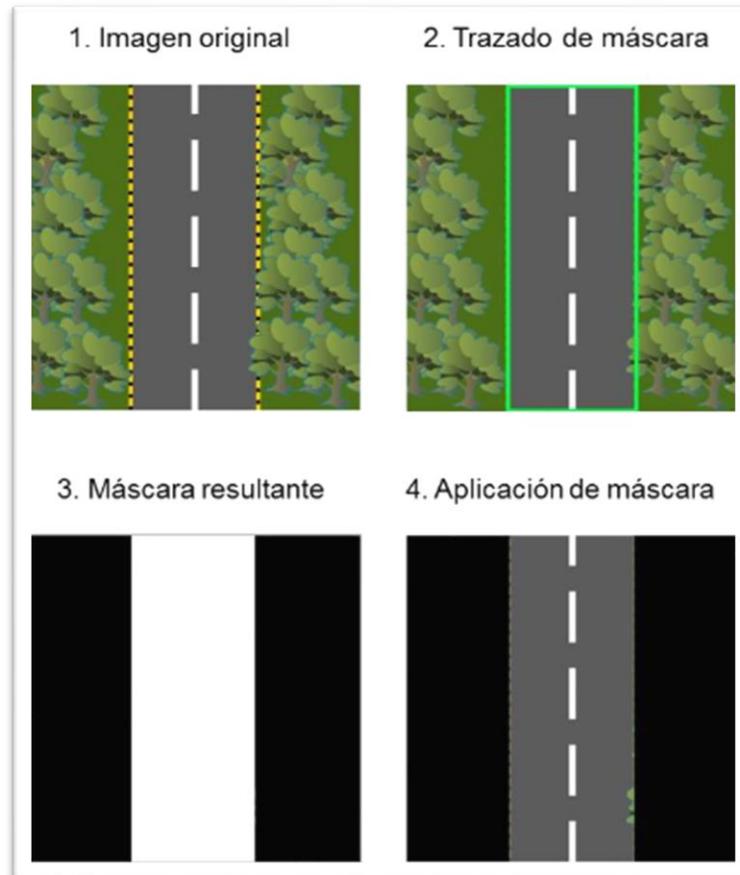


Figura 58: Diseño de fases para la aplicación de máscaras de segmentación.

3.3.5.11. Recolección de imágenes para entrenamiento:

El diseño del sistema permite trazar manualmente una línea recta como límite de intersección. El objetivo es que cuando el borde rectangular de un objeto en movimiento colisione con la línea recta, automáticamente se guarde una imagen del objeto en un directorio que posteriormente servirá para la fase de entrenamiento del clasificador de cascada.

El primer paso es trazar manualmente un segmento de línea recta mediante una interfaz gráfica, el sistema detecta continuamente el movimiento de objetos mediante técnicas de visión artificial para la substracción de fondo, posteriormente se obtiene el borde rectangular de cada uno de los vehículos en movimiento para que finalmente, el sistema determine si el borde del objeto colisiona con el segmento de línea entonces la imagen del objeto delimitada por el borde rectangular es almacenada en un directorio de recolección de imágenes positivas.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

3.3.6. Cotización de semáforos inteligentes

Los precios de semaforizar una intersección, son los siguientes:

TIPO DE SEMAFOROS	PRECIO PROMEDIO (USD)	CARACTERISTICAS
SEMAFORO CONVENCIONAL	\$2000 - \$5000	Funcionamiento estático con temporizadores predefinidos
		No se ajustan dinámicamente al flujo de tráfico
		Menos eficiente en la gestión del tráfico
		Requieren mantenimiento regular para ajustes manuales
SEMAFOROS INTELIGENTES	\$5000 - \$15000	Utiliza tecnología avanzada de detección y control adaptativo
		Ajuste dinámico del tiempo de luz según el flujo vehicular
		Mayor eficiencia en la gestión del tráfico y reducción de tiempos de espera
		Requiere menos mantenimiento debido a su capacidad de adaptación

Tabla 18: Precios de semáforos

N°	ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD	P UNITARIO [USD]	TOTAL [USD]
1	Semaforización en una intersección	un	7,00	\$ 15.000,00	\$ 105.000,00
				Total [USD]	\$ 105.000
Mano de obra					
1	Técnicos e instaladores especialistas	un	20	-	\$ 84.000
				Total [USD]	\$ 84.000
Precio total estimado				Total [USD]	\$ 189.000

Tabla 19: APU semáforos inteligentes

3.4. Alternativa N°3: Diseño de una rotonda moderna (RM)

3.4.1. Introducción (s/ DNV 2010)

En este apartado, se utilizan las normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial de la DNV 2010, para recolectar información y datos básicos acerca de la alternativa de la rotonda moderna.



En términos generales, cualquier intersección urbana o rural que cumpla los criterios para un control del tránsito más allá de una simple condición de PARE califica para evaluarla como una rotonda moderna.

En general, una rotonda bien diseñada es el tipo más seguro de control de intersección. Los estudios tipo "Antes y después" demuestran que en ellas se producen menos accidentes que en las intersecciones controladas por semáforos, señales PARE, o CEDA EL PASO. La razón principal es que las velocidades relativas de los vehículos son considerablemente más bajas en las rotondas bien diseñadas que en otros tipos de intersecciones a nivel.

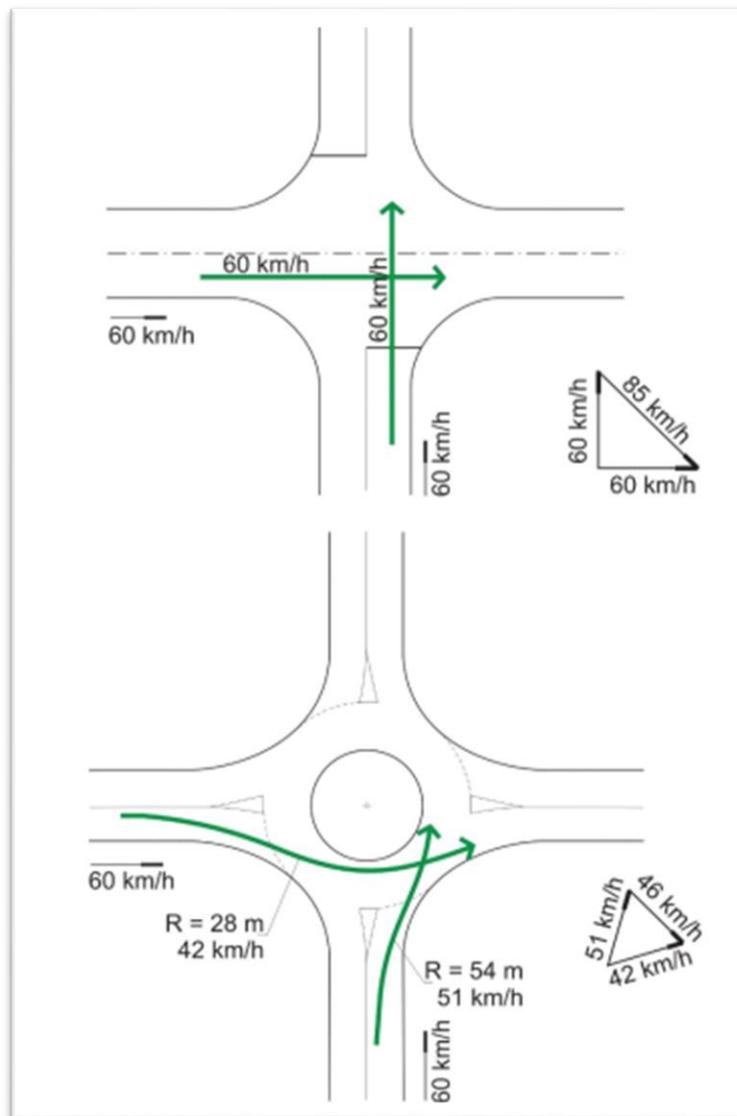


Figura 59: Dos tratamientos para caminos que se cruzan a 90° (DNV 2010).

La curvatura de entrada de la rotonda limita la velocidad a la que los conductores pueden entrar en la calzada de circulación. Por el contrario, una rotonda mal diseñada con poca curvatura de entrada o ángulo de desviación



pequeño resulta en altas velocidades a través de la rotonda, creando altas velocidades potenciales relativas entre los vehículos. Las tasas de accidentes de múltiples vehículos en tales rotondas mal diseñadas pueden ser mayores que en una intersección a nivel equivalente.

Las RM constituyen una forma de control de tránsito segura y eficiente:

- Reducen las velocidades relativas de los vehículos conflictivos.
- Implican requerimientos simples y claros para la toma de decisiones de los conductores.
- Imponen dos estorbos deliberadamente diseñados a los conductores que entran en ella:

-uno reglamentario: ceder el paso.

-otro geométrico: deflexión de la entrada y trayectoria.

Estas condiciones reducen efectivamente las velocidades de operación y los accidentes en la intersección.

La ideología básica de diseño de las RM es limitar físicamente las velocidades de los vehículos mediante la deflexión de la trayectoria:

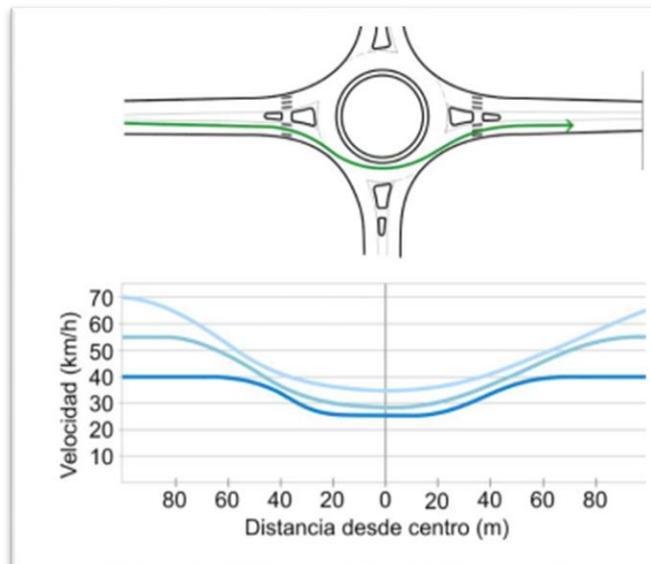


Figura 60: Variación de velocidad al ingresar y salir a la RM (DNV 2010).

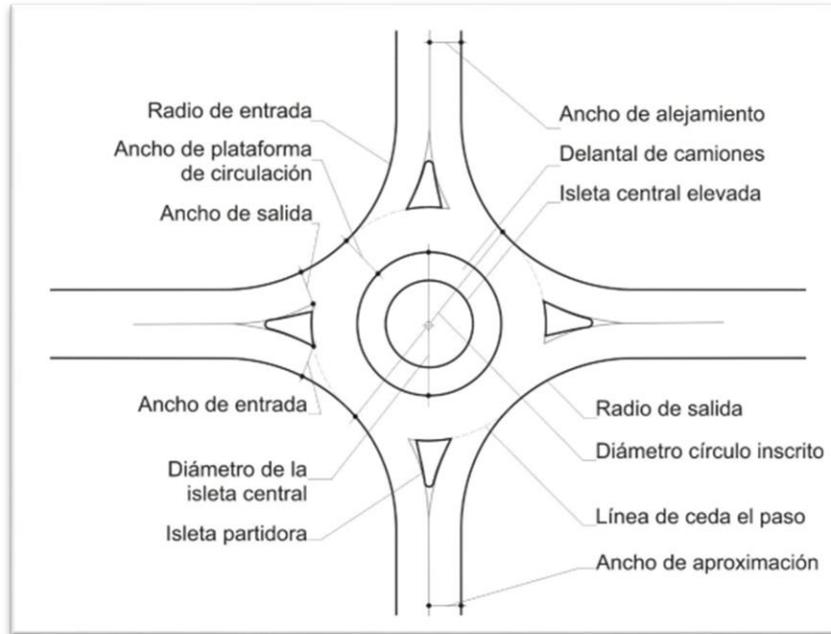


Figura 61: Elementos geométricos de una RM

3.4.2. Características de las RM

- Las RM dan prioridad al tránsito en el anillo.
- La deflexión es esencial para el tránsito principal y secundario.

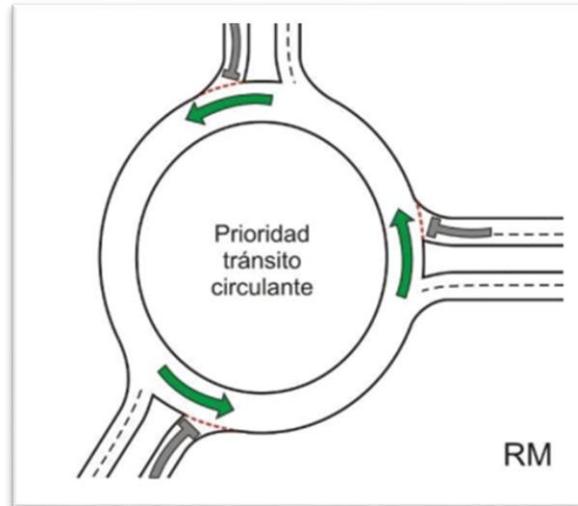


Figura 62: Prioridad y deflexión de RM

- Al estar gobernadas por pequeños diámetros y entradas deflexionadas, operan con bajas velocidades del tránsito que entra o circula por el anillo.
- Incluyen las isletas partidoras en las aproximaciones, para controlar la velocidad e impedir los giros a la izquierda, buena distancia visual, iluminación, señalización, marcación del pavimento, y sin cruces peatonales a través del anillo.
- Los cruces peatonales se diseñan una o dos longitudes de automóvil antes de las líneas de Ceda el Paso, apenas desplazadas corrientes arriba del borde exterior del anillo.
- El movimiento en una entrada y una salida es un giro a la derecha, reduciendo así la frecuencia potencial y gravedad de accidentes, comparados con los que típicamente ocurren durante los giros a la izquierda.
- Un vehículo que entra subordinado, inmediatamente después de cruzar la línea de Ceda el Paso se vuelve prioritario hasta que sale de la RM.
- La velocidad a la cual un vehículo es capaz de circular por el anillo está controlada por la ubicación de la isleta central con respecto al alineamiento del cordón de entrada derecho. Esta característica es responsable de los mejores registros de seguridad de las RM.
- Todos los vehículos circulan por el anillo en sentido contrario al de las agujas del reloj, pasando a la derecha de la isleta central. En la isleta central no se permite ninguna actividad peatonal y se la desalienta físicamente.
- En el anillo, no se permite ningún estacionamiento.



-Con tránsito bajo, los vehículos entran en las RM sin detenerse; a más altos volúmenes, el tránsito que entra tiene que esperar.

3.4.3. Características claves

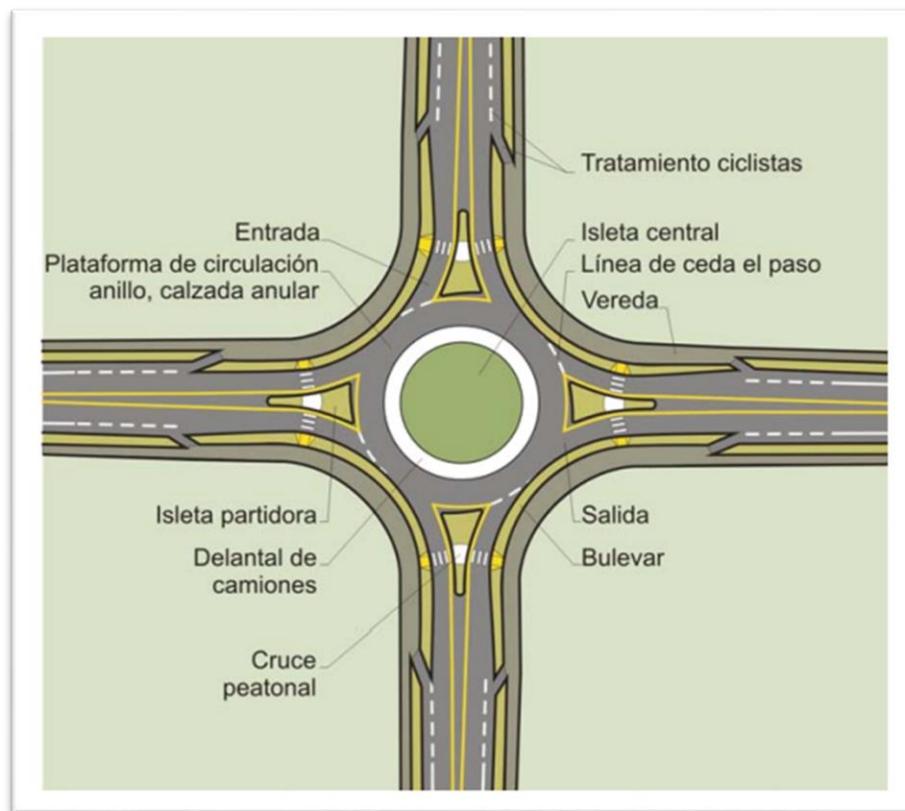


Figura 63: Características claves de la RM

Entrada: La plataforma de aproximación antes de la plataforma de circulación y entre la cara de cordón derecho y el lado de aproximación de la isleta partidora. Esta característica clave es el principal determinante de la capacidad y seguridad de una rotonda.

Salida: La plataforma de salida después de la plataforma de circulación y entre la cara del cordón derecho y el lado de salida de la isleta partidora.

Isleta central: La zona elevada en el centro de una rotonda, alrededor de la cual circula el tránsito.

Isleta partidora: Mediana elevada en una aproximación usada para separar los tránsitos de entrada y salida, desvía y lentifica al tránsito entrante y provee refugio a los peatones que cruzan el camino en dos etapas.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

Plataforma de circulación, Anillo, Calzada anular: Plataforma curvada de un-sentido usada por los vehículos para viajar en sentido antihorario alrededor de la isleta central.

Delantal de camiones: Parte montable de la isleta central adyacente a la plataforma circulatoria. Se la requiere para acomodar las huellas de las ruedas traseras de grandes vehículos.

Línea de Ceda el Paso: Línea marcada en el pavimento que separa el tránsito que se aproxima a la rotonda del tránsito ya en la calzada circulatoria.

Cruces peatonales: Los cruces peatonales provistos en las rotondas deben ser accesibles. El cruce acomoda a todos los peatones (incluyendo las personas con discapacidades visuales), sillas de ruedas, cochecitos de bebés, y bicicletas para cruzar la trayectoria, calle, etc. en dos etapas con un refugio cortado en la isleta partidora para permitir pasar a través de las trayectorias vehiculares.

Tratamientos Ciclistas: Los tratamientos ciclistas en las rotondas proveen la opción de viajar a través de la rotonda montado en la bicicleta por el carril de viaje como un vehículo más, o salir de la plataforma y usar un paso peatonal como un peatón, o como un ciclista usando una trayectoria de uso compartido, según el nivel de comodidad del ciclista.

Bulevares: Los bulevares se proveen en la mayoría de las rotondas para separar el tránsito vehicular del peatonal y alentar a los peatones a cruzar sólo en los cruces establecidos.

Vereda: Senda peatonal. Es común proveer una senda compartida en el perímetro de la rotonda para acomodar a los peatones y ciclistas.

3.4.4. Parámetros clave de diseño de la rotonda moderna

Ancho Carril Aproximación, V: Mitad del ancho de calzada del ramal de aproximación corriente arriba de cualquier cambio en el ancho asociado con la rotonda. Típicamente, la mitad del ancho de calzada no es más que el ancho total del carril de aproximación. Si no hay carril ciclista marcado, entonces el ancho se mide desde la cara del cordón en el lado derecho hasta el cordón de la isleta partidora, o línea de eje central pintado o marcado, en el lado izquierdo.

Ancho de Entrada, E: El ancho de entrada define el ancho donde se encuentra con el círculo inscrito. Se mide perpendicularmente desde la cara de cordón exterior hasta la cara de cordón interior en la isleta partidora. El ancho de entrada efectivo puede ser menor por factores de diseño y uso del suelo.



Longitud Efectiva de Abocinamiento: Típicamente, la mitad de la distancia entre V y E. En esta distancia, el ancho de la calzada de aproximación iguale el promedio de V y E. El abocinamiento debe desarrollarse uniformemente y evitar un quiebre brusco donde comienza el abocinamiento. La longitud total de abocinamiento total es el doble que la longitud efectiva de abocinamiento.

Radio de Entrada: El radio de entrada es el radio mínimo de curvatura del cordón exterior en una aproximación de entrada.

Ángulo de Entrada: El ángulo ϕ (Phi) representa el ángulo de conflicto entre las corrientes de tránsito entrante y circulante.

En general, 2ϕ es el ángulo agudo formado por la unión de la línea tangente (a-b) proyectada desde el punto medio de E, y la línea tangente (c-d) proyectada desde el punto medio del ancho de salida adyacente.

Alternativamente, donde la salida adyacente está lejos de la entrada, ϕ es el ángulo agudo formado por la unión de la línea tangente (a-b) y la línea tangente (e-f) desde el punto medio de la calzada de circulación.

Diámetro Círculo Inscrito: El diámetro del círculo inscrito es el parámetro básico usado para definir el mayor tamaño de una rotonda. Es el diámetro mayor medido hasta el borde exterior de la calzada de circulación.

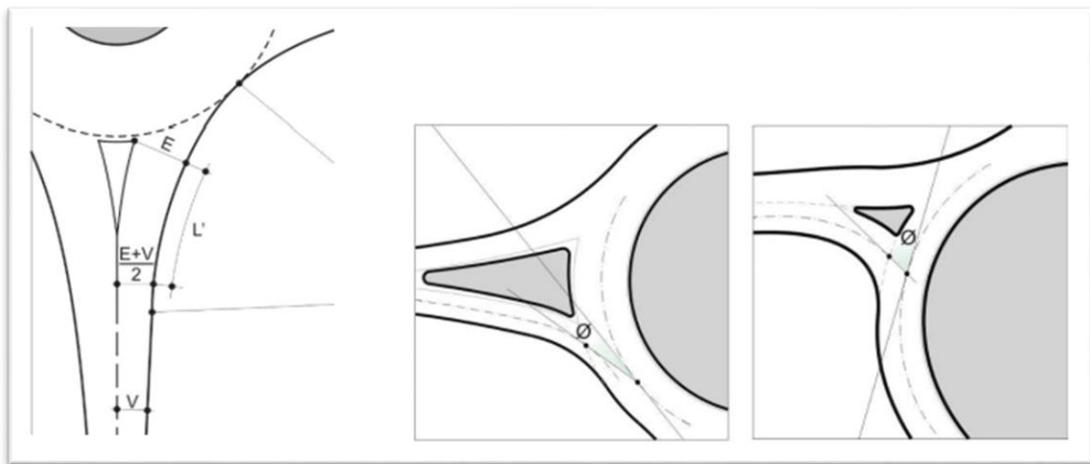


Figura 64: Parámetros clave de diseño de RM.

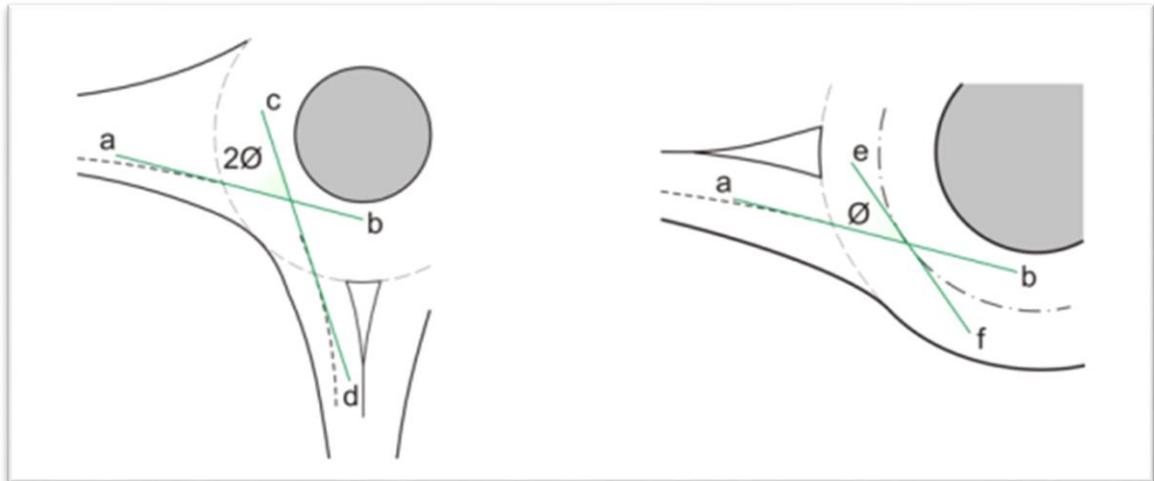


Figura 65: Ángulo de entrada.

3.4.4.1. Ángulo de entrada

El ángulo de entrada \emptyset lo forman el eje de la entrada en el Ceda el Paso y la tangente al eje de la calzada circular en el punto donde se cruza con el anterior, Figura 5; es el parámetro de mayor importancia en la disposición de una entrada. Es uno de los parámetros fundamentales del diseño de las RM. El valor conveniente está entre 20 y 40 grados, con un óptimo de 30 grados. Este ángulo es importante para la capacidad y la seguridad de las rotondas.

3.4.5. Diseño geométrico

El proceso de diseño de la rotonda es esencialmente iterativo, pequeños ajustes en los atributos geométricos pueden tener significativos efectos operacionales y de seguridad. El proyectista debe ser consciente de esta naturaleza iterativa, y comprender que cualquiera de sus pasos de diseño puede necesitar volver a un paso anterior para un ajuste.

No hay ningún recetario de fáciles pasos para diseñar la rotonda. El diseño puede variar de fácil (rotondas de un solo carril) hasta muy complejo (rotondas multicarriles). Aunque pueda parecer lo contrario, las rotondas no son todas iguales y no pueden estandarizarse.

Aceptado el principio de controlar la velocidad del tránsito que entra y circula por una RM mediante la deflexión de la trayectoria, y de aumentar la capacidad de entrada mediante su abocinamiento, el diseño geométrico debe proveer los recursos tácticos para obtener aquellos objetivos.

3.4.5.1. Diámetros típicos de círculos inscritos y volúmenes de tránsito diario

Tipo de rotonda	Diámetro ¹ típico de círculo inscrito (m)	Volumen ² típico de tránsito diario (vpd) Rotonda de cuatro ramales
Urbana Un-Carril	35 - 43	< 25000
Urbana Multicarril (entradas 2-carriles)	45 - 60	25000 a 55000
Urbana Multicarril (entradas 3 ó 4 carriles)	60 - 85	55000 a 80000
Rural Un-Carril	36 - 45	< 25000
Rural Multicarril (entradas 2-carriles)	55 - 67	25000 a 55000
Rural Multicarril (entradas 3-carriles)	60- 76	55000 a 70000

Tabla 20: Diámetros típicos de círculos inscritos y volúmenes de tránsito diario.

¹ Los diámetros provistos son para guía general (cara a cara de cordones exteriores).

² Las capacidades varían sustancialmente según los volúmenes de tránsito que entran y los movimientos de giro (flujo que circula).

Siguiendo las recomendaciones de la norma de la DNV 2010, se adoptaron algunos parámetros para el modelado esquemático de la rotonda en Aimsun, entre ellos, un diámetro de cordón a cordón de 100m.

3.4.6. Cotización de rotonda moderna

3.4.6.1. Cómputo

La rotonda moderna tiene 100m de diámetro y 3 carriles de 3,6m de ancho. Se suponen losas de 4m x 4m, con pasadores de acero liso db32, de 0,7m de longitud, cada 30cm (en el sentido longitudinal del camino) y barras de unión de acero nervado db12, de 0,4m de longitud, cada 40cm (en el sentido transversal del camino). Además, se tiene una base de grava-cemento de 15cm de espesor y pavimento de hormigón (MRF48) de 22cm. Se colocan también, rejas para bocas de limpieza, barandas metálicas tipo flex beam, cordones, columnas para iluminación con sus respectivas fundaciones y focos LED. Por último, se tienen en cuenta las juntas de dilatación.

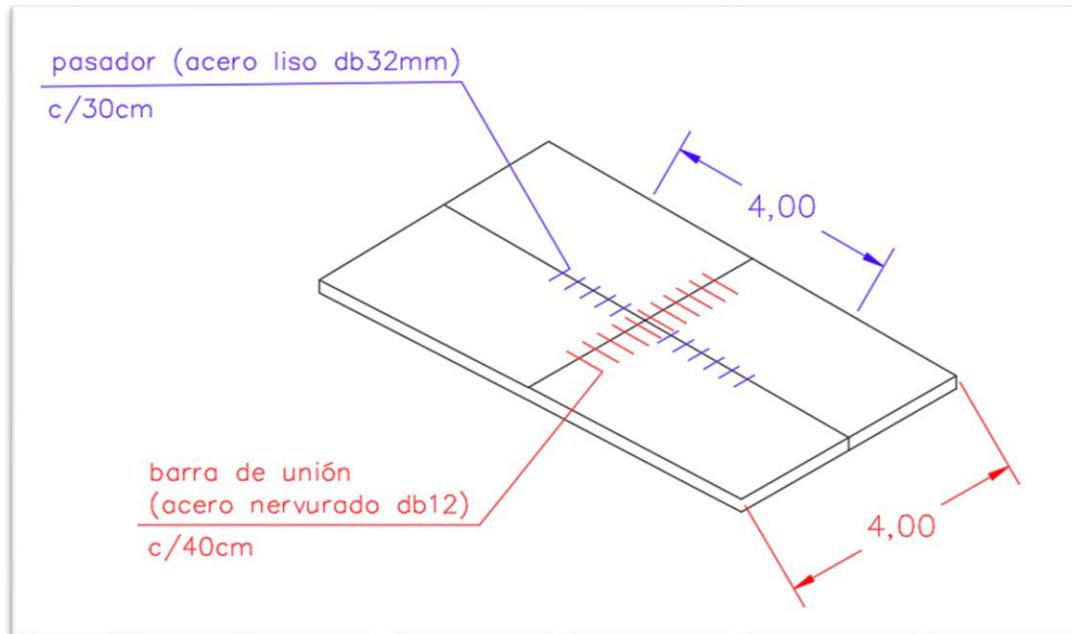


Figura 66: Detalle de losa de RM.

A continuación, se detalla el cómputo de cada material:

	pasadores cada 30cm [m]	0,032	Diam ext [m]	100	e [m]	10,8 (tres carriles)
	barras de union cada 40cm [m]	0,012	Diam int [m]	56,8		
	A losa [m2]	16	Perim ext [m]	628		
	A zona circulación [m2]	5320	Perim int [m]	357		
A liso -->	long pasadores [m]	0,7				
A nervado -->	long barras de unión [m]	0,4				

ACERO	cant pasadores=	ancho losa/sep pasadores=	13,3	[p]				
	cant pasadores por m2=	cant pasadores/A losa=	0,83	[p/m2]				
	cant pasadores p/A zona circulación=	cant pasadores por m2*A zona circulación=	4433	[p]				
	m de pasadores=	(cant pasadores p/A zona circulación)*long pasadores=	3103,39	[m]				
					peso db 32 [kg/m]	6,31	PASADORES [tn]	19,6
	cant barras=	largo losa/sep barras=	10,0	[b]	peso db 12 [kg/m]	0,888	BARRAS [tn]	1,2
	cant barras por m2=	cant barras/A losa=	0,63	[p/m2]				
	cant barras p/A zona circulación=	cant barras por m2*A zona circulación=	3325	[b]				
	m de pasadores=	(cant barras p/A zona circulación)*long barras=	1330,02	[m]				

BASE GRAVA-CEMENTO	A zona circulación*e (0,15m)=	798,01	[m3]
PAVIMENTO H°	A zona circulación*e(0,22m)=	1170,42	[m3]
BARANDA FLEX BEAM	Perim ext=	628,32	[m]
CORDÓN	Perim ext=	628,32	[m]
COLUMNA VIAL, FUNDACIÓN Y LUMINARIA	Perim ext/4m=	157,08	[Un]
JUNTAS DE DILATACIÓN	(Perim ext/4m) + (e/4m)*Perim ext=	1853,54	[m]

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N° 6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	----------------------------

Tabla 21: Dimensiones de la RM y cómputo.

3.4.6.2. Análisis de precio unitario

A continuación, se adjunta el análisis de precio unitario (en dólares) de cada material de forma aproximada para obtener una idea del costo total de la rotonda moderna proyectada, y así analizar la factibilidad económica. Se utiliza el precio del dólar al día 12/08/2024.

N°	ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD	P UNITARIO [USD]	TOTAL [USD]
1	Base de grava-cemento (0,15m)	m3	798,01	\$ 3,81	\$ 3.042,05
2	Pavimento de Hº(0,22m)	m3	1170,42	\$ 3,94	\$ 4.614,83
3	Acero ADN420	tn	20,76	\$ 208,16	\$ 4.322,05
4	Provisión y colocación de rejillas para bocas de limpieza	Un	4,00	\$ 18,64	\$ 74,57
5	Baranda metálica tipo flex beam	m	628,32	\$ 6,06	\$ 3.809,92
6	Cordón en Pavimento de Hormigón de 0,20m ancho	m	628,32	\$ 1,78	\$ 1.116,61
7	Columna VIAL de acero de 10m altura libre y brazo SIMPLE recto 2 m	Un	157,08	\$ 89,83	\$ 14.110,01
8	Fundación de hormigón para columna VIAL de 10m altura libre	Un	157,08	\$ 6,67	\$ 1.048,32
9	Luminaria LED para alumbrado VIAL 200 W	Un	157,08	\$ 22,10	\$ 3.471,63
12	Juntas de Dilatación	m	1853,54	\$ 28,18	\$ 52.235,80
				Total [USD]	\$ 87.845,79
Mano de obra					
1	Dirección técnica, capataz, proyectista, oficiales e inspección	un	20	-	\$ 100.000
				Total [USD]	\$ 100.000
Precio total estimado				Total [USD]	\$ 187.846

Tabla 22: APU y precio total aproximado de la RM.

El precio total aproximado de esta alternativa es de **43.922,91 USD**.

3.5. Otras alternativas no estructurales

Estas medidas no requieren cambios estructurales importantes en las carreteras o infraestructuras, y pueden contribuir a aliviar la congestión del tráfico de manera efectiva.

3.5.1. Promover el teletrabajo

Fomentar que más personas trabajen desde casa algunos días a la semana puede reducir significativamente la cantidad de vehículos en las carreteras durante las horas pico.

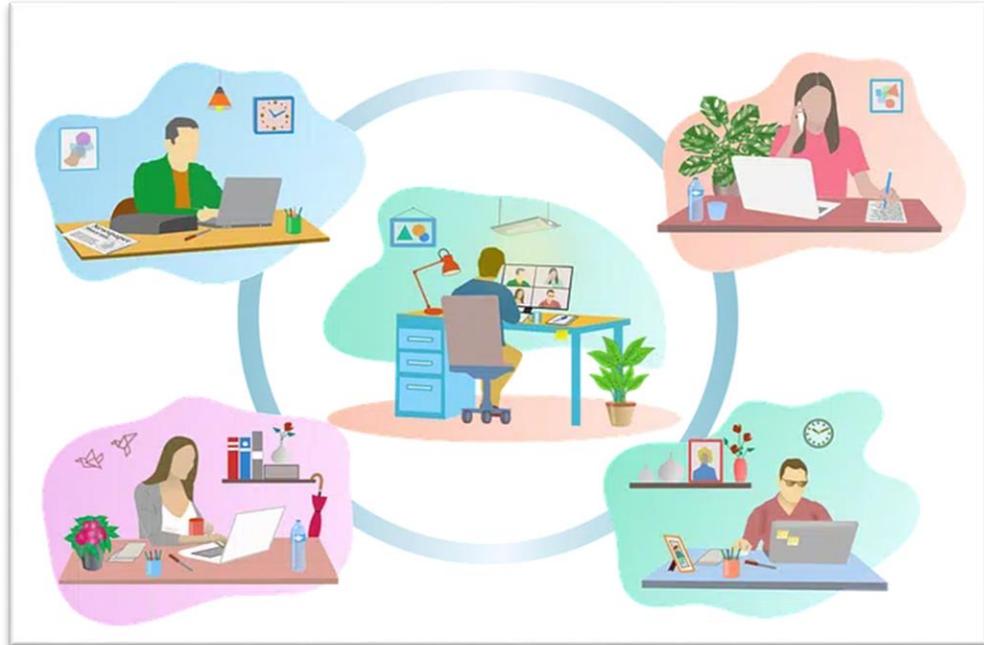


Figura 67: Teletrabajo o home office.

3.5.2. Incentivar el uso compartido de vehículos

Campañas para promover el carpooling o uso compartido de vehículos pueden disminuir el número de autos en circulación y, por lo tanto, reducir la congestión.



Figura 68: Carpooling.

3.5.3. Mejorar el transporte público

Invertir en mejorar la frecuencia, accesibilidad, y calidad del transporte público puede hacerlo más atractivo y reducir la dependencia del transporte individual.

Una de las medidas significativas implementadas en la ciudad de Mendoza en los últimos años ha sido la aplicación 'Mendotran'. Esta herramienta permite a los usuarios consultar los horarios de los autobuses, así como sus recorridos y rutas en tiempo real, lo que contribuye a optimizar el tiempo de viaje y reducir las esperas innecesarias.



Figura 69: Aplicación "Mendotran".

3.5.4. Implementar horarios flexibles

Alentar a las empresas y organizaciones a adoptar horarios de trabajo flexibles puede distribuir el tráfico a lo largo del día, evitando picos de congestión.

3.5.5. Fomentar el uso de bicicletas y caminar

Mejorar la infraestructura para bicicletas y peatones puede animar a más personas a usar estos medios de transporte, reduciendo así la cantidad de autos en la carretera.



Figura 70: Ciclovía en Godoy Cruz, Mendoza.



Figura 71: Bicitran Mendoza.

3.5.6. Implementar políticas de gestión del tráfico

Utilizar tecnología para gestionar mejor el flujo de tráfico, como semáforos inteligentes y sistemas de gestión de tráfico adaptativos, puede optimizar el movimiento de vehículos.

3.5.7. Educación y concienciación

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

Campañas educativas sobre prácticas de conducción eficientes y los impactos de la congestión pueden influir en el comportamiento de los conductores.

4. MODELACIÓN EN “AIMSUN NEXT”

Para realizar las modelaciones, se utilizó el software “Aimsun Next”. Se modeló la zona con el tránsito actual y el tránsito futuro. Además, se modelaron todas las alternativas con el tránsito futuro, y a partir de esto, se obtuvieron los resultados que permiten comparar las tres opciones en una matriz de decisión. Este enfoque facilita la visualización de los pros y contras de cada alternativa, lo que, finalmente, conduce a identificar la opción más adecuada.

Se colocarán en este documento algunas imágenes de los resultados del programa. El resto de las imágenes, se encontrarán en el “Anexo”.

En todas las imágenes, el norte se encuentra en dirección vertical ascendente.

La escala de colores que utiliza el programa es la siguiente:



Figura 72: Escala de colores de "Aimsun Next".

4.1. Modelación del nudo con tránsito actual y tránsito futuro

Se adjuntan imágenes del horario de las 8:00hs para tránsito actual y futuro. El resto de los horarios se adjuntan en el “Anexo”.



Figura 73: Modelación con tránsito actual-8:00hs.



Figura 74: Modelación con tránsito futuro-8:00hs.

4.2. Modelación de alternativas (con tránsito futuro)

4.2.1. Modelación de ALT N°1: Cierre de las calles Av. Gobernador Ricardo Videla y Pedro B. Palacios

Se adjunta imagen del horario de las 8:00hs de la modelación. El resto de los horarios se adjuntan en el "Anexo".



Figura 75: Modelación de cierre de calles -8:00hs.

4.2.2. Modelación de ALT N°2: Implementación de semáforos inteligentes

Se adjunta imagen del horario de las 8:00hs de la modelación. El resto de los horarios se adjuntan en el "Anexo".



Figura 76: Modelación semáforos inteligentes -8:00hs.

4.2.3. Modelación de ALT N°3: Diseño de una rotonda moderna

Se adjunta imagen del horario de las 8:00hs de la modelación. El resto de los horarios se adjuntan en el “Anexo”.



Figura 77: Modelación de rotonda moderna -8:00hs.

5. MATRIZ DE DECISIÓN

Se procederá a la elaboración de una matriz de decisión, en la cual se asignarán puntajes a las diferentes alternativas según criterios técnicos, ambientales y económicos.

5.1. Parámetros de la matriz de decisión

Se han evaluado varios factores claves que influyen en la viabilidad y efectividad de las diferentes alternativas propuestas para el proyecto. Los factores evaluados son los siguientes:

Factor Económico de la Alternativa:

Este criterio se refiere al costo total estimado para implementar cada alternativa. Se evaluará la inversión inicial necesaria, considerando la relación costo-beneficio y la capacidad de ajustarse al presupuesto disponible.

Tiempo de Implementación:

Aquí se analiza el tiempo que se requerirá para llevar a cabo cada alternativa desde su inicio hasta su finalización. Un menor tiempo de implementación es preferible, ya que puede reducir costos adicionales y minimizar interrupciones en la zona de estudio.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

Impacto Ambiental:

-Emisiones de gases: Se evalúa la cantidad de gases contaminantes que podrían ser emitidos durante la implementación y operación de cada alternativa. Este factor es crucial para determinar la sustentabilidad de la propuesta y su alineación con las normativas ambientales.

-Consumo de combustible: Se analiza el consumo de energía, especialmente de combustibles fósiles, asociado con cada alternativa. Un menor consumo indica una opción más eficiente y amigable con el medio ambiente.

Tiempos:

-Tiempo de demora: Este factor considera posibles demoras en la ejecución, ya sea por condiciones externas, logística o complejidad técnica. Minimizar estos retrasos es esencial para la eficacia del proyecto.

Factor de Congestión:

-Velocidad media final de los vehículos: Este criterio se enfoca en cómo cada alternativa afectará el flujo vehicular, midiendo la velocidad promedio que se espera que los vehículos mantengan una vez implementada la solución. Una velocidad más alta generalmente indica menos congestión y un flujo de tráfico más eficiente.

-Densidad: Es un aspecto crítico para comprender el nivel de saturación de la vía. La densidad se refiere al número de vehículos por unidad de longitud en una carretera en un momento dado.

5.2. Rangos para la ponderación y puntajes

Se ponderará cada uno de estos factores y se les asignará un puntaje en la matriz de decisión, permitiendo una comparación objetiva de las alternativas. El objetivo es seleccionar la opción que ofrezca el mejor equilibrio entre costo, tiempo, impacto ambiental y eficacia operativa.



1.1. Costo promedio	
MAX =	90000
MIN =	6300
2.1. Tiempo de demora para la implementación	
MAX =	730
MIN =	30
3.1. Emisiones de gases	
MAX =	10000
MIN =	1000
3.2. Consumo de combustible	
MAX =	5000
MIN =	1000
4.1. Tiempo de demora	
MAX =	6
MIN =	1,5
5.1. Velocidad final media de los vehículos	
MAX =	40
MIN =	15
5.2. Densidad	
MAX =	35
MIN =	15

Tabla 23: Rangos para la ponderación.

5.3. Matrices de decisión

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N° 6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	----------------------------

	MATRIZ DE DECISIÓN	UNIDAD	ALTERNATIVA N° 1: CIERRE DE CALLES		ALTERNATIVA N° 2: SEMÁFOROS INTELIGENTES		ALTERNATIVA N° 3: ROTONDA MODERNA	
			Cantidad	Puntuación 1	Cantidad	Puntuación 2	Cantidad	Puntuación 3
1	FACTOR ECONÓMICO DE ALTERNATIVA							
	Precio promedio	USD	22.960	9,83	189.000	0,06	187.000	0,18
2	TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN							
	Tiempo de demora para la implementación	días	90,00	9,14	90,00	9,14	365,00	5,21
3	AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE							
	Emisiones de gases	kg	2636,93	8,18	6283,56	4,13	4074,39	6,58
	Consumo de combustible	l	3398,26	4,00	4076,44	2,31	2784,92	5,54
4	TIEMPOS							
	Tiempo de Demora	min/km	2,45	7,90	4,44	3,47	4,58	3,15
5	FACTOR DE CONGESTIÓN							
	Velocidad final media de los vehículos	km/h	27,45	4,98	18,35	1,34	20,85	2,34
	Densidad	veh/km	16,74	9,13	24,19	5,41	30,91	2,05
PUNTUACIÓN TOTAL			53,2		25,9		25,0	

Tabla 24: Matriz de decisión comparando las 3 alternativas.

	MATRIZ DE DECISIÓN	UNIDAD	SITUACIÓN ACTUAL CON TRÁNSITO A FUTURO		ALTERNATIVA GANADORA: CIERRE DE CALLES	
			Cantidad	Puntuación 0	Cantidad	Puntuación 1
2	TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN					
	Tiempo de demora para la implementación	días	90,00	9,14	90,00	9,14
3	AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE					
	Emisiones de gases	kg	3163,65	7,60	2636,93	8,18
	Consumo de combustible	l	2038,83	7,40	3398,26	4,00
4	TIEMPOS					
	Tiempo de Demora	min/km	3,72	5,07	2,45	7,90
5	FACTOR DE CONGESTIÓN					
	Velocidad final media de los vehículos	km/h	36,63	8,65	27,45	4,98
	Densidad	veh/km	29,54	2,73	16,74	9,13
PUNTUACIÓN TOTAL			40,6		43,3	

Tabla 25: Matriz de decisión comparando alternativa ganadora con situación actual.

6. CONCLUSIONES

Como grupo, hemos aprendido la importancia de la colaboración multidisciplinaria y la integración de diferentes perspectivas para abordar problemas complejos de infraestructura. A lo largo de este proyecto, hemos aplicado los conocimientos adquiridos durante nuestros años de carrera en Ingeniería Civil, lo que nos ha permitido desarrollar soluciones efectivas y bien fundamentadas. Además, el uso de herramientas avanzadas como “Aimsun Next” nos ha demostrado que la planificación urbana eficaz requiere un equilibrio entre la técnica, la economía y la sostenibilidad.

Este estudio ha evaluado en detalle diversas alternativas para mejorar la movilidad urbana en el nudo vial entre la Av. Costanera y el Acceso Este en la provincia de Mendoza, considerando criterios técnicos, económicos y

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

socioambientales. Mediante el uso del software “Aimsun Next” se obtuvieron valores claves para la toma de decisiones. Tras un análisis comparativo y exhaustivo, y mediante la aplicación de una matriz de decisión, se ha determinado que la Alternativa N°1, que incluye el cierre de las calles Avenida Gobernador Ricardo Videla y Pedro B. Palacios, junto con la construcción de una pasarela peatonal, es la solución más adecuada para alcanzar los objetivos propuestos.

El cierre de estas arterias viales se justifica por su superioridad en la reducción de la congestión vehicular, mejorando significativamente la velocidad media de los vehículos y disminuyendo notablemente la densidad del tráfico. Estos resultados no solo optimizan la eficiencia del flujo vehicular, sino que también reducen los tiempos de demora (2,45 min/km), lo que se traduce en una mejora directa en la calidad de vida de los usuarios de la red vial.

Además, la alternativa propuesta destaca por su costo competitivo y un plazo de implementación razonable (90 días), lo que la convierte en una opción factible desde un punto de vista económico y logístico. Aunque se observa un aumento en el consumo de combustible, la disminución en las emisiones de gases contaminantes (2.636,93 kg) compensa parcialmente este impacto, manteniendo un enfoque equilibrado hacia la sostenibilidad ambiental.

La inclusión de una pasarela peatonal en este proyecto no solo responde a la necesidad de una conectividad segura para los peatones, sino que también refuerza la integración del espacio urbano, creando un entorno más accesible y cohesionado. Esta estructura complementaria es crucial para garantizar que la intervención no solo beneficie al tráfico vehicular, sino que también promueva un diseño urbano inclusivo que considere a todos los usuarios.

En conclusión, la Alternativa N° 1, que incluye el cierre de calles y la construcción de una pasarela peatonal, representa una solución integral y técnicamente sólida para los desafíos de movilidad urbana en la zona de estudio. Su implementación es altamente recomendable, ya que ofrece un balance óptimo entre eficiencia, costos y sostenibilidad, posicionándose como la mejor opción para mejorar la infraestructura vial y contribuir al desarrollo urbano sostenible.

 <p>F. R. M. U. T. N.</p>	<p>PROYECTO FINAL</p>	<p>Grupo N°6 2024</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------	----------------------------------

7. BIBLIOGRAFIA

-HCM. (2010). Manual de capacidad vial. HCM.

-Dirección Nacional de Vialidad. (2010). Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial.

-DEIE Mendoza. (s.f.). Actualización del índice de precios al consumidor.

<https://deie.mendoza.gov.ar/#!/articulo/272>

-Los Andes. (s.f.). Zapata y Costanera: el nudo vial que el viaducto no ha solucionado.

<https://www.losandes.com.ar/zapata-costanera-nudo-vial-viaducto-solucionado-773226>

-Skyscrapercity. (s.f.). Buenos Aires: Nudo vial 9 de Julio y 25 de Mayo.

<https://www.skyscrapercity.com/threads/buenos-aires-nudo-vial-9-de-julio-y-25-de-mayo.2298567/>

-Ingeconsultores. (s.f.). Construcción del nudo de intersección Avenida Costanera.

<http://www.ingeconsultores.com.ar/index.php/construccion-del-nudo-de-interseccion-avenida-costanera>

-Vialidad Mendoza. (s.f.). Obras en la Avenida Costanera.

http://www.vialidad.mendoza.gov.ar/index.php?id_menu=34

-Ecorfan. (s.f.). *Revista Aplicaciones de la Ingeniería*, 3(9). Recuperado de

https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones_de_la_Ingenieria/vol3num9/Revista_Aplicaciones_de_la_Ingenieria_V3_N9_3.pdf

-Manzo Cruz, F., & Arzate Hernández, L. (s.f.). *Impacto de la Ingeniería en la Sociedad*. Recuperado de

<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/99060/FRANCISCO%20MANZO%20CRUZ%20%26%20LUIS%20ARZATE%20HERN%C3%81NDEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXO:

Análisis de la congestión del nudo vial de Mendoza

Comes Doña, Facundo Leonel - Legajo: 45044

Espinoza Labay, Candela Rocío - Legajo: 45128

Morcos Zorrilla, María Emilia - Legajo: 45463

Roldán Iturrieta, Federico Matías - Legajo: 43814

Smovir, María Sol - Legajo: 45052

Director del trabajo: Helvio Gili

Integrantes de la cátedra: Tit.: Ing. Pablo Martín

JTP.:Ing. Gustavo Castro

Ayte.:Ing. Helvio Gili

2024

Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Mendoza

Ingeniería Civil

Cátedra: Proyecto Final

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

ÍNDICE

1.	Planillas usadas para el censo de cobertura (5/10/23-8:00hs)	3
2.	Resultados del censo (Ref 3.1.1 Memoria).....	9
2.1.	Horario 8:00hs	10
2.2.	Horario 13:00hs	12
2.3.	Horario 18:00hs	13
3.	Valores de tránsito futuro ingresados a “Aisum” (Ref 3.2.5 Memoria)	14
4.	Modelación del nudo con tránsito actual y tránsito futuro (Ref 5.1 Memoria).....	15
4.1.	Modelación con tránsito actual	16
4.2.	Modelación con tránsito futuro.....	19
5.	Modelación de ALT N°1: Cierre de calles (Ref 5.2.1 Memoria)	21
6.	Modelación de ALT N°2: Implementación de semáforos inteligentes (Ref 5.2.2)	27
7.	Modelación de ALT N°3: Diseño de una rotonda moderna (Ref 5.2.3)	33
8.	Fin	36



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N° 6
2024

MOVIMIENTO	MANIOBRA	VEHICULOS	BOJ - B15
MOV. NT2 MOR - Sur Prensa B		MOR - Sur	115 180 130 116 43 = 534
MOV. NT3 MOR - Sur Prensa C		MOR - Sur	122 123 116 111 41 = 518
MOV. NT4 MOR - Sur Prensa D		MOR - Sur	111 = 4
MOV. NT5 MOR - Sur Prensa E		MOR - Sur	11 = 2
MOV. NT6 MOR - Sur Prensa F		MOR - Sur	11
MOV. NT7 MOR - Sur Prensa G		MOR - Sur	11

Señ. C.

MOVIMIENTO	MANIOBRA	VEHICULOS	BOJ - B15
MOV. NT2 MOR - Sur Prensa B		MOR - Sur	115 180 130 116 43 = 534
MOV. NT3 MOR - Sur Prensa C		MOR - Sur	122 123 116 111 41 = 518
MOV. NT4 MOR - Sur Prensa D		MOR - Sur	111 = 4
MOV. NT5 MOR - Sur Prensa E		MOR - Sur	11 = 2
MOV. NT6 MOR - Sur Prensa F		MOR - Sur	11
MOV. NT7 MOR - Sur Prensa G		MOR - Sur	11

MOVIMIENTO	MANIOBRA	VEHICULOS	BOJ - B15
MOV. NT1 MOR - Sur Prensa A		MOR - Sur	115 180 130 116 43 = 534
MOV. NT2 MOR - Sur Prensa B		MOR - Sur	122 123 116 111 41 = 518
MOV. NT3 MOR - Sur Prensa C		MOR - Sur	111 = 4
MOV. NT4 MOR - Sur Prensa D		MOR - Sur	11 = 2
MOV. NT5 MOR - Sur Prensa E		MOR - Sur	11
MOV. NT6 MOR - Sur Prensa F		MOR - Sur	11
MOV. NT7 MOR - Sur Prensa G		MOR - Sur	11

Señ. C.

MOVIMIENTO	MANIOBRA	VEHICULOS	BOJ - B15
MOV. NT1 MOR - Sur Prensa A		MOR - Sur	115 180 130 116 43 = 534
MOV. NT2 MOR - Sur Prensa B		MOR - Sur	122 123 116 111 41 = 518
MOV. NT3 MOR - Sur Prensa C		MOR - Sur	111 = 4
MOV. NT4 MOR - Sur Prensa D		MOR - Sur	11 = 2
MOV. NT5 MOR - Sur Prensa E		MOR - Sur	11
MOV. NT6 MOR - Sur Prensa F		MOR - Sur	11
MOV. NT7 MOR - Sur Prensa G		MOR - Sur	11



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N°6
2024

Ignacio Gonzalez

MOVIMIENTO	MANOBRAS	VEHICULOS	8:00 - 8:15
MOV. APT. Oper. Personal I		Alton y Cam 9 4 4 4 4	5 4 3 3 3 3 3 3
MOV. APT. Oper. Norte		MOTOS 1 1	1 1
MOV. PASAJEROS		Centrom 1	1
		Alton y Cam 1-1-1 1-3-2 3-1-2 3-5	2-1-1 2-1-2 1-3 1-3
		Centrom 1	1
		Pasajeros 2-1-1-1-1-1 3-1-1-1-1-1-1-1	5-1-1-1-1-1-1-1-1-1 1-1-1-1-1-1-1-1-1-1
		Cochera	

05/10/23 Niclas Lopez

MOVIMIENTO	MANOBRAS	VEHICULOS	8:00 - 8:15
MOV. APT. Oper. Personal I		Alton y Cam 9 4 4 4 4	5 4 3 3 3 3 3 3
		MOTOS 1 1	1 1
		Centrom 1	1
		Alton y Cam 1-1-1 1-3-2 3-1-2 3-5	2-1-1 2-1-2 1-3 1-3
		Centrom 1	1
		Pasajeros 2-1-1-1-1-1 3-1-1-1-1-1-1-1	5-1-1-1-1-1-1-1-1-1 1-1-1-1-1-1-1-1-1-1
		Cochera	

0 21.1 / 2



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N°6
2024

MOVIMIENTO	MANOBRAS	VEHICULOS		EBO - 8115	
		Autos y Cam	Motos	Autos y Cam	Motos
<p>MOV. N°1 Dpto. - Ruta Previsional</p>		Autos y Cam	Motos	Autos y Cam	Motos
		25 16 14 20	30 25 25	29 20 13	25 21 20
		16 28 31 17	8	20 20 19	267
		23 17 29 4	112	25 21 20	267
		20 31 25	252	25 21 20	267
<p>MOV. N°2 Dpto. - Ruta Previsional</p>		Autos y Cam	Motos	Autos y Cam	Motos
		23 10 12	13 14 18	13 12 10	14 11 8
		20 12 15	13 10 11	13 10 11	14 11 8
		22 14 9	16 14 11	16 14 11	14 11 8
		47 13 8	8 8 8	8 8 8	14 11 8
<p>MOV. N°3 Dpto. - Ruta Previsional</p>		Autos y Cam	Motos	Autos y Cam	Motos
		23 10 12	13 14 18	13 12 10	14 11 8
		20 12 15	13 10 11	13 10 11	14 11 8
		22 14 9	16 14 11	16 14 11	14 11 8
		47 13 8	8 8 8	8 8 8	14 11 8

LUCAS S/M

ENCU 3/10

MOV. N°1

MOVIMIENTO	MANOBRAS	VEHICULOS	EBO - 8115
<p>MOV. N°1 Dpto. - Ruta Previsional</p>		Autos y Cam	30 25 25
		16 28 31 17	8
		23 17 29 4	112
		20 31 25	252
		25 16 14 20	252
<p>MOV. N°2 Dpto. - Ruta Previsional</p>		Autos y Cam	13 14 18
		20 12 15	13 10 11
		22 14 9	16 14 11
		47 13 8	8 8 8
		23 10 12	8 8 8
<p>MOV. N°3 Dpto. - Ruta Previsional</p>		Autos y Cam	13 14 18
		20 12 15	13 10 11
		22 14 9	16 14 11
		47 13 8	8 8 8
		23 10 12	8 8 8



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N° 6
2024

MOVIMIENTO	MANIOBRA	VEHICULOS		B.D. - B.I.S	Year: Desde 5/20
		Autov. Cam	Autov. Cam		
		Autov. Cam	Autov. Cam	983	
		Camión	Camión	981	
		Autov. Cam	Autov. Cam	983	
		Camión	Camión	981	
		Autov. Cam	Autov. Cam	983	
		Camión	Camión	981	
		Autov. Cam	Autov. Cam	983	
		Camión	Camión	981	



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N° 6
2024

MOVIMIENTO		MANOBRAS		VEHICULOS	
				<p><i>Me voy a salir</i></p>	
Autos y Cam	Autos y Cam				
39	31	21	30	30	30
11	28	30	30	26	26
18	29	31	26	28	28
24	33	23	28		
39	38	30	29		
30	35	30	29		
52	52	52	52	52	52
885	885	885	885	885	885
102	102	102	102	102	102
46	46	46	46	46	46
1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3

MOVIMIENTO		MANOBRAS		VEHICULOS	
Autos y Cam					
20-16-30	26-28-25-26	20-16-30	26-28-25-26	20-16-30	26-28-25-26
20-27-23	29-26-28-20	20-27-23	29-26-28-20	20-27-23	29-26-28-20
27-17-19	32-23-22	27-17-19	32-23-22	27-17-19	32-23-22
27-15-25		27-15-25		27-15-25	
20		20		20	
100	100	100	100	100	100
354	354	354	354	354	354
642	642	642	642	642	642
52	52	52	52	52	52
26	26	26	26	26	26
10	10	10	10	10	10
2	2	2	2	2	2

2. Resultados del censo (Ref 3.1.1 Memoria)



2.1. Horario 8:00hs

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		1100	2094	216		3410
1456: N	656		378	1770	34	2838
1461: O	854	10		68	2	934
1464: OS	438	292		308	178	1216
1466: S	986	1284	52		80	2402
Total	2934	2686	2524	2362	294	10800

Tabla 1: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 8:00hs – Dia: jueves – Vehículos: AUTOS.

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		76	6	6		88
1456: N	63		8	6	3	80
1461: O	6					6
1464: OS	4	2		4		10
1466: S	17	4	1			22
Total	90	82	15	16	3	206

Tabla 2: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 8:00hs – Dia: jueves – Vehículos: CAMIONES.

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		128	12			140
1456: N	48		10	2	2	62
1461: O	18	1		7		26
1464: OS	50	34		80	2	166
1466: S	42		2			44
Total	158	163	24	89	4	438



Tabla 3: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 8:00hs – Dia: jueves – Vehículos: BUSES.

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		94	14	38		146
1456: N	44		38	214	2	298
1461: O	6	1		3		10
1464: OS	19	13		26	2	60
1466: S	46	104	2		2	154
Total	115	212	54	281	6	668

Tabla 4: Datos ingresado en software "Aimsun" – Horario 8:00hs – Dia: jueves – Vehículos: MOTOS.



2.2. Horario 13:00hs

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		900	1614	134		2648
1456: N	840		276	1532	44	2692
1461: O	1224	16		109	3	1352
1464: OS	338	226		362	188	1114
1466: S	965	897	51		80	1993
Total	3367	2039	1941	2137	315	9799

Tabla 5: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 13:00hs – Dia: martes– Vehículos: AUTOS.

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		48	8			56
1456: N	141		4	20	7	172
1461: O	4					4
1464: OS	2	2			6	10
1466: S	44	8	2			54
Total	191	58	14	20	13	296

Tabla 6: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 13:00hs – Dia: martes– Vehículos: CAMIONES.

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		98	10			108
1456: N	29				1	30
1461: O	14	2		12		28
1464: OS	35	24		78		137
1466: S	40		2			42
Total	118	124	12	90	1	345

Tabla 7: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 13:00hs – Dia: martes– Vehículos: BUSES.



	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		88	104	18		210
1456: N	55		40	130	3	228
1461: O	48	3		22	1	74
1464: OS	50	34		40	42	166
1466: S	67	94	3		2	166
Total	220	219	147	210	48	844

Tabla 8: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 13:00hs – Dia: martes– Vehículos: MOTOS.

2.3. Horario 18:00hs

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		1314	1766	198		3278
1456: N	844		268	1420	44	2576
1461: O	1048	9		56	1	1114
1464: OS	355	237		320	180	1092
1466: S	908	1180	48		68	2204
Total	3155	2740	2082	1994	293	10264

Tabla 9: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 18:00hs – Dia: miércoles– Vehículos: AUTOS.

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		40	4			44
1456: N	36				2	38
1461: O	2					2
1464: OS	2	2		4	1	9
1466: S	11	4	1			16
Total	51	46	5	4	3	109

Tabla 10: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 18:00hs – Dia: miércoles– Vehículos: CAMIONES.



	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		116	18			134
1456: N	32		4		2	38
1461: O	20	1		7		28
1464: OS	47	31		66	3	147
1466: S	38		2			40
Total	137	148	24	73	5	387

Tabla 11: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 18:00hs – Dia: miércoles– Vehículos: BUSES.

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		70	128	10		208
1456: N	63		32	132	3	230
1461: O	62	2		12		76
1464: OS	41	27		18	30	116
1466: S	74	134	4		12	224
Total	240	233	164	172	45	854

Tabla 12: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 18:00hs – Dia: miércoles– Vehículos: MOTOS.

3. Valores de tránsito futuro ingresados a "Aisum" (Ref 3.2.5 Memoria)

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	Grupo N°6 2024
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------	---------------------------

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		5291	1380	255		6926
1456: N	2902		609	1091	133	4735
1461: O	951	28		195	1	1175
1464: OS	1465	977		2107	129	4678
1466: S	1844	726	94		37	2701
Total	7162	7022	2083	3648	300	20215

Tabla 13: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 8:00hs – Dia: jueves– TF.

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		4018	1256	72		5346
1456: N	4557		248	1278	217	6300
1461: O	1044	58		354	2	1458
1464: OS	1084	756		2087	255	4182
1466: S	2533	667	123		39	3362
Total	9218	5499	1627	3791	513	20648

Tabla 14: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 13:00hs – Dia: martes– TF.

	1452: E	1456: N	1461: O	1466: S	1477: ES	Total
1452: E		3755	1213	84		5052
1456: N	1759		203	624	101	2687
1461: O	897	25		171		1093
1464: OS	1164	783		1571	170	3688
1466: S	1400	610	82		32	2124
Total	5220	5173	1498	2450	303	14644

Tabla 15: Datos ingresados en software "Aimsun" – Horario 18:00hs – Dia: miércoles– TF.

4. Modelación del nudo con tránsito actual y tránsito futuro (Ref 5.1

Memoria)



4.1. Modelación con tránsito actual

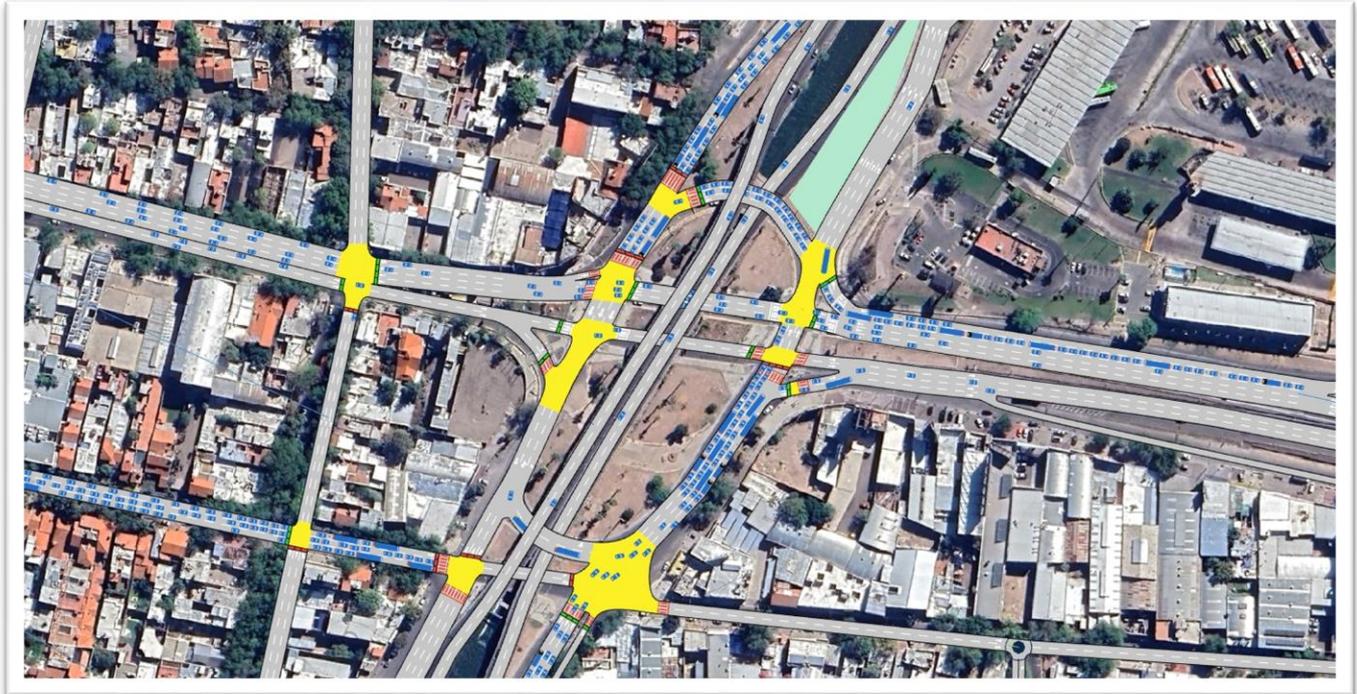


Figura 1: Modelación con tránsito actual-8:00hs.





Figura 2: Modelación con tránsito actual-8:00hs.

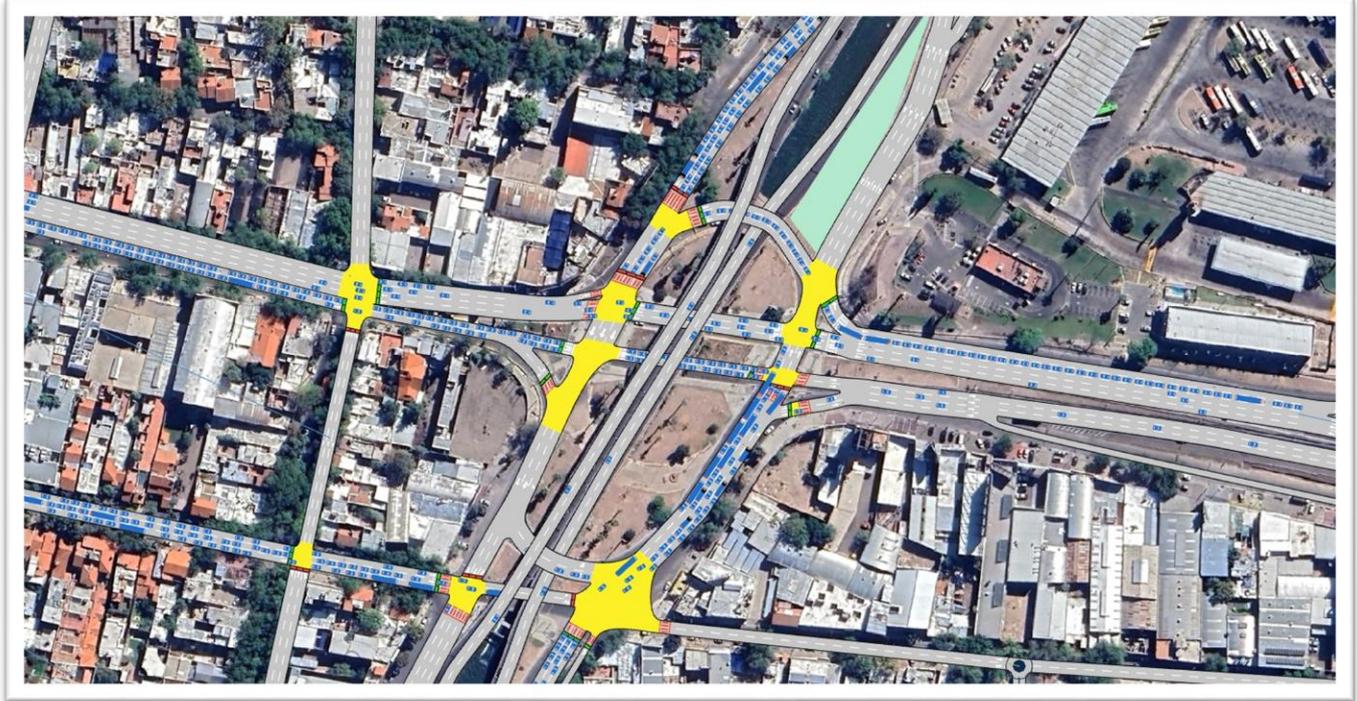


Figura 3: Modelación con tránsito actual-13:00hs.

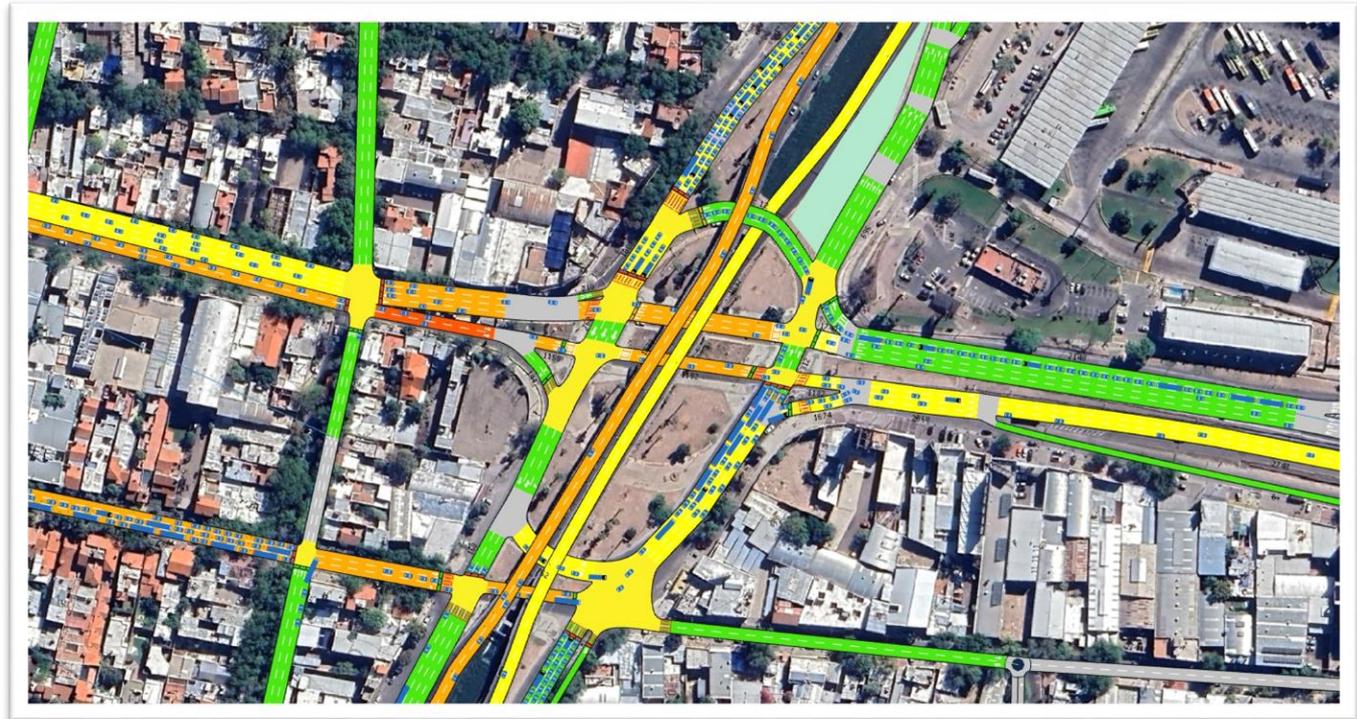


Figura 4: Modelación con tránsito actual-13:00hs.

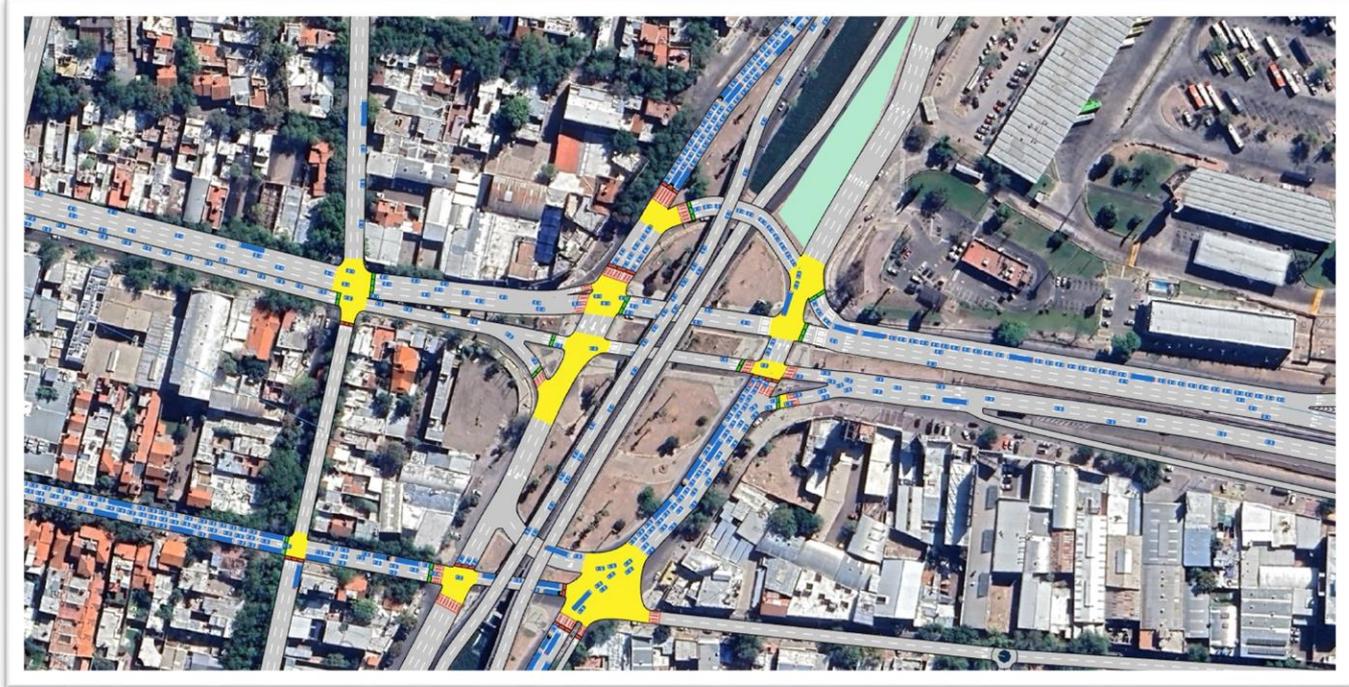


Figura 5: Modelación con tránsito actual-18:00hs.



Figura 6: Modelación con tránsito actual-18:00hs.



4.2. Modelación con tránsito futuro



Figura 7: Modelación con tránsito futuro-8:00hs.

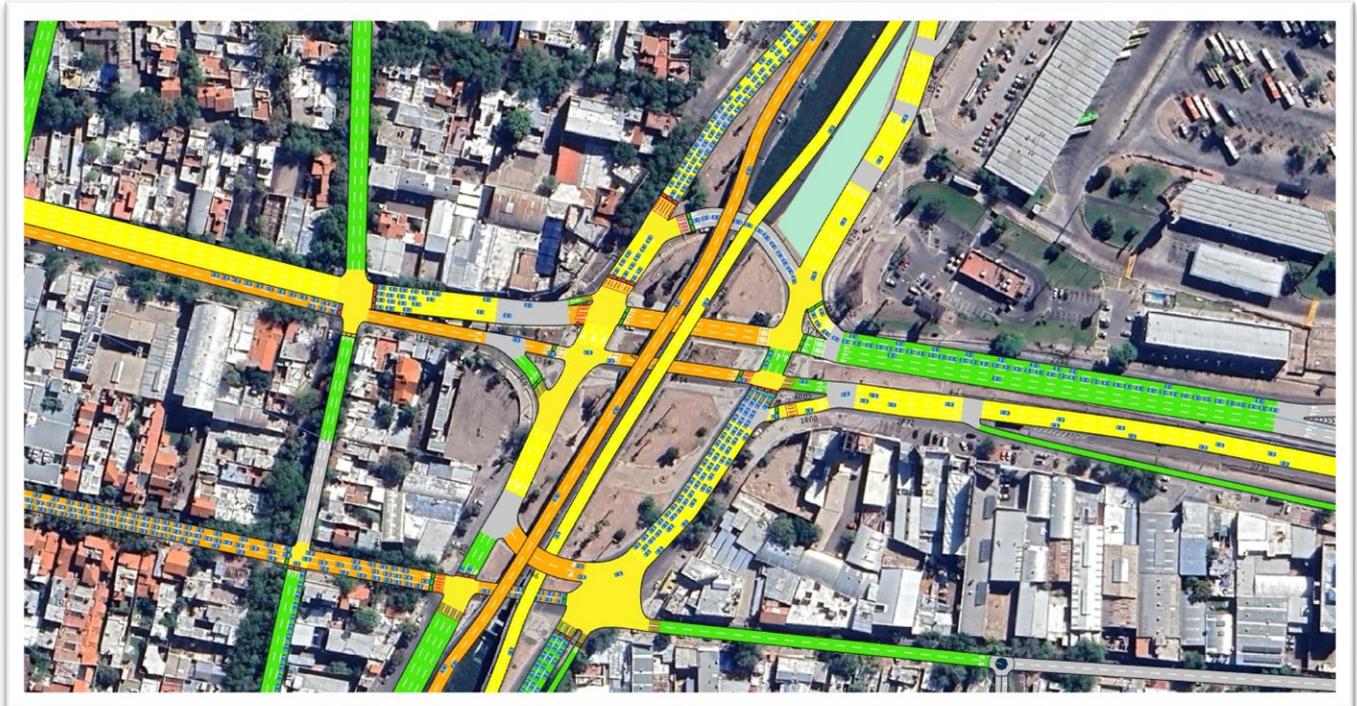


Figura 8: Modelación con tránsito futuro-8:00hs.

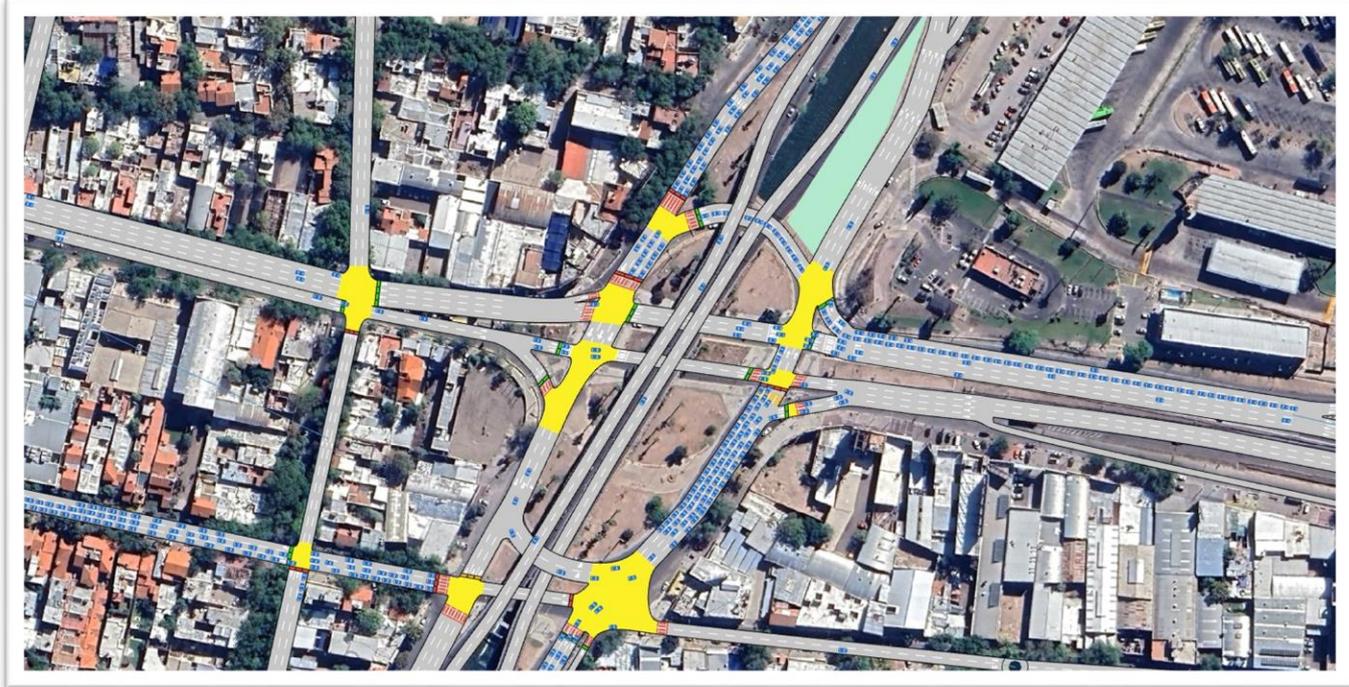


Figura 9: Modelación con tránsito futuro-13:00hs.



Figura 10: Modelación con tránsito futuro-13:00hs.



Figura 11: Modelación con tránsito futuro-18:00hs.

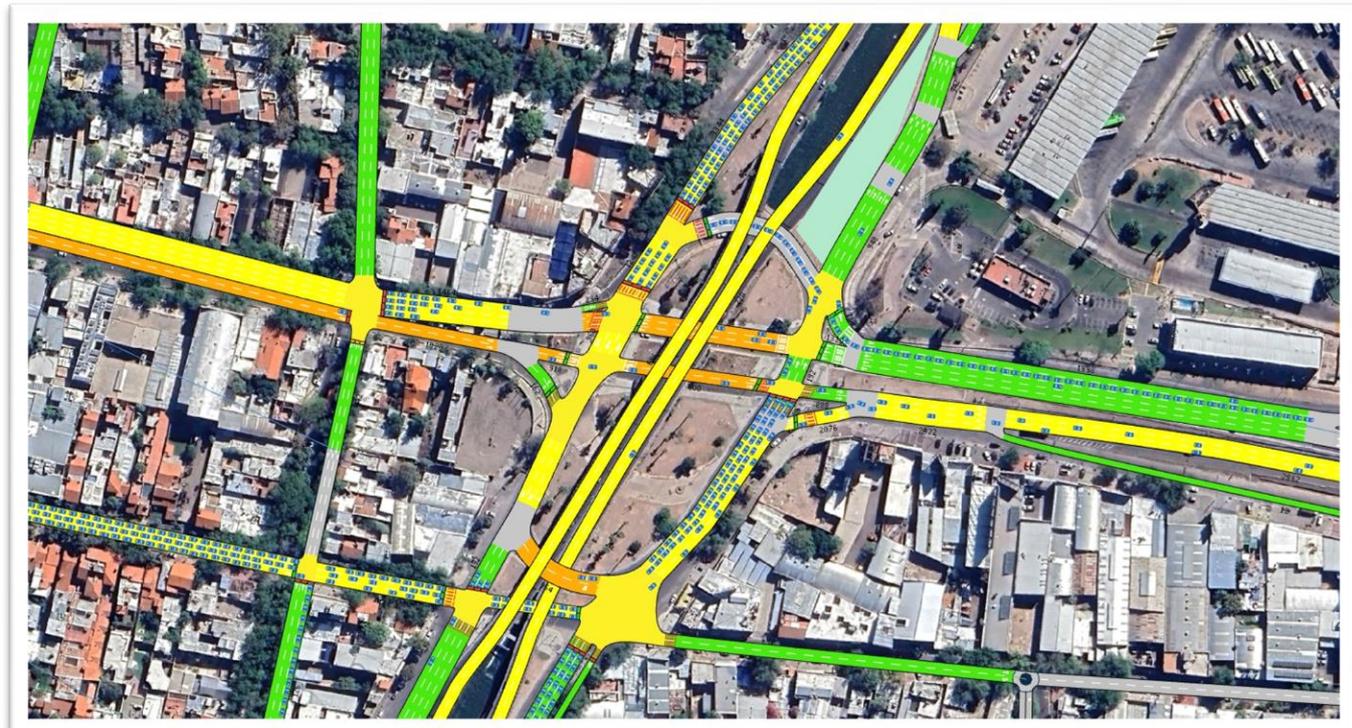


Figura 12: Modelación con tránsito futuro-18:00hs.

5. Modelación de ALT N°1: Cierre de calles (Ref 5.2.1 Memoria)

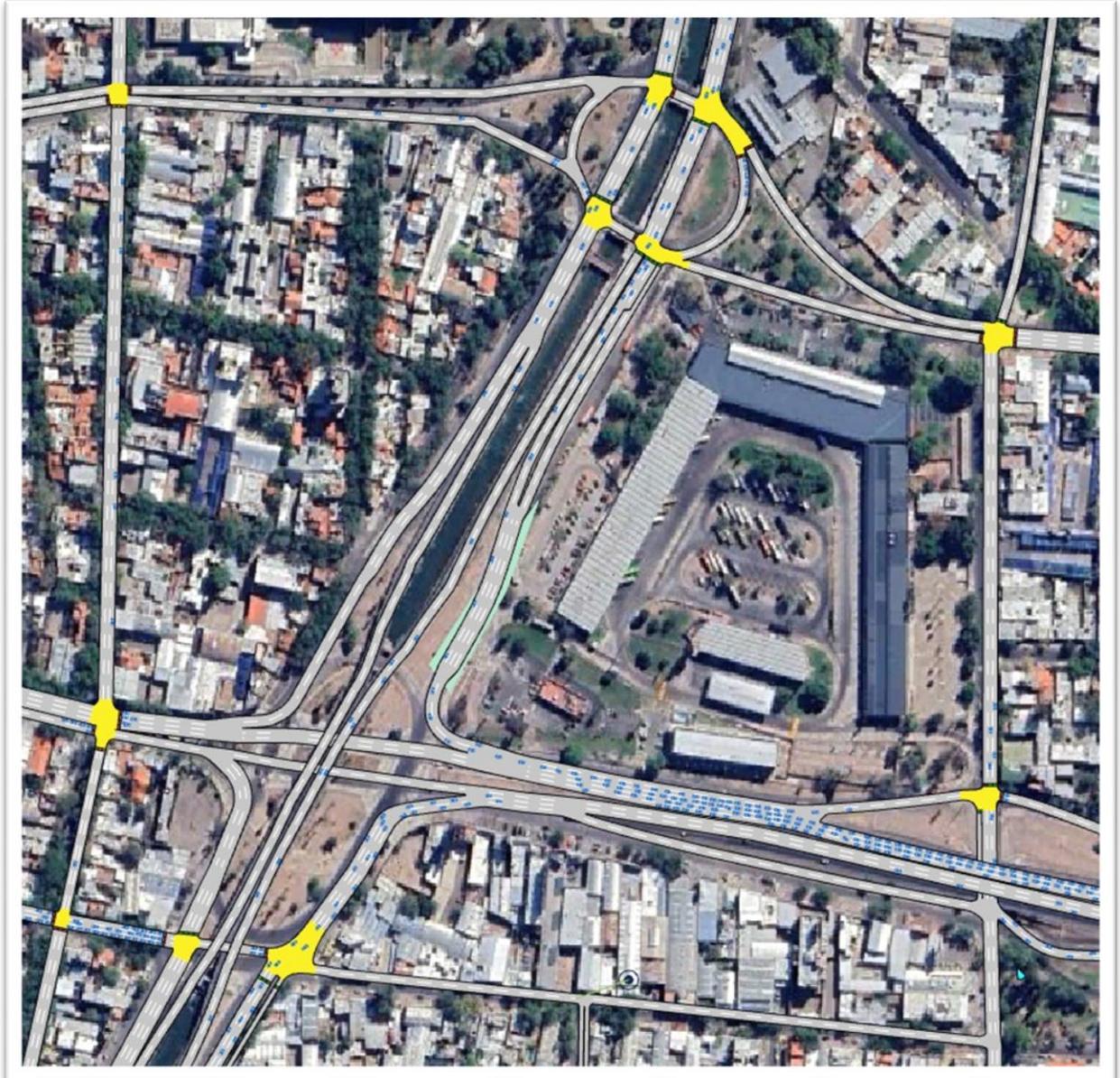


Figura 13: Modelación de ALT 1-8:00hs.



Figura 14: Modelación de ALT 1-8:00hs.



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

**Grupo N°6
2024**

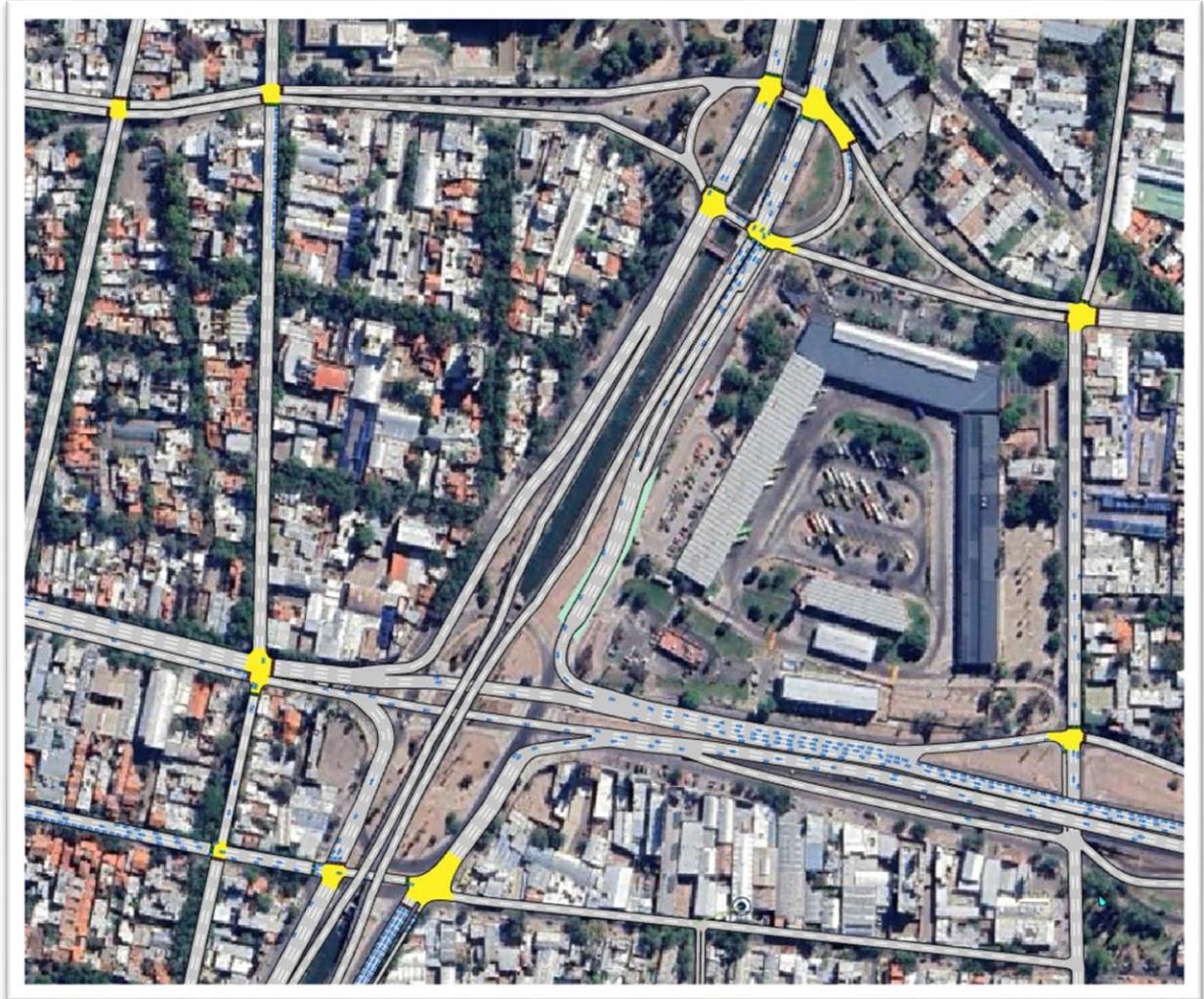




Figura 15: Modelación de ALT 1-13:00hs.



Figura 16: Modelación de ALT 1-13:00hs.



Figura 17: Modelación de ALT 1-18:00hs.



Figura 18: Modelación de ALT 1-18:00hs.

6. Modelación de ALT N°2: Implementación de semáforos inteligentes (Ref 5.2.2)



F. R. M.
U. T. N.

PROYECTO FINAL

Grupo N°6
2024





Figura 20: Modelación de ALT 2-8:00hs.





Figura 21: Modelación de ALT 2-13:00hs.





Figura 22: Modelación de ALT 2-13:00hs.





Figura 23: Modelación de ALT 2-18:00hs.

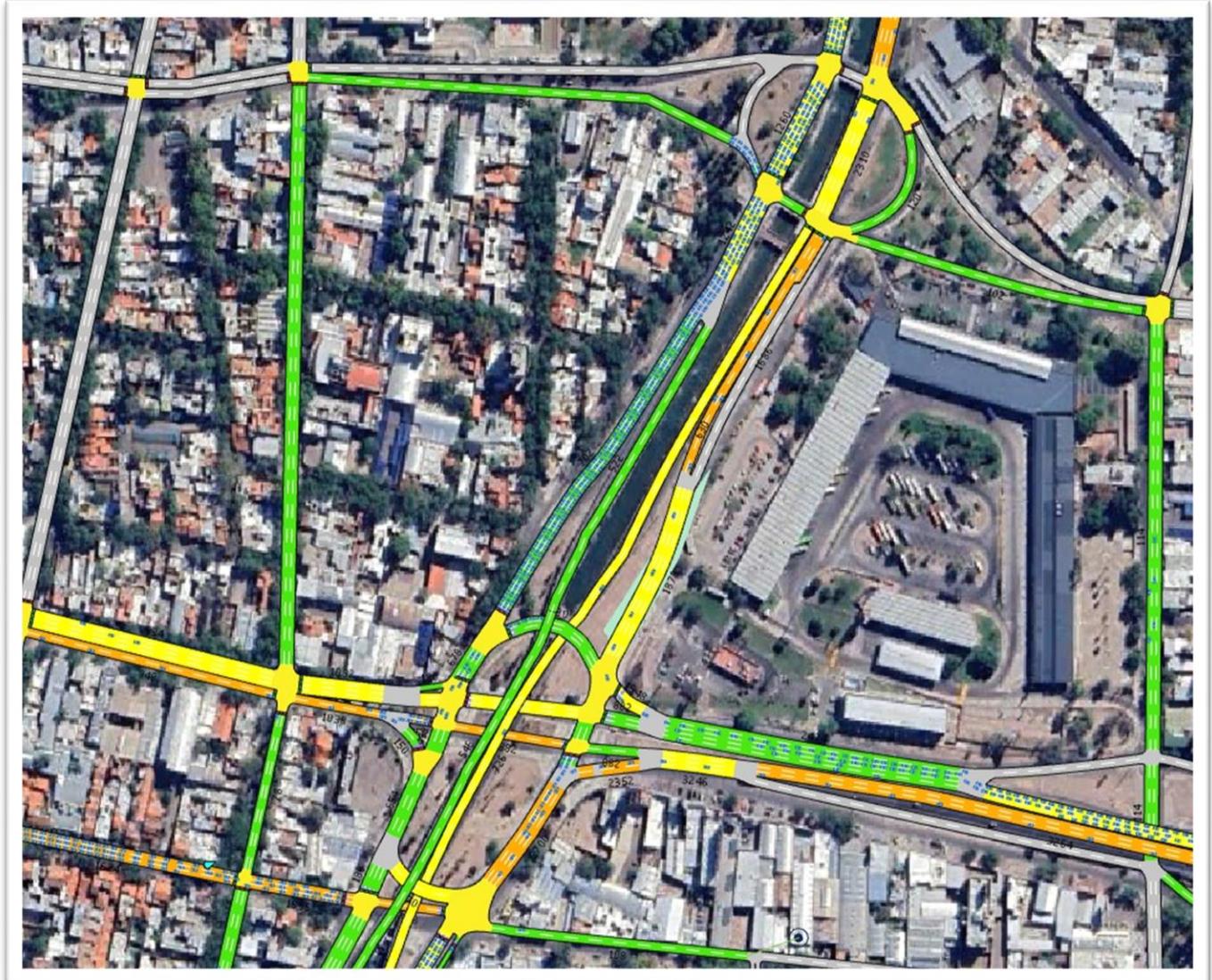


Figura 24: Modelación de ALT 2-18:00hs.

7. Modelación de ALT N°3: Diseño de una rotonda moderna (Ref 5.2.3)



Figura 25: Modelación de ALT 3-8:00hs.



Figura 26: Modelación de ALT 3-8:00hs.



Figura 27: Modelación de ALT 3-13:00hs.



Figura 28: Modelación de ALT 3-13:00hs.



Figura 29: Modelación de ALT 3-18:00hs.



Figura 30: Modelación de ALT 3-18:00hs.

8. Fin