

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

FACULTAD DE INGENIERÍA



Tesis:

**“SOLUCIÓN INTEGRAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO EN RUTA
NACIONAL N°22 POR EL EMPLAZAMIENTO DE LA CIUDAD
SANITARIA”**

Autores:

Sánchez Schütze Débora y
Varas Fernando Emanuel Javier

Director Académico:


Ing. Quidel Luis Alberto



Quidel Luis Alberto
DIRECTOR



Sánchez Schütze,
Débora Noemi
36.372.195
Ing- 741



Varas Emanuel
Fernando
Emanuel Javier
35.835.312
Ing-1172

INGENIERÍA CIVIL

Neuquén, 2020

RESUMEN TESIS

La presente tesis de grado tiene como objetivo el desarrollo de un anteproyecto que brinde una solución integral y factible a una de las problemáticas viales que existe en la ciudad de Neuquén. Particularmente, se analiza el acceso al aeropuerto sobre Ruta Nacional N°22, donde se registran bajos niveles de servicio en horas pico. Sumado a esto, surge el emprendimiento de la “Ciudad Sanitaria Neuquén” en cercanías a la zona, generando un aumento en el volumen de tránsito. Entonces, se pretende que el resultado sea de ayuda para que los entes involucrados puedan afrontar la problemática planteada y analizar la solución propuesta.

A partir de allí, se comenzaron con distintas tareas de campo para poder recolectar toda la información necesaria y lograr un buen diseño geométrico de la zona en estudio. Entre ellas, se puede mencionar visitas periódicas al lugar, realización de censos volumétrico de tránsito, relevamientos planialtimétrico y nivelación.

Mediante sucesivas consultas con nuestro tutor de tesis y siguiendo sus correcciones, se trabaja en cada aspecto que encierran la problemática.

Dentro de las tareas que conformaron el anteproyecto se pueden mencionar: recolección, análisis y tratamiento de datos, correlación con datos existentes, diversas tareas de campo, diseño geométrico, planos de anteproyecto y de señalización horizontal y vertical.

Palabras Claves: Problemática vial, solución integral, censo de tránsito, diseño geométrico y señalización.

ABSTRACT

The aim of the present thesis is to develop a preliminary project capable of providing a comprehensive and viable solution to a current road and traffic problem the city of Neuquén is experiencing. In particular, the airport access on Route N°22 has low levels of service during rush hours. Added to this, the “Ciudad Sanitaria Neuquén” project was created nearby this area, which would generate a traffic increase. Thus, the intention of this investigation, analyses and results is to provide data to the entities involved in this dilemma, in order to face it and analyze the proposed solution.

In order to create a solution for the change in traffic flow, much field work was done to gather all necessary information and get geometrical design of the study area. Some of the tasks included periodical visits to the place of investigation, traffic censuses and topographical surveys.

Having consulted the thesis tutor many times and followed his guidance and correction, we worked so as to give answers to all aspects of this traffic dilemma.

Among the tasks included in this preliminary project are the following: data collection, analysis and treatment, correlation among existing data, field work, geometric design, preliminary project plans, and vertical and horizontal signage drawings.

Keywords: Road problem, comprehensive solution, traffic censuses, geometrical design and signposting.

RECONOCIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A nuestras familias, por todo el esfuerzo y apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

A nuestro Director de Tesis, el Ingeniero Luis Quidel, por su tiempo y dedicación en la conducción y elaboración del presente trabajo.

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	FUNDAMENTACIÓN	1
1.2	OBJETIVO GENERAL	1
1.3	ACTIVIDADES PARTICULARES.....	1
1.3.1	Actividad 1- Recopilación de datos y censo volumétrico.....	1
1.3.2	Actividad 2- Análisis de datos del ex-peaje censo 2012 y comparación con la intersección Goya-Ruta Nacional N°22.....	1
1.3.3	Actividad 3- Determinación del TMDA.....	2
1.3.4	Actividad 4- Análisis de capacidad y nivel de servicio de la intersección semaforizada calle Goya y Ruta Nacional N°22.....	2
1.3.5	Actividad 5- Análisis de capacidad y nivel de servicio de la intersección semaforizada calle Bermudas y Ruta Nacional N°22.....	2
1.3.6	Actividad 6- Relevamiento planialtimétrico de la zona.....	2
1.3.7	Actividad 7- Diseño geométrico.....	2
1.3.8	Actividad 8- Gestiones ante Entes.....	2
1.3.9	Actividad 9- Señalamiento.....	2
1.3.10	Actividad 10- Elaboración de Planos de Anteproyecto.....	2
1.3.11	Actividad 12- Elaboración de conclusiones y redacción del trabajo final.....	3
1.4	METODOLOGÍA.....	3
1.5	ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	3
2	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	4
2.1	Introducción.....	4
2.2	Análisis de la zona de trabajo.....	4
2.2.1	Ubicación geográfica.....	4
2.2.2	Organización interna de la Ciudad Sanitaria.....	5
2.2.3	Identificación de los nodos críticos.....	6
3	RECOPIACIÓN DE DATOS.....	13
3.1	INTERSECCIÓN 1	13
3.1.1	Introducción	13
3.1.2	Censo.....	13
3.1.3	Estimación de datos adicionales.....	15
3.1.4	Medidas de la intersección	16

3.1.5	Comparación con el ex-peaje	17
3.1.6	Tránsito Medio Diario Anual (T.M.D.A.).....	21
3.2	INTERSECCIÓN 2	24
3.2.1	Introducción	24
3.2.2	Censo.....	24
3.2.3	Estimación de datos adicionales.....	25
3.2.4	Medidas de la intersección	26
3.2.5	Comparación con la INTERSECCIÓN 1.....	26
3.3	CIUDAD SANITARIA	27
3.3.1	Fase de funcionamiento.....	27
4	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	32
4.1	Introducción.....	32
4.2	INTERSECCIÓN 1	32
4.3	Análisis de la capacidad y nivel de servicio	33
4.4	INTERSECCIÓN 2	42
4.5	Análisis de la capacidad y nivel de servicio	43
5	DISEÑO PRELIMINAR	50
5.1	INTRODUCCIÓN.....	50
5.2	PROPUESTAS PLANTEADAS PARA LA INTERSECCIÓN 1	50
5.2.1	Modificación N° 1	50
5.2.2	Modificación N° 2.....	52
5.2.3	Modificación N° 3.....	55
5.2.4	Modificación N° 4 – Rotonda Moderna.....	57
5.3	PROPUESTA PLANTEADA PARA LA INTERSECCIÓN 2	73
5.3.1	INTERSECCIÓN 2 a distinto nivel	73
6	CONCLUSIONES	85
7	PLANOS.....	86
7.1	Planimetría General	86
7.2	Plano de Perfiles Transversales	86
7.3	Planos de señalización	86
7.3.1	Introducción	86
7.3.2	Objetivo del Señalamiento Horizontal y Vertical	86
7.3.3	Señalización Horizontal	86

7.3.4 Señalización Vertical.....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	87
ANEXOS.....	88

1 INTRODUCCIÓN

1.1 FUNDAMENTACIÓN

En la ciudad de Neuquén y sus alrededores, se tiene un gran crecimiento demográfico impulsado por la actividad hidrocarburífera y administrativa, dejando la infraestructura urbana en una situación complicada a la hora de satisfacer las necesidades de los habitantes de manera eficiente.

Parte importante de la infraestructura urbana lo componen los centros de salud y las vías de comunicación que permiten llegar a éstos. La concepción de un buen diseño de estas vías tiene como fin satisfacer una necesidad tanto estética como práctica aplicada al transporte de bienes y personas. Tal es el caso del proyecto “Ciudad Sanitaria Neuquén”, que surge como una iniciativa del Sindicato de Petróleo y Gas Privado de Río Negro, Neuquén y La Pampa, para responder a la necesidad de centros asistenciales de salud de alta complejidad.

1.2 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de la siguiente tesis de grado es desarrollar un anteproyecto que brinde una solución integral a una problemática local, existente en la ciudad de Neuquén, en materia de vías de comunicación, con el fin de resolverla y ofrecer una alternativa factible. En este sentido, el anteproyecto debe servir como punto de partida para que los entes involucrados (en particular, la Dirección Nacional de Vialidad y la Municipalidad de Neuquén) puedan afrontar la problemática y brindar la mejor solución.

1.3 ACTIVIDADES PARTICULARES

1.3.1 Actividad 1- Recopilación de datos y censo volumétrico.

Recopilar datos y analizar todos aquellos factores que inciden en la problemática actual.

Realizar un censo volumétrico en la intersección Goya-Ruta Nacional N°22 (RN 22), para conocer la situación actual del tránsito.

1.3.2 Actividad 2- Análisis de datos del ex-peaje censo 2012 y comparación con la intersección Goya-Ruta Nacional N°22.

Analizar los datos obtenidos en el censo volumétrico en la intersección (acceso oeste de la Ciudad de Neuquén) y compararlos con los volúmenes registrados para la zona del ex-peaje Cipolletti-Neuquén (acceso este de la Ciudad de Neuquén), para determinar un posible comportamiento similar en el flujo del tránsito.

1.3.3 Actividad 3- Determinación del TMDA.

Realizar una estimación del TMDA en la zona bajo análisis de la RN 22, a partir de los datos de los censos volumétricos y del censo 2012 en el ex-peaje Cipolletti-Neuquén.

1.3.4 Actividad 4- Análisis de capacidad y nivel de servicio de la intersección semaforizada calle Goya y Ruta Nacional N°22.

Estudiar la capacidad y el nivel de servicio de la intersección actual, y plantear algunas modificaciones que traerían mejoras sustanciales. Luego, incluir el volumen de vehículos generados por la “Ciudad Sanitaria Neuquén” en la intersección estudiada.

1.3.5 Actividad 5- Análisis de capacidad y nivel de servicio de la intersección semaforizada calle Bermudas y Ruta Nacional N°22.

Estudiar la capacidad y el nivel de servicio de la intersección actual considerando el pleno funcionamiento de la “Ciudad Sanitaria Neuquén” y evaluar distintas opciones como posibles soluciones.

1.3.6 Actividad 6- Relevamiento planialtimétrico de la zona.

Realizar un trabajo topográfico para determinar la planialtimetría de la RN 22 en la zona en estudio y los perfiles transversales existentes actualmente.

1.3.7 Actividad 7- Diseño geométrico.

Buscar soluciones técnicas viables que cubran la demanda tanto para la intersección Goya y RN 22, como para Bermudas y RN 22.

En cada caso, analizar su capacidad y nivel de servicio considerando el pleno funcionamiento de la “Ciudad Sanitaria Neuquén”. El diseño geométrico final de ambas intersecciones estará sujeto a la aprobación por parte de Vialidad Nacional y Municipalidad de la ciudad de Neuquén.

1.3.8 Actividad 8- Gestiones ante Entes.

Realizar visitas y presentaciones a Vialidad Nacional y a la Municipalidad de la ciudad de Neuquén, para evaluar las diferentes propuestas de soluciones y llegar a una solución integral de la zona.

1.3.9 Actividad 9- Señalamiento.

Realizar el estudio y diseño del señalamiento horizontal y vertical de la zona en estudio, para que el tránsito pueda ser fluido y ordenado.

1.3.10 Actividad 10- Elaboración de Planos de Anteproyecto.

Elaborar los planos de: planimetrías generales, perfiles transversales, planimetrías de señalización horizontal y vertical, planimetrías de los caminos de acceso a la intersección, planimetrías de las calles internas y planos de detalles para la presentación del trabajo final. Software utilizado: AutoCAD.

1.3.11 Actividad 12- Elaboración de conclusiones y redacción del trabajo final.

Realizar un informe con todas las conclusiones obtenidas del proyecto y redactar el trabajo final para su presentación.

1.4 METODOLOGÍA

A partir de la problemática establecida, se busca brindar una solución integral planteando diferentes propuestas. En este sentido, se realiza una recolección y análisis de datos (de gabinete y de campo), para determinar los factores y parámetros involucrados en el desarrollo del trabajo. Por medio de sucesivas consultas y correcciones con el tutor, se establecen los aspectos involucrados en la problemática y se plantean soluciones factibles, determinando así un anteproyecto que responde a la normativa vigente y con el visto bueno de los correspondientes entes.

1.5 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

La tesis desarrollada a continuación, tiene la siguiente estructura:

- **Capítulo 1:** se plantea una breve introducción a la problemática a resolver en la Tesis, se establece el objetivo, las actividades y metodología a desarrollar.
- **Capítulo 2:** se identifica la problemática, se analizan las variantes existentes, las intersecciones afectadas y los puntos críticos presentes en el área de estudio.
- **Capítulo 3:** se realiza una recopilación de datos e información que sean útiles para el estudio de la problemática a resolver.
- **Capítulo 4:** se analiza la situación actual de acuerdo a lo investigado, se calcula la capacidad y nivel de servicio, para poder dar mejores soluciones.
- **Capítulo 5:** se plantean distintas propuestas para las intersecciones afectadas, analizando los tiempos de semáforo, demora y niveles de servicio.
- **Capítulo 6:** se exponen las conclusiones y recomendaciones.
- **Capítulo 7:** se muestra: “Plano general”, “Plano de Perfiles Transversales” y “Plano de Señalización Horizontal” y “Plano de Señalización Vertical”.
- **Bibliografía:** se presentan todas las referencias utilizadas para la elaboración de la tesis.

2 IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

2.1 Introducción

Luego de analizar la problemática vial en el oeste de la ciudad de Neuquén, se decide estudiar minuciosamente la zona aledaña de la “Ciudad Sanitaria Neuquén” para poder determinar de forma integral el funcionamiento de los nodos viales afectados. En particular, se resuelve dar solución a las intersecciones Goya-RN 22 (acceso al Aeropuerto Internacional Presidente Perón) y Bermudas-RN 22.

2.2 Análisis de la zona de trabajo

2.2.1 Ubicación geográfica

En la Figura 2.1 se puede visualizar las ciudades de Neuquén, Cipolletti y Plottier, sus vías de comunicación y la zona aproximada en estudio.

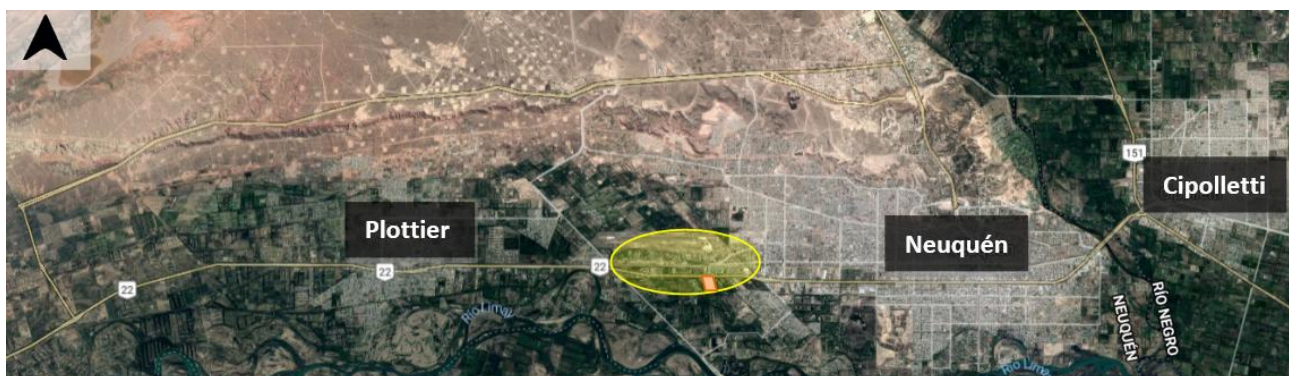


Figura 2.1 – Ubicación de la ciudad de Neuquén y sus alrededores.

Asimismo, en la Figura 2.2, se muestra más en detalle la ubicación de la futura “Ciudad Sanitaria Neuquén”, las calles cercanas, los nodos viales existentes, las principales vías de comunicación y el aeropuerto Internacional Presidente Perón.



Figura 2.2 – Detalle de la ubicación de la Ciudad Sanitaria (Fuente: EsIA Ciudad Sanitaria Neuquén, Pág. 11).

El terreno destinado al proyecto tiene aproximadamente 6 hectáreas y se encuentra en el sector sudoeste de la ciudad de Neuquén, sobre J.J. Lastra al 6100 (colectora sur de RN 22), a la altura del ingreso al aeropuerto y a unos 2 km de la margen sur del río Limay.

2.2.2 Organización interna de la Ciudad Sanitaria

2.2.2.1 Sectores

A continuación, se describen brevemente los sectores relevantes de la “Ciudad Sanitaria Neuquén”, teniendo en cuenta la multiplicidad de usos que involucra el proyecto. Para lo cual, se distinguen dos grandes espacios, indicados en la Figura 2.3, separados por una zona intermedia donde existe una interacción entre ambos. Por un lado, se tiene el sector “PÚBLICO GENERAL” (verde) ubicado sobre la colectora J.J. Lastra y, por otro lado, el “PERSONAL, SERVICIOS Y PROVEEDORES” (rojo) ubicado sobre la calle Maquinchao.



Figura 2.3 – Sectores de la Ciudad Sanitaria: Público-Personal-Intermedio (Fuente: EsIA Ciudad Sanitaria Neuquén, Pág.15).

2.2.2.2 Accesos

En el diseño de los accesos, se tuvo en cuenta la diferenciación entre el sector público general y el de personal, servicios y proveedores. En este sentido, se tienen tres accesos para el primer caso y uno para el segundo.

Sobre colectora JJ Lastra se tienen entonces, un acceso destinado a público general, a través de un portal de ingreso que diferencia la circulación peatonal y vehicular; y dos accesos de emergencias, a través de una calle perimetral de doble vía de circulación, sobre el límite este y oeste del predio, que conducen a los sectores de atención de emergencias médicas para adultos y pediátricas.

En el caso de la calle Maquinchao, se tiene un acceso destinado a personal, servicios y proveedores, que se encuentran en el sector sur del lote.

2.2.2.3 Movimiento vehicular

El movimiento vehicular generado por el emprendimiento se obtuvo a partir de un Estudio de Impacto Ambiental, que permite saber la cantidad de personas que asistirían diariamente (5464 personas). De este total, se calcula que se tendrían unos 4420 vehículos por día; excluyendo de éste análisis al transporte público urbano de pasajeros (colectivo). De acuerdo con las posibilidades actuales de acceso al predio, se observa que todos los vehículos que requieran ingresar o egresar del complejo, lo deberán hacer cruzando por las intersecciones semaforizadas: RN 22-Bermudas y RN 22-Goya.

2.2.3 Identificación de los nodos críticos

Para determinar los puntos críticos afectados por la incorporación de la Ciudad Sanitaria al sector sudoeste de Neuquén, se estudia la zona en su conjunto de tal manera de poder identificar el comportamiento del tránsito. Tal como muestra la Figura 2.4, se pudieron definir dos nodos viales conflictivos (INTERSECCIÓN 1 e INTERSECCIÓN 2), y además otros puntos que afectan de manera directa el tránsito circulante sobre RN 22.

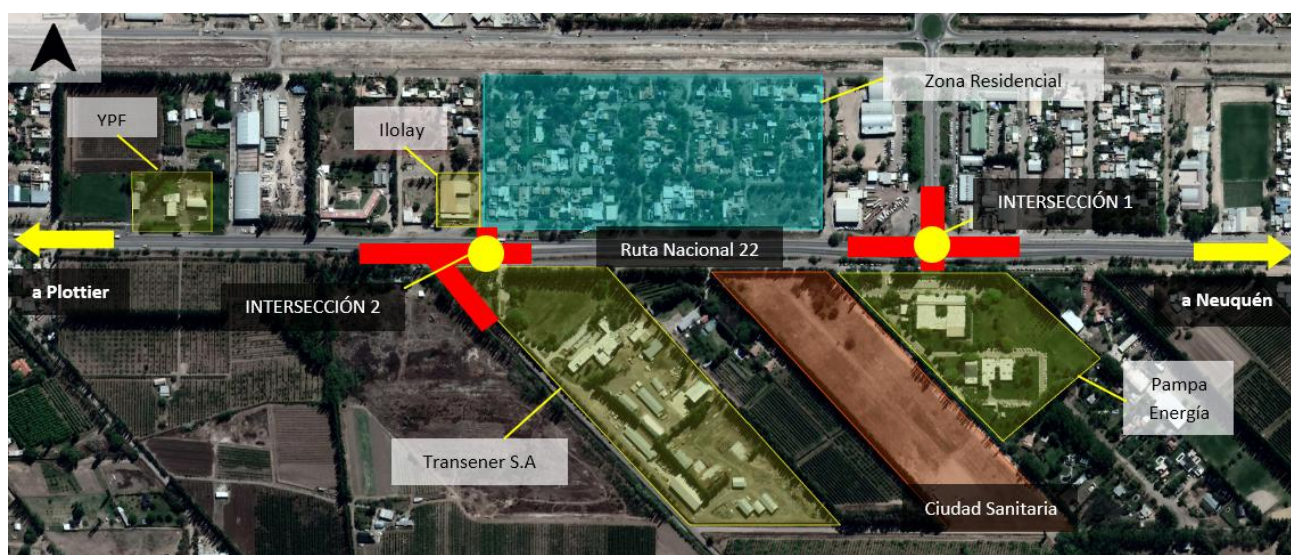


Figura 2.4 – Nodos críticos sobre Ruta Nacional N°22.

2.2.3.1 INTERSECCIONES

Las intersecciones son parte esencial de una red vial, donde el usuario puede cambiar de dirección para seguir el camino que desea. Una adecuada disposición de los tramos de la red y de sus intersecciones permitirá atender a un máximo de itinerarios con un número mínimo de elementos, con comodidad y seguridad. En particular, se estudian los nodos viales señalados, en la Figura 2.5, como INTERSECCIÓN 1 y 2, que son afectados directamente por la “Ciudad Sanitaria Neuquén”.



Figura 2.5 – Intersecciones sobre Ruta Nacional N°22.

2.2.3.1.1 INTERSECCIÓN 1

En primer lugar, se presenta la INTERSECCIÓN 1 clasificada según las normas de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV-2010) como una intersección “T” en ángulo recto a nivel en caminos bidireccionales de cuatro carriles. En la Figura 2.6 y Figura 2.7, se pueden ver las características de la intersección:

- La RN 22 con dirección este-oeste, que tiene dos carriles por mano y una dársena en el centro que permite el giro a la izquierda.
- La colectora JJ Lastra, que permite la circulación de los vehículos que salen de la “Ciudad Sanitaria Neuquén” y la posibilidad de incorporarse o cruzar la RN 22.
- La calle Goya que se vincula con la RN 22 a través de dos ramas directas y por un semáforo que permite cruzar la ruta (giro a la izquierda).

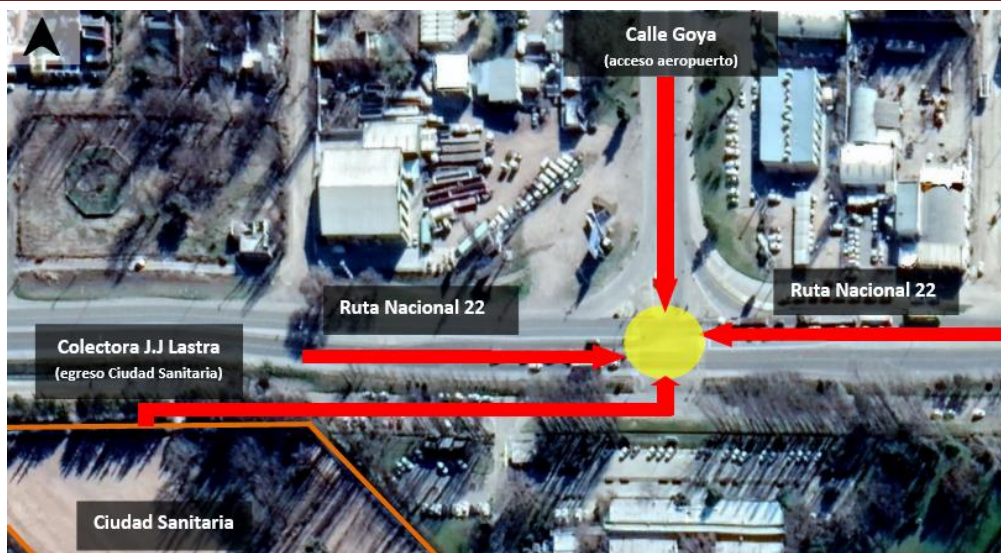


Figura 2.6 – Esquema detallado de la INTERSECCIÓN 1.



Figura 2.7 – Imagen actualizada de la INTERSECCIÓN 1.

2.2.3.1.2 INTERSECCIÓN 2

En segundo lugar, se presenta la intersección mostrada en la Figura 2.8 y Figura 2.9, donde se pueden ver ciertas particularidades descritas a continuación. Por un lado, se tiene a la RN 22 que intersecta en “T” con la calle Bermudas, a través de un semáforo, y por otro, se tiene la calle San Julián y la colectora JJ Lastra (actualmente de ripio), que intersectan en “Y” (ángulo obtuso) con la RN 22.



Figura 2.8 – Esquema detallado de la INTERSECCIÓN 2.



Figura 2.9 – Imagen actualizada de la INTERSECCIÓN 2.

2.2.3.2 ESTACIÓN DE SERVICIO YPF

Uno de los puntos conflictivos es la presencia de la estación de servicio YPF sobre la RN 22, con continuo ingreso y egreso de vehículos. En esta zona, mostrada en la Figura 2.10, se puede observar que existen maniobras permitidas (marcadas con verde) y, otras peligrosas y no permitidas (mostradas con rojo), las cuales periódicamente generan accidentes.



Figura 2.10 – Maniobras permitidas y no permitidas en estación de servicio YPF.

2.2.3.3 ILOLAY

Se observa la presencia de un depósito de Ilolay en la esquina de Bermudas y RN 22, con entrada y salida de camiones de tamaño chico a mediano. En este caso, la INTERSECCIÓN 2 cuenta con semáforo de cuatro tiempos, lo cual hace posible cualquiera de las maniobras marcadas en verde en la Figura 2.11. Esto se tuvo en cuenta a la hora del análisis particular de esa intersección.



Figura 2.11 – Maniobras permitidas en el depósito de Ilolay.

2.2.3.4 ZONA RESIDENCIAL

De la misma manera, se pudo verificar la existencia de vehículos que ingresaban y egresaban desde la zona residencial (barrio Barreneche), directamente a la RN 22, tal como se puede observar en verde en la Figura 2.12.



Figura 2.12 – Calles de entrada y salida de la zona residencial.

2.2.3.5 TRANSENER S.A.

Las instalaciones de la compañía de transporte de energía eléctrica en alta tensión (sombreado amarillo en la Figura 2.13), tiene su acceso sobre la colectora JJ Lastra (de ripio). El lugar es de uso exclusivo del personal del establecimiento y de los vehículos de transporte de grandes dimensiones. En este punto, se tiene una particularidad: la salida y entrada de vehículos no se encuentra justamente sobre el semáforo de calle Bermudas y RN 22, por lo que se generó una salida propia a la ruta.



Figura 2.13 – Entrada y salida vehicular de la empresa TRANSENER S.A.

2.2.3.6 PAMPA ENERGÍA

En este caso, el acceso de Pampa Energía también se encuentra sobre JJ Lastra, pero afectando a la intersección Goya–RN 22, y se genera una doble mano entre estos puntos sobre la colectora. En la Figura 2.14, se muestra la correcta circulación O-E sobre colectora sur de la RN 22 (en color verde) y la incorrecta circulación E-O de los vehículos que acceden a la empresa en contramano (color rojo).

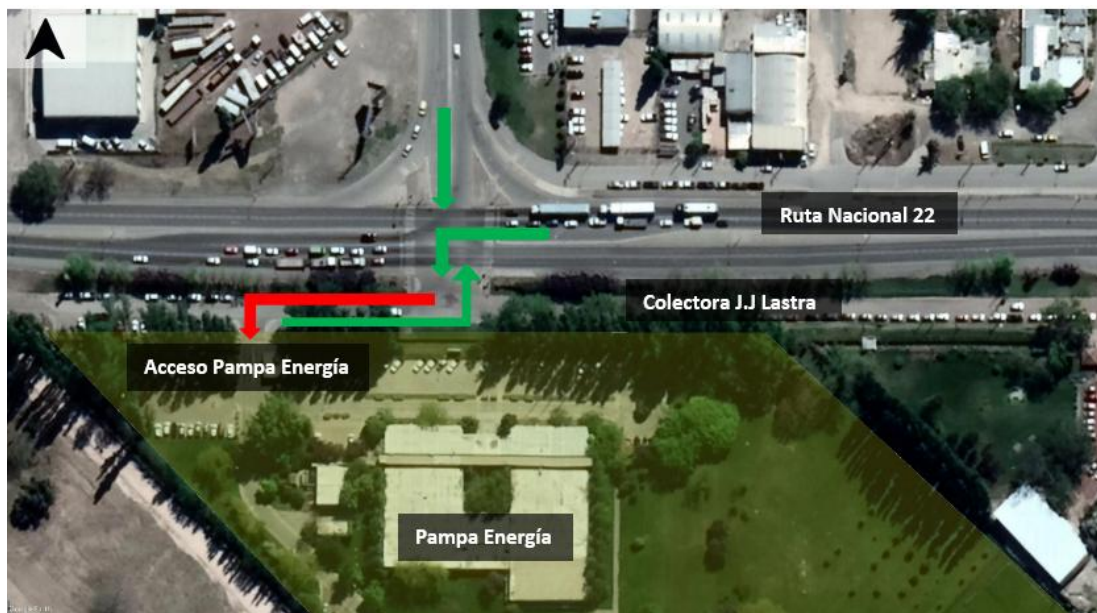


Figura 2.14 – Acceso y circulación para el ingreso a PAMPA ENERGÍA.

3 RECOPIACIÓN DE DATOS

3.1 INTERSECCIÓN 1

3.1.1 Introducción

Como parte de la recopilación de datos, se analiza el tránsito vehicular mediante un censo de volumen (o volumétrico), para poder determinar ciertas características de la intersección y, de esta manera, predecir la tendencia del tránsito a futuro. El movimiento vehicular no es constante, sino por el contrario experimenta variaciones que dependen fundamentalmente del camino y de su localización.

3.1.2 Censo

Se realiza el conteo manual de vehículos circulantes en la INTERSECCIÓN 1, a partir de una grabación provista por el profesor y tutor Luis Quidel, de 24 horas de video correspondientes al día lunes 31 de julio del año 2017.¹

Para ordenar el conteo de vehículos, se considera para la INTERSECCIÓN 1, la nomenclatura presentada en la Figura 3.1.

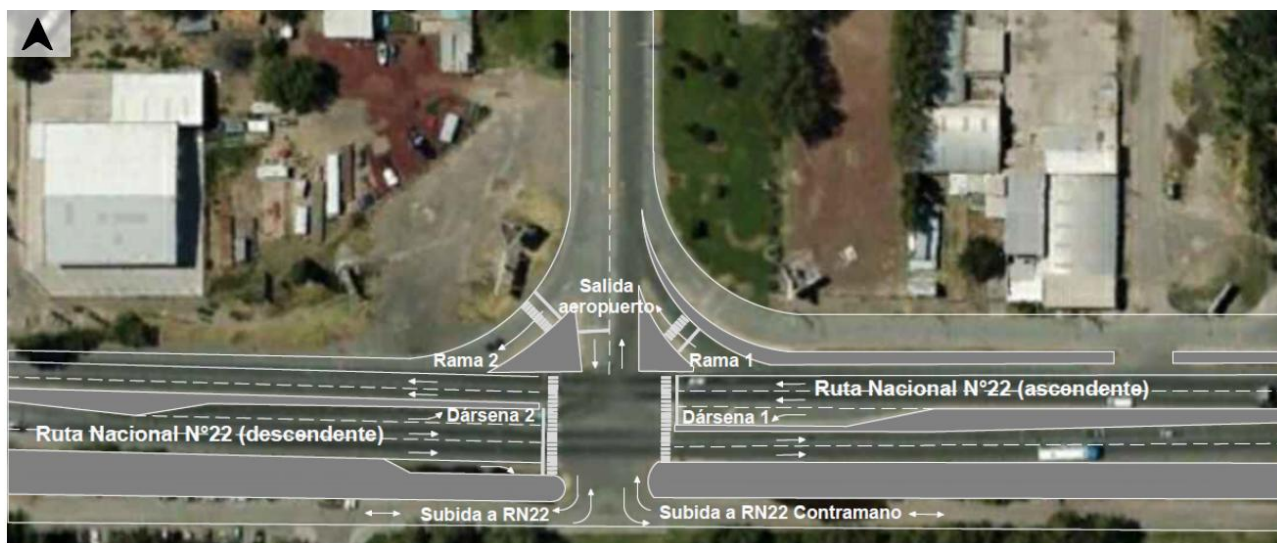


Figura 3.1 – Nomenclatura adoptada para la INTERSECCIÓN 1.

Los volúmenes horarios se presentan en la Tabla 3.1 y los volúmenes diarios [veh/día] en la Figura 3.2.

¹ Tener en cuenta que en el año 2017 no se encontraba habilitada la Ruta de Circunvalación que une Neuquén con Cipolletti por el “Tercer Puente”. En las consultas con el Tutor, se analizaron posibles variaciones en los volúmenes al momento de inaugurarse, pero no fueron consideradas en esta Tesis.

**Tesis: “SOLUCIÓN INTEGRAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO EN RUTA NACIONAL N°22 POR EL
EMPLAZAMIENTO DE LA CIUDAD SANITARIA”**

Día	Hora	RN 22		Rama 1	Rama 2	Dársena 1	Dársena 2	Subida a RN 22 contramano	Subida a RN 22	Salida Aeropuerto
		Ascendente	Descendente							
31/07/2017	0	185	109	36	41	1	37	0	0	10
	1	92	67	13	25	0	17	0	4	18
	2	57	30	8	14	0	5	0	0	4
	3	53	26	5	2	0	6	0	0	1
	4	60	32	58	18	0	10	0	1	19
	5	102	138	32	40	1	31	0	0	35
	6	203	309	39	60	4	32	1	0	28
	7	379	1021	120	105	72	95	47	20	208
	8	491	840	187	145	43	118	34	20	195
	9	590	700	117	138	15	125	6	9	170
	10	589	593	72	109	15	119	7	11	91
	11	663	574	77	87	25	121	18	22	81
	12	746	548	101	138	16	109	11	37	90
	13	713	546	180	117	25	115	35	13	134
	14	659	561	136	112	56	128	57	12	218
	15	730	583	106	120	24	93	27	13	143
	16	699	674	137	123	18	131	31	30	106
	17	825	728	142	144	25	150	24	106	151
	18	843	738	124	165	14	172	27	14	135
	19	770	580	107	154	10	119	21	10	90
	20	712	436	145	114	5	111	8	2	90
	21	510	367	89	106	4	120	8	4	111
	22	331	250	99	63	0	77	2	0	47
	23	233	159	67	78	0	38	1	0	79
Total [veh/día]		11235	10609	2197	2218	373	2079	365	328	2254

*Ver nomenclatura de la INTERSECCIÓN 1 (figura 3.1).

Tabla 3.1 – Resultados del censo por hora en la INTERSECCIÓN 1.

En el estudio de tránsito de las intersecciones, se analiza su volumen, distribución, composición, velocidad, maniobras permitidas, tiempos de semáforo y dirección que toma cada vehículo al atravesar la intersección.

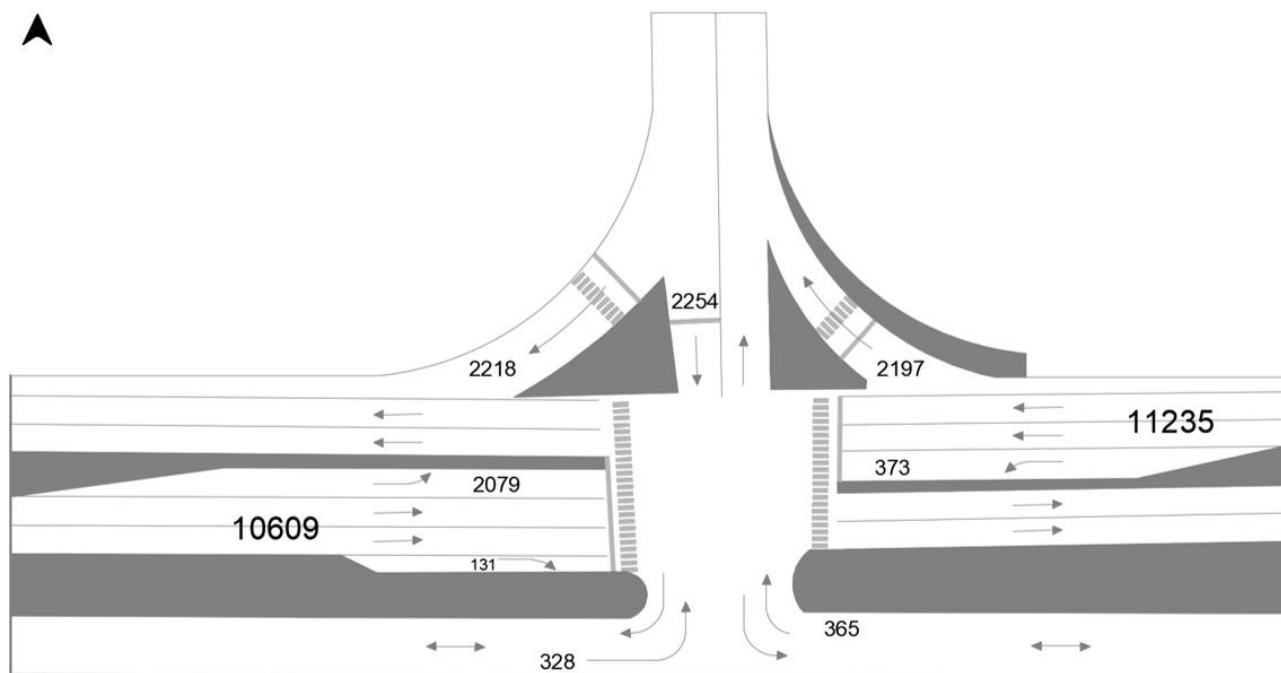


Figura 3.2 – Resultados del censo volumétrico en la INTERSECCIÓN 1 [veh/día].

3.1.3 Estimación de datos adicionales

A partir de los datos obtenidos del censo, se estimó la cantidad de vehículos que, viniendo del oeste, doblan a la derecha. En este sentido, se calcula la diferencia entre los vehículos que ingresan y egresan del Acceso Sur, considerando:

Volumen que ingresa:

- 20% de vehículos por “Salida aeropuerto”
- 100% de vehículos que doblan a la izquierda por “Dársena 1”

Volumen que egresa:

- 100% de vehículos por “Subida a RN 22”
- 100% de vehículos por “Subida a RN 22 contramano”

Entonces, resulta la siguiente tabla:

Vehículos que ingresa al acceso Sur [veh/día]	824
Vehículos que egresan del acceso Sur [veh/día]	693
Diferencia	131

Tabla 3.2 – Estimación de datos adicionales en la INTERSECCIÓN 1.

Por lo tanto, son 131 veh/día los vehículos que, viniendo del oeste doblan a la derecha, tal como se muestra en la Figura 3.3.

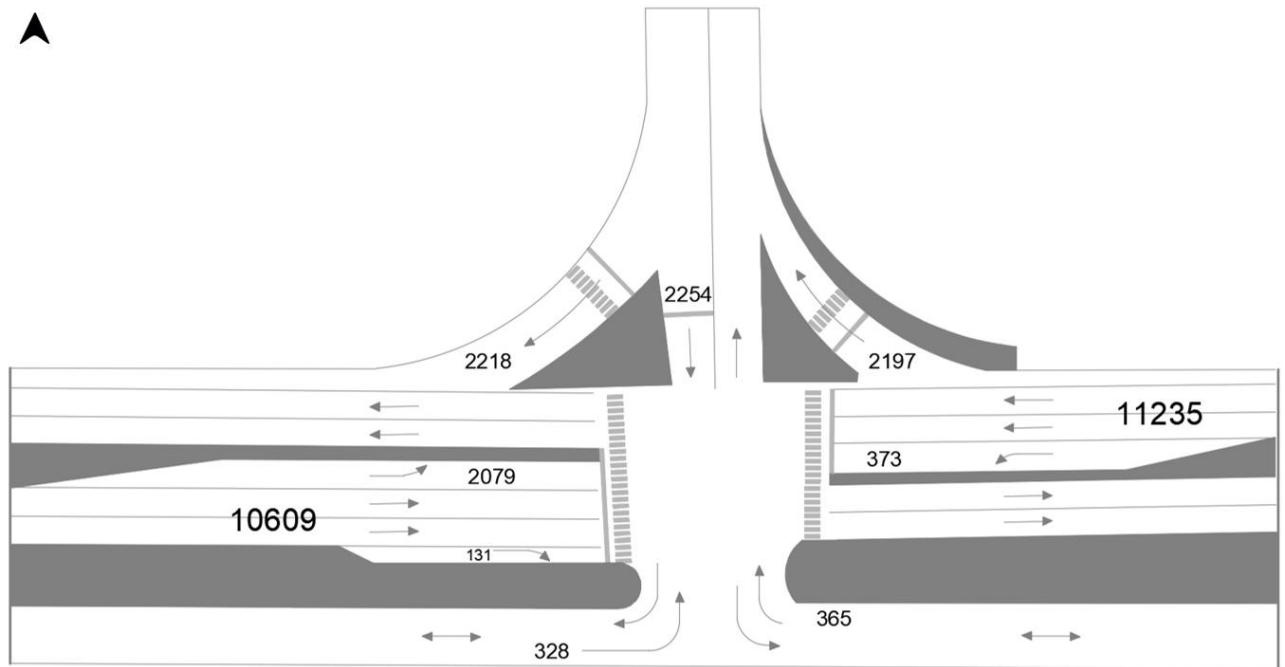


Figura 3.3 – Volumen diario de la INTERSECCIÓN 1 [veh/día].

3.1.4 Medidas de la intersección

Se realizan las mediciones correspondientes con cinta métrica de la intersección de la RN 22 y calle Goya (acceso al aeropuerto de Neuquén), registrando los anchos de calzada de cada carril involucrado, se estima las pendientes de cada acceso y se determina el porcentaje de vehículos pesados (VP).

Ambos resultados, se muestran en la Figura 3.4.

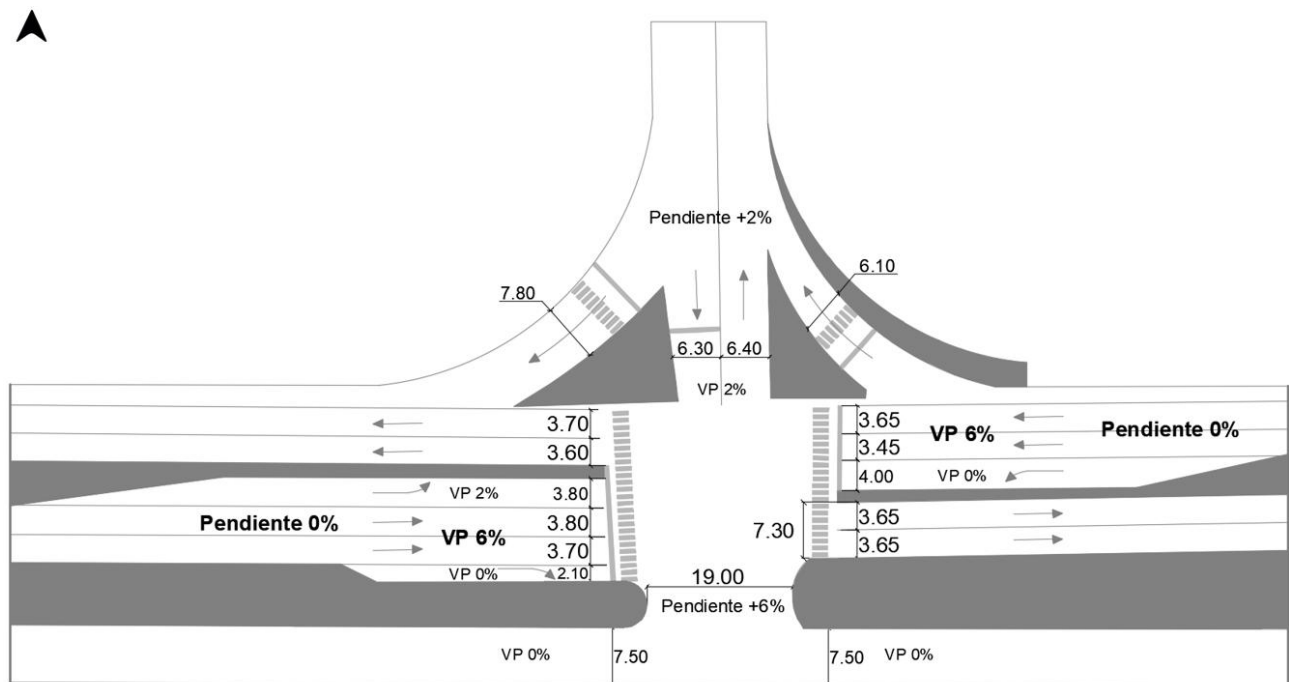


Figura 3.4 – Medidas, pendientes y porcentajes de VP de la INTERSECCIÓN 1.

3.1.5 Comparación con el ex-peaje

Se tuvo acceso a una planilla Excel provista por el Tutor, del último año completo (2012) con valores horarios de volumen de tránsito circulante en ambos sentidos, sobre RN 22 en las cabinas del ex-peaje Cipolletti – Neuquén.

El propósito de la comparación de los volúmenes de vehículos circulantes en la RN 22 a la altura del acceso al aeropuerto con la zona del ex-peaje, es verificar la existencia de comportamientos similares en la distribución del tránsito, para poder obtener el volumen de diseño (VH30). A partir de los datos, se toman sólo los correspondientes al 31 de julio del 2012 (coincidente con el día en que se realiza el censo en el año 2017), tal como se muestra en la Tabla 3.3.

DÍA	HORA	RN 22	
		ASENDENTE	DESCENDENTE
31/07/2012	0	251	305
	1	155	160
	2	82	90
	3	56	53
	4	115	50
	5	240	129
	6	608	301
	7	2208	878
	8	2128	1212
	9	1840	1134
	10	1410	1352
	11	1456	1408
	12	1431	1793
	13	1364	1553
	14	1364	1457
	15	1548	1629
	16	1664	1832
	17	1772	2078
	18	1890	2255
	19	1518	1929
	20	1200	1761
	21	932	1255
	22	644	699
	23	439	473
TOTAL [Veh/día]		26315	25786

Tabla 3.3 – Datos del 31/07/2012 del ex-peaje

(Fuente: Bahamondes-Reyes (2015). Solución integral al flujo de tránsito en los accesos al barrio Villa Obrera, de la ciudad de Centenario.).

Con esta información, se procede a comparar gráficamente los volúmenes de vehículos que ingresaron a la ciudad de Neuquén (sentido descendente) y los que salieron (sentido ascendente). Para lograrlo, se

Tesis: “SOLUCIÓN INTEGRAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO EN RUTA NACIONAL N°22 POR EL EMPLAZAMIENTO DE LA CIUDAD SANITARIA”

calcula la proporción de vehículos por hora, a partir de los volúmenes diarios hallados para cada sentido (Tabla 3.4 para el censo del año 2017 y Tabla 3.5 para el censo del año 2012).

INTERSECCIÓN 1					
DÍA	HORA	RN 22			
		VOLUMEN HORARIO		PROPORCIÓN HORARIA	
		ASENDENTE	DESCENDENTE	ASENDENTE	DESCENDENTE
31/07/2017	0	185	109	0.016	0.010
	1	92	67	0.008	0.006
	2	57	30	0.005	0.003
	3	53	26	0.005	0.002
	4	60	32	0.005	0.003
	5	102	138	0.009	0.013
	6	203	309	0.018	0.029
	7	379	1021	0.034	0.096
	8	491	840	0.044	0.079
	9	590	700	0.053	0.066
	10	589	593	0.052	0.056
	11	663	574	0.059	0.054
	12	746	548	0.066	0.052
	13	713	546	0.063	0.051
	14	659	561	0.059	0.053
	15	730	583	0.065	0.055
	16	699	674	0.062	0.064
	17	825	728	0.073	0.069
	18	843	738	0.075	0.070
	19	770	580	0.069	0.055
	20	712	436	0.063	0.041
	21	510	367	0.045	0.035
	22	331	250	0.029	0.024
	23	233	159	0.021	0.015
TOTAL [Veh/día]		11235	10609	1.000	1.000

Tabla 3.4 – Datos del 31/07/2017 y sus proporciones de la INTERSECCIÓN 1.

Tesis: “SOLUCIÓN INTEGRAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO EN RUTA NACIONAL N°22 POR EL EMPLAZAMIENTO DE LA CIUDAD SANITARIA”

EX-PEAJE CIPOLLETTI-NEUQUÉN					
DÍA	HORA	RN 22			
		VOLUMEN HORARIO		PROPORCIÓN HORARIA	
		ASENDENTE	DESCENDENTE	ASENDENTE	DESCENDENTE
31/07/2012	0	251	305	0.010	0.012
	1	155	160	0.006	0.006
	2	82	90	0.003	0.003
	3	56	53	0.002	0.002
	4	115	50	0.004	0.002
	5	240	129	0.009	0.005
	6	608	301	0.023	0.012
	7	2208	878	0.084	0.034
	8	2128	1212	0.081	0.047
	9	1840	1134	0.070	0.044
	10	1410	1352	0.054	0.052
	11	1456	1408	0.055	0.055
	12	1431	1793	0.054	0.070
	13	1364	1553	0.052	0.060
	14	1364	1457	0.052	0.057
	15	1548	1629	0.059	0.063
	16	1664	1832	0.063	0.071
	17	1772	2078	0.067	0.081
	18	1890	2255	0.072	0.087
	19	1518	1929	0.058	0.075
	20	1200	1761	0.046	0.068
	21	932	1255	0.035	0.049
	22	644	699	0.024	0.027
23	439	473	0.017	0.018	
TOTAL [Veh/día]		26315	25786	1.000	1.000

Tabla 3.5 – Datos del ex-peaje del 31/07/2012 y sus proporciones

(Fuente: Bahamondes-Reyes (2015). Solución integral al flujo de tránsito en los accesos al barrio Villa Obrera, de la ciudad de Centenario).

A continuación, se comparan gráficamente los datos de ingreso y egreso de la ciudad de Neuquén, donde efectivamente se puede verificar la semejanza en el comportamiento del tránsito.

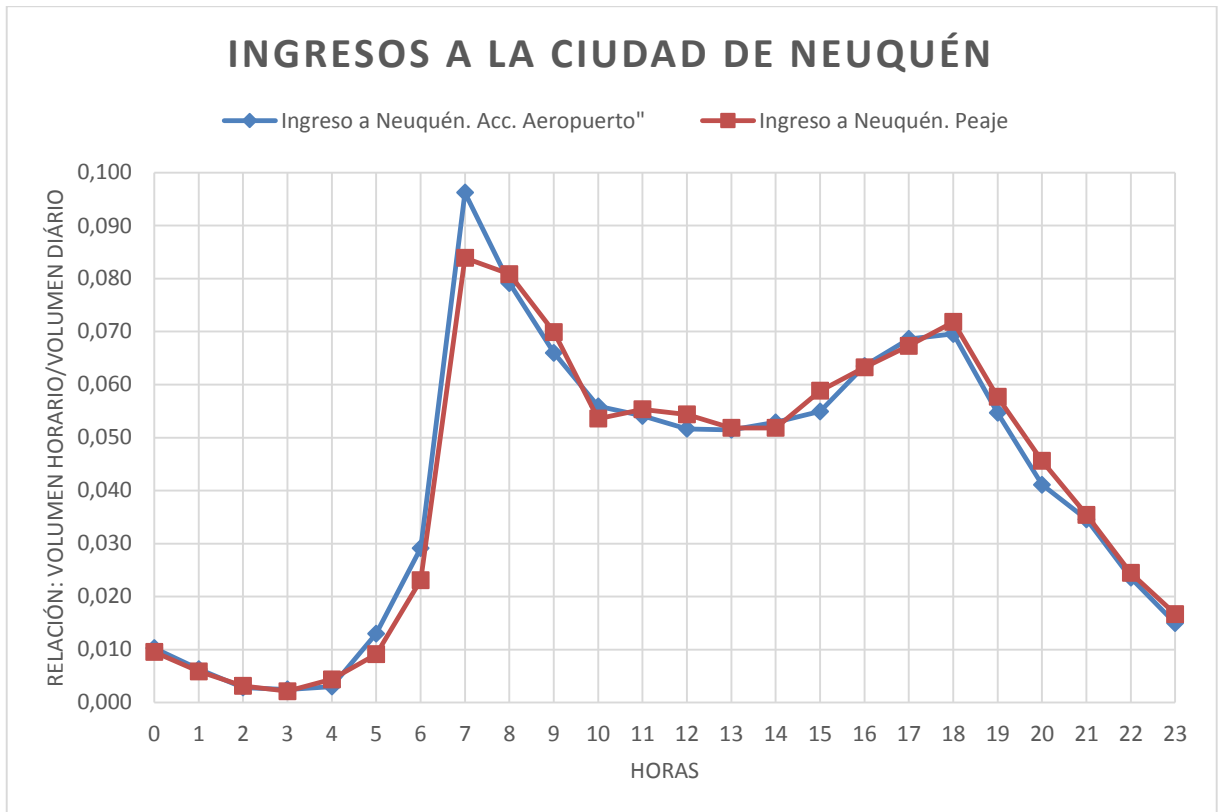


Figura 3.5 – Comparación en el INGRESO a la ciudad de Neuquén.

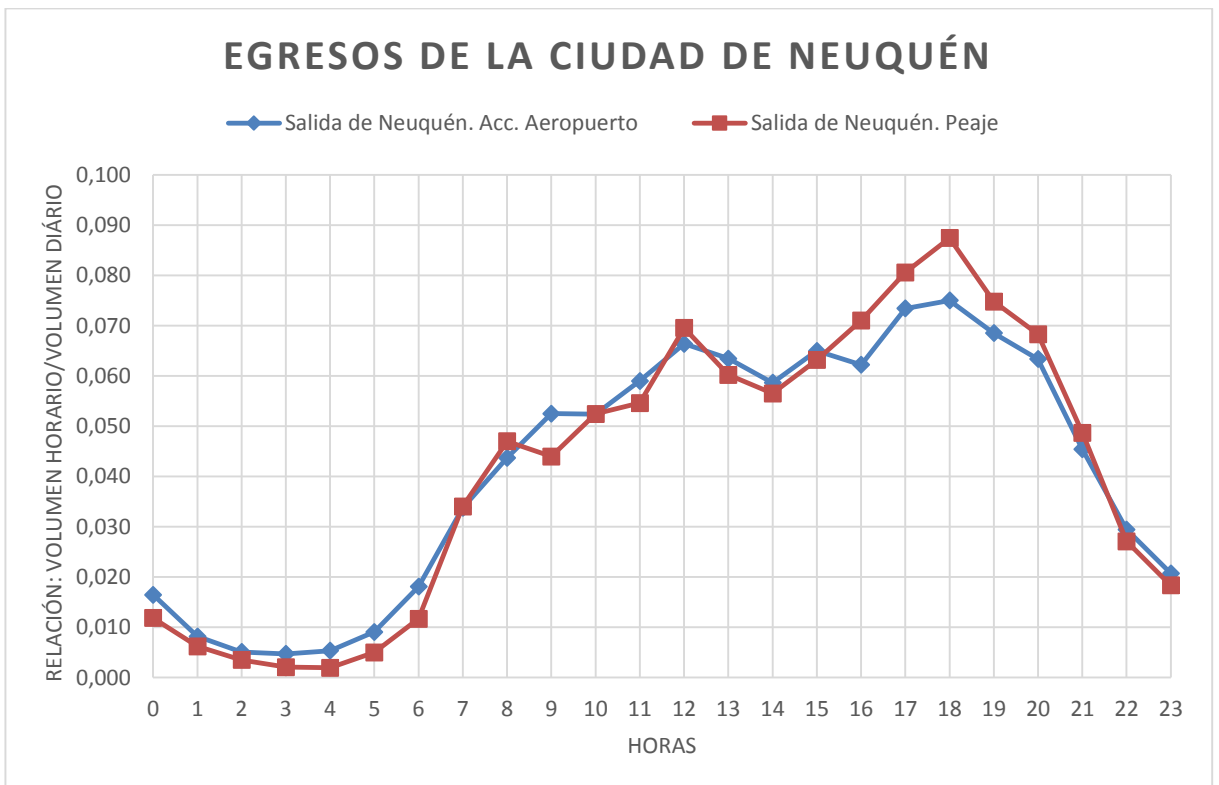


Figura 3.6 – Comparación en el EGRESO a la ciudad de Neuquén.

Como el comportamiento entre los vehículos que ingresan y salen de la ciudad, en los dos puntos en estudio son similares, entonces, se obtiene una aproximación al volumen de diseño (VH30).

3.1.6 Tránsito Medio Diario Anual (T.M.D.A.)

El TMDA es el Tránsito Medio Diario Anual de vehículos que circulan por una sección de un camino durante un periodo de tiempo. Este valor es una medida estadística fundamental del tránsito y por lo general crece con el tiempo. A medida que el TMDA aumenta, también lo hacen las congestiones, las demoras, los accidentes y el malestar de los usuarios.

Para poder mantener las condiciones de servicio óptimas (seguridad y nivel de servicio) es necesario realizar un estudio del tránsito, calcular el TMDA del proyecto y su variación en el tiempo de acuerdo a la vida útil que se considere.

3.1.6.1 Valor de *K*

El factor de hora de diseño “*K*”, representa el porcentaje del TMDA que se estima que pasa durante la hora adoptada para el diseño. La hora que se utiliza para el diseño es la hora 30, es decir, el valor del volumen de vehículos en circulación en la trigésima hora de mayor volumen del año.

La ecuación lineal que relaciona estos valores es:

$$K = \frac{VH30}{TMDA}$$

Según lo mencionado en la sección 3.1.5, el comportamiento en el ex-peaje es similar al estudiado y, por lo tanto, se adopta el mismo factor *K* para el análisis de la intersección en el acceso al aeropuerto (Ver ANEXO I). En este sentido,

$K = 0.1$

Entonces los volúmenes de vehículos horarios de diseño para éste caso son los presentados en la Figura 3.7.²

² No se consideran los vehículos de las ramas directas porque no tienen tiempo de semáforo asignado para circular.

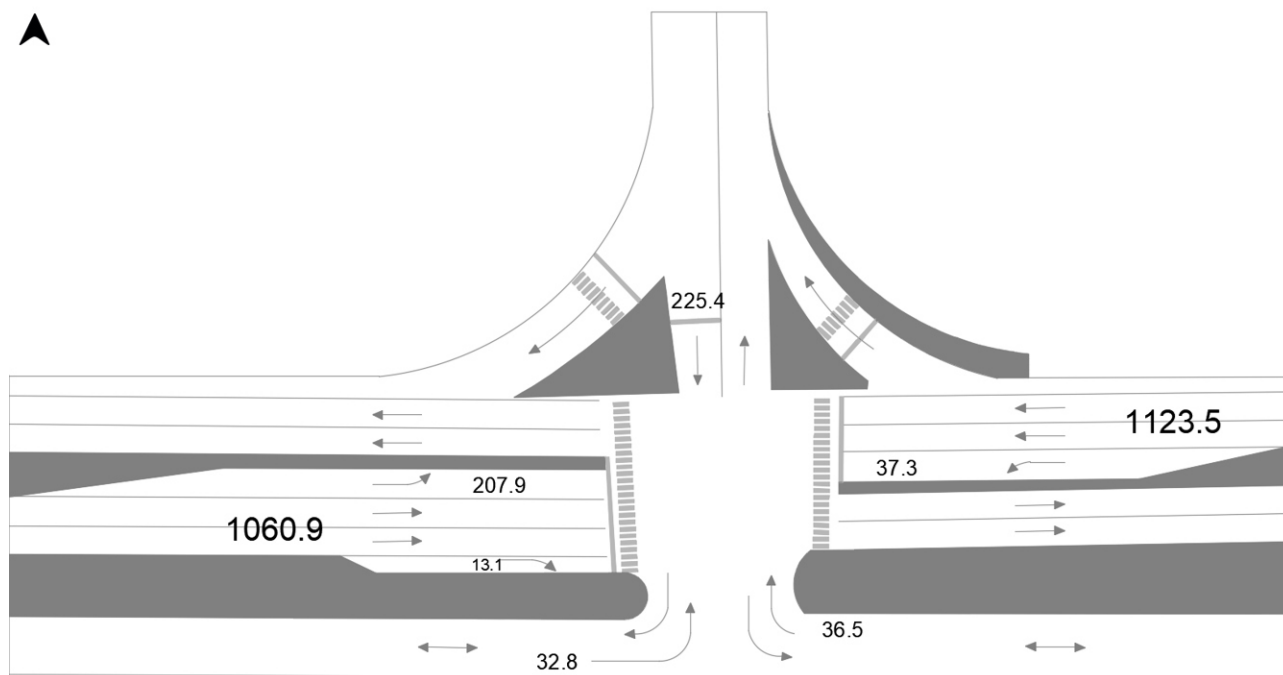


Figura 3.7 – Volumen de vehículos por hora [veh/hora].

3.1.6.2 Estimación del TMDA para la INTERSECCIÓN 1

Como punto de partida, para calcular el TMDA se asume que el flujo vehicular en el ex-peaje es proporcional al de la RN 22 en el acceso al aeropuerto. Con la cantidad de vehículos en circulación (ascendente y descendente) en el ex-peaje, se procede a estimar el valor que representa este volumen de tránsito del día 31/07/2012, respecto al TMDA de ese mismo año.

Luego, se aplica la proporcionalidad correspondiente al valor de vehículos obtenido del censo del día 31/07/2017 sobre la RN 22 en la intersección estudiada para poder estimar el TMDA del proyecto (año 2017).

3.1.6.2.1 Cálculo

Año 2012

	Sentido		Total
	Ascendente	Descendente	
[Veh/día]	25786	26315	52101
TMDA (2012) [veh/día]			49738

Proporción $\rightarrow \frac{52101}{49738} = 1.05$

De la tabla anterior, se puede concluir que el número de vehículos en circulación del día martes 31/07/2012, representa un 5% más respecto del TMDA del mismo año.

Año 2017

Considerando proporción del 5%, se calcula el valor del TMDA para el año 2017.

	Sentido		Total
	Ascendente	Descendente	
[Veh/día]	13453	10609	24062
PROPORCIÓN			1,05

} TMDA → $\frac{24062}{1,05} = 22971$

3.1.6.3 Resultados de la situación actual

A partir de los valores mostrados en la Figura 3.7, y de la proporción del 5% calculada, se resume la situación actual en la Figura 3.8.

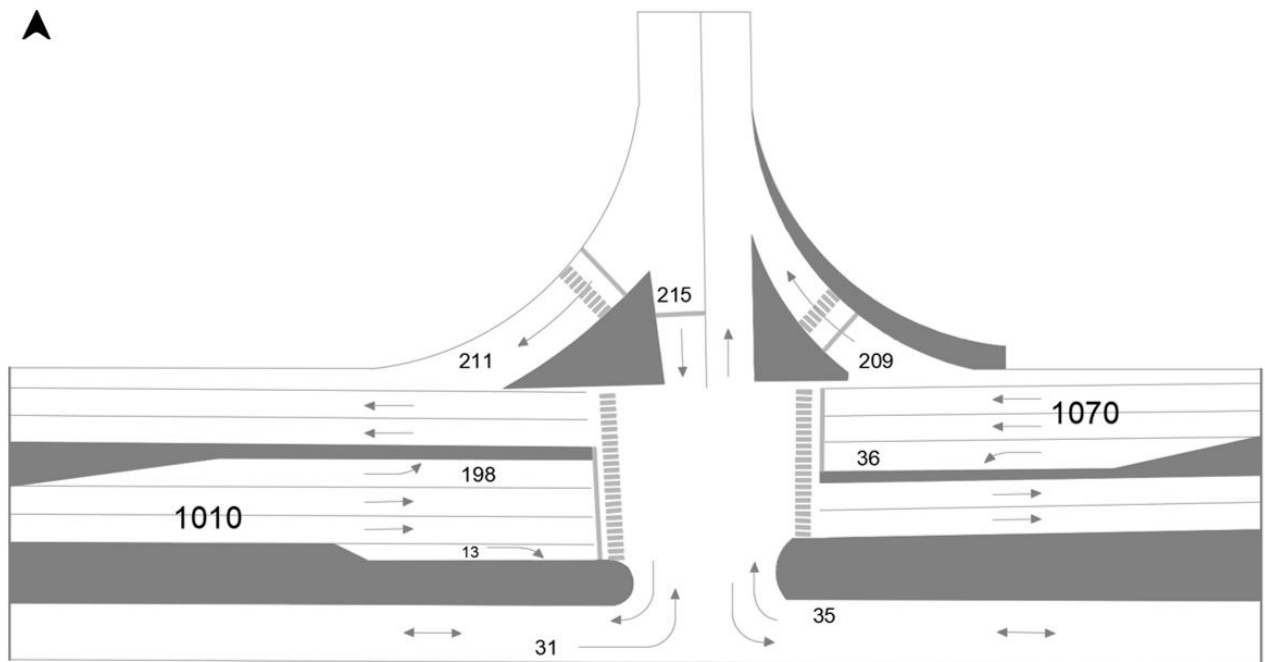


Figura 3.8 – Situación actual de la INTERSECCIÓN 1 [veh/hora].

3.2 INTERSECCIÓN 2

3.2.1 Introducción

De la misma manera, se recopilan datos para la INTERSECCIÓN 2. En este caso, se analiza el tránsito a partir de un censo volumétrico considerando dos franjas horarias representativas (según Tabla 3.1, los periodos con mayor tránsito se muestran sombreados en gris): de 6:00 a 10:00hs. y de 16:00 a 20:00hs.

3.2.2 Censo

Para ordenar el conteo de vehículos, se muestra a continuación la nomenclatura considerada para la INTERSECCIÓN 2.



Figura 3.9 – Nomenclatura adoptada para la INTERSECCIÓN 2.

El día 23 de julio del año 2019 se realiza un censo volumétrico con el fin de analizar su comportamiento y determinar el correspondiente nivel de servicio. Los resultados son:

Día	Horario	Acceso Norte	VP	Acceso Sur	VP	Dársena 1	VP	Dársena 2	VP
23/07/2019	06:00	3	0	8	2	1	0	4	1
	07:00	3	0	16	0	4	0	4	0
	08:00	15	0	54	1	46	2	29	1
	09:00	20	2	26	0	11	0	17	1
Totales		41	2	104	3	62	2	54	3

Día	Horario	Acceso Norte	VP	Acceso Sur	VP	Dársena 1	VP	Dársena 2	VP
23/07/2019	16:00	16	1	35	4	20	1	9	0
	17:00	19	1	71	7	20	0	20	1
	18:00	21	0	36	1	19	0	18	1
	19:00	16	0	15	1	6	0	8	0
Totales		72	2	157	13	65	1	55	2

Tabla 3.6 – Resultados del censo por hora en la INTERSECCIÓN 2.

3.2.3 Estimación de datos adicionales

Para entender mejor el comportamiento de la INTERSECCIÓN 2 y poder obtener una estimación más acertada de los datos obtenidos, se realizan las siguientes consideraciones:

- Teniendo en cuenta que la Dársena 1 de la INTERSECCIÓN 1 es utilizada por la empresa Pampa Energía como cruce de la RN 22, se supone que la Dársena 1 y la Dársena 2 de la INTERSECCIÓN 2 tendrán una distribución horaria similar, ya que también son utilizadas por las empresas Transener S.A. e Ilolay S.A.
- Se asume una distribución horaria similar entre el “Acceso Norte” y el “Acceso Sur” de la INTERSECCIÓN 2 y la “Subida a la RN 22” de la INTERSECCIÓN 1.

Bajo estas suposiciones, se utilizaron las proporciones calculadas por hora en la INTERSECCIÓN 1 (ver Tabla 3.4), para obtener una aproximación de los volúmenes diarios que se registrarían en cada acceso de la INTERSECCIÓN 2 (ver resultados en Tabla 3.7).

Día	Horario	Acceso Norte	Acceso Sur	Dársena 1	Dársena 2
23/07/2019	0	0	0	1	1
	1	2	5	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
	4	1	1	0	0
	5	0	0	1	1
	6	3	8	1	4
	7	3	16	4	4
	8	15	54	46	29
	9	20	26	11	17
	10	6	14	9	8
	11	12	27	16	14
	12	20	46	10	9
	13	7	16	16	14
	14	6	15	35	30
	15	7	16	15	13
	16	16	35	20	9
	17	19	71	20	20
	18	21	36	19	18
	19	16	15	6	8
	20	1	2	3	3
	21	2	5	3	2
	22	0	0	0	0
	23	0	0	0	0
Volumen [veh/día]		177	410	236	202

Tabla 3.7 – Estimación de los volúmenes horarios en la INTERSECCIÓN 2

Para una mejor comprensión, se representan gráficamente los resultados de la tabla anterior.

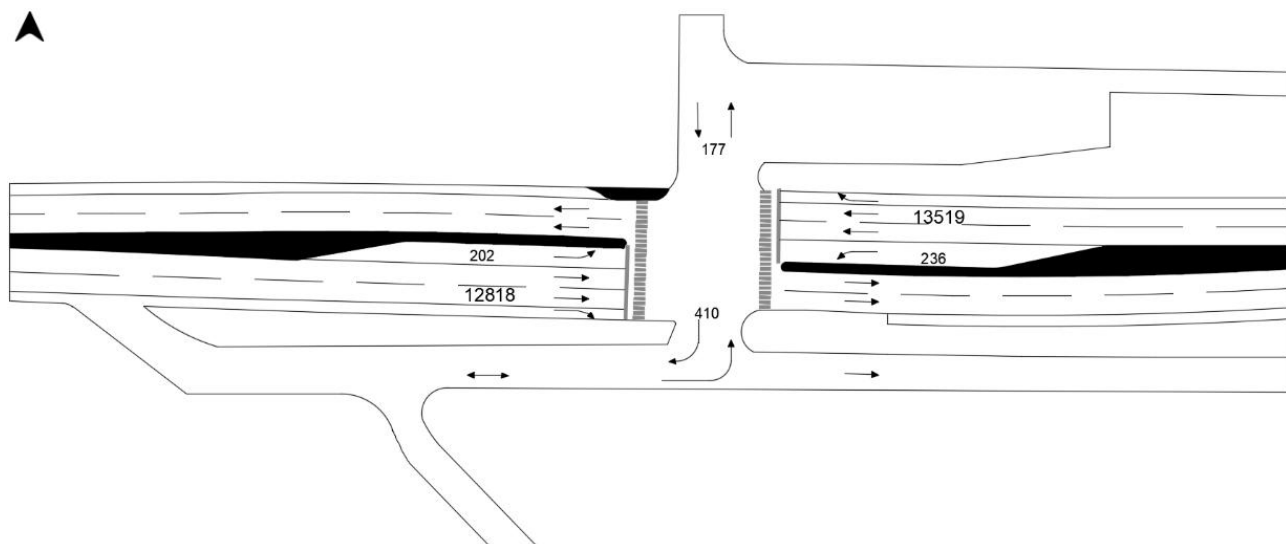


Figura 3.10 – Volumen diario de la INTERSECCIÓN 2 [veh/día]

3.2.4 Medidas de la intersección

Se realizaron las mediciones con cinta métrica de la intersección de la RN 22 y calle Bermudas, registrando los anchos de calzada de cada carril involucrado, estimando las pendientes de cada acceso y el porcentaje de vehículos pesados (VP). Los resultados se muestran en la Figura 3.11.

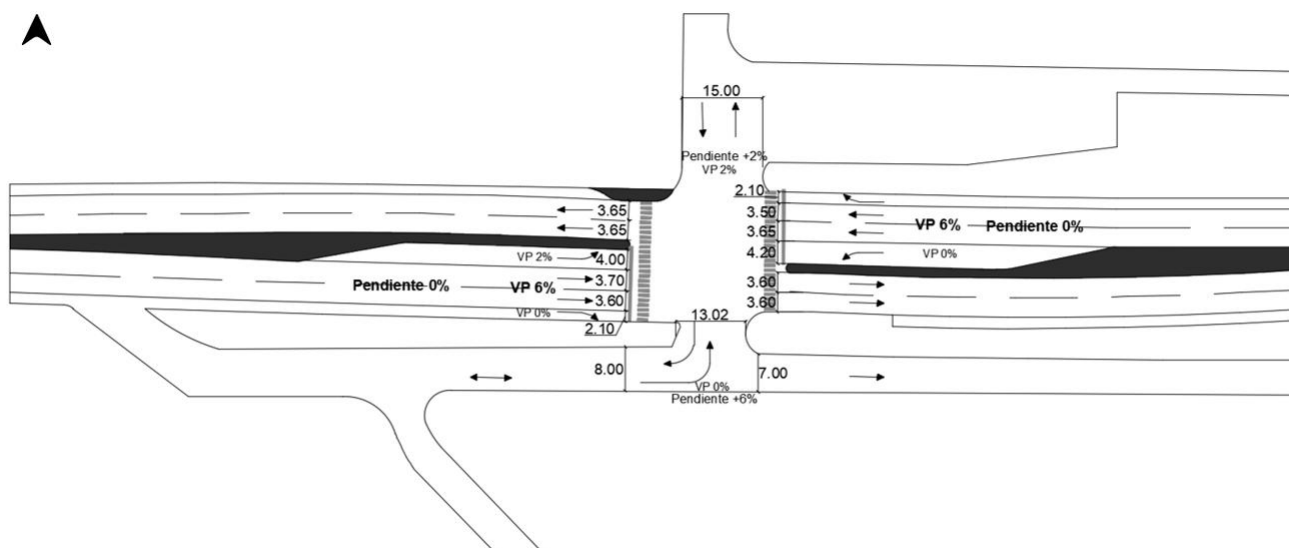


Figura 3.11 – Medidas, pendientes y porcentajes de VP de la INTERSECCIÓN 2

3.2.5 Comparación con la INTERSECCIÓN 1

Luego, se aplica el valor de K utilizado para la INTERSECCIÓN 1 ($K=0.1$), a los volúmenes de vehículos diarios presentados en la Tabla 3.7, para obtener los volúmenes de diseño (VH30) correspondientes a la INTERSECCIÓN 2, tal como se muestran a continuación:

INTERSECCIÓN 2	Acceso Norte	Acceso Sur	Dársena 1	Dársena 2
VH30 [veh/h]	18	41	24	20

Tabla 3.8 – Estimación de los volúmenes horarios de diseño la INTERSECCIÓN 2.

Análogamente, se presentan en forma gráfica los resultados de la Tabla 3.8 más los correspondientes a la RN 22.

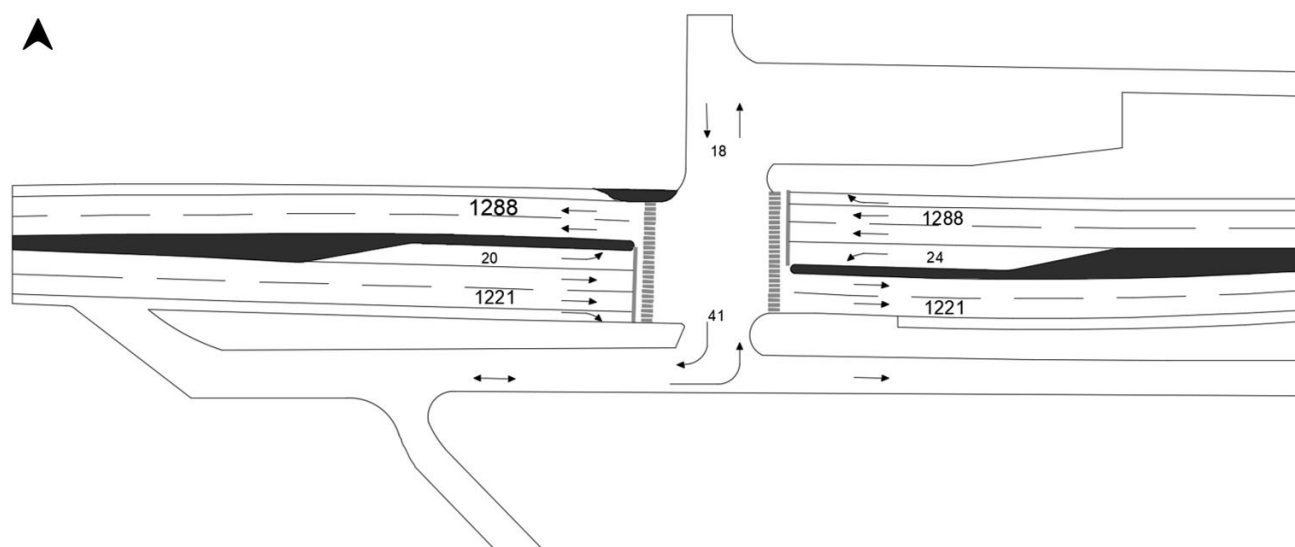


Figura 3.12 – Volumen horario de la INTERSECCIÓN 2 [veh/hora].

3.3 CIUDAD SANITARIA

3.3.1 Fase de funcionamiento

De acuerdo al análisis realizado por los proyectistas del Estudio de Impacto Ambiental, se estima que a la “Ciudad Sanitaria Neuquén” concurrirán unas 5464 personas diariamente (en la franja horaria de 06:00 a 19:00hs.), entre los que se consideran: pacientes internados y ambulatorios, acompañantes, huéspedes de hotel, personal, proveedores y alumnos.

El movimiento vehicular que se genera por el emprendimiento, se estima en función de la cantidad de personas que asistirían diariamente en vehículos, excluyendo de este análisis al transporte público urbano de pasajeros (colectivos).

El criterio adoptado en la determinación de vehículos es de carácter conservador y la distribución horaria contempla los siguientes criterios:

- La franja horaria pico de la actividad de todo el complejo es de 06:00 a 16:00hs., pero para el análisis se toma de 06:00 a 19:00hs., para evaluar la situación del horario de visita de la tarde.
- Se estima que el 40% del total de los pacientes ambulatorios se concentra en el intervalo de 07:00 a 10:00hs.
- Se consideran dos momentos para el ingreso de visitas de pacientes internados: el 50% en el intervalo de 10:00 a 11:30hs. y el otro 50%, de 17:00 a 19:00hs.
- Para las visitas generales se considera una distribución relativamente uniforme, en el intervalo de 09:00 a 18:00hs.

Tesis: “SOLUCIÓN INTEGRAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO EN RUTA NACIONAL N°22 POR EL EMPLAZAMIENTO DE LA CIUDAD SANITARIA”

- Se consideran dos momentos de punta para el ingreso de personal por calle Maquinchao, el 50% ingresa a las 06:00hs. y el otro a las 12:00hs.
- En cuanto al ingreso de los alumnos, el 50% entre las 7:00 y 9:00hs., y el resto entre las 11:00 y 13:00hs.
- Para las visitas vinculadas al sector de personal se considera una distribución uniforme en el intervalo de 06:00 a 16:00hs.
- Se considera que el 70% de los proveedores, ingresan en el horario de 7:00 a 13:00hs. y el resto de 14:00 a 16:00hs.
- En cuanto al uso del Auditorio, se utiliza sólo una vez por semana con horario de inicio a las 9:00hs., lo cual aumenta el número de vehículos ingresantes al complejo solo en esa hora.

Con lo antes presentado, se realiza una tabla y un gráfico representando la distribución horaria de ingreso de vehículos al complejo, para el caso del sector público (Tabla 3.12 y Figura 3.13) y sector personal (Tabla 3.13 y Figura 3.14).

Población		Pacientes ambulatorios		Visita internados		Visitas general		Auditorio		TOTAL SECTOR PÚBLICO
Personas/día		2248		680		1036		400		4364
Personas/auto		90%		90%		90%		33%		-
Vehículos/día		2023		612		933		132		3700
Distribución horaria de ingreso vehicular	06:00	9%	173	0%	0	0%	0	0%	0	173
	07:00	13%	270	0%	0	0%	0	0%	0	270
	08:00	13%	270	0%	0	0%	0	0%	0	270
	09:00	13%	270	0%	0	10%	93	100%	132	495
	10:00	9%	173	25%	153	10%	93	0%	0	420
	11:00	9%	173	25%	153	10%	93	0%	0	420
	12:00	9%	173	0%	0	10%	93	0%	0	267
	13:00	9%	173	0%	0	10%	93	0%	0	267
	14:00	9%	173	0%	0	10%	93	0%	0	267
	15:00	9%	173	0%	0	10%	93	0%	0	267
	16:00	0%	0	0%	0	10%	93	0%	0	93
	17:00	0%	0	25%	153	10%	93	0%	0	246
18:00	0%	0	25%	153	10%	93	0%	0	246	
19:00	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0	

Tabla 3.12 – Distribución horaria de ingreso a Ciudad Sanitaria (SECTOR PÚBLICO).

(Fuente: EsIA Ciudad Sanitaria Neuquén, pág.71).

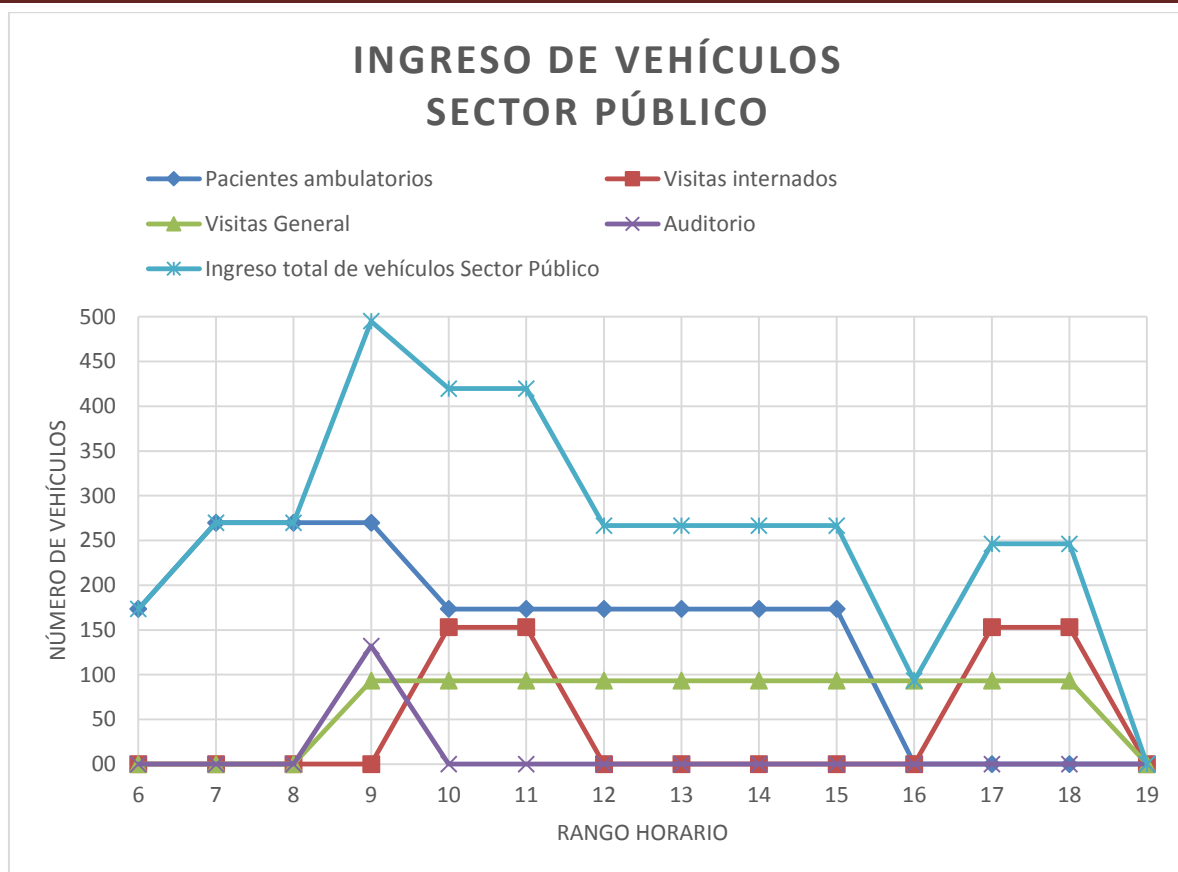


Figura 3.13 – Distribución horaria de ingreso a Ciudad Sanitaria (SECTOR PÚBLICO).
(Fuente: EsIA Ciudad Sanitaria Neuquén, pág.71).

Población	Personal	Alumnos	Proveedores	Visitadores	TOTAL SECTOR PERSONAL					
Personas/día	700	200	100	100	1100					
Personas/auto	50%	0,9	100%	90%	-					
Vehículos/día	350	180	100	90	720					
Distribución horaria de ingreso vehicular	06:00	50%	175	0%	0	0%	0	10%	9	184
	07:00	0%	0	25%	45	12%	12	10%	9	66
	08:00	0%	0	25%	45	12%	12	10%	9	66
	09:00	0%	0	0%	0	12%	12	10%	9	21
	10:00	0%	0	0%	0	12%	12	10%	9	21
	11:00	0%	0	25%	45	12%	12	10%	9	66
	12:00	50%	175	25%	45	12%	12	10%	9	241
	13:00	0%	0	0%	0	0%	0	10%	9	9
	14:00	0%	0	0%	0	10%	10	10%	9	19
	15:00	0%	0	0%	0	10%	10	10%	9	19
	16:00	0%	0	0%	0	10%	10	0%	0	10
	17:00	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0
18:00	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0	
19:00	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0	

Tabla 3.13 – Distribución horaria de ingreso a Ciudad Sanitaria (SECTOR PERSONAL).
(Fuente: EsIA Ciudad Sanitaria Neuquén, pág.71).

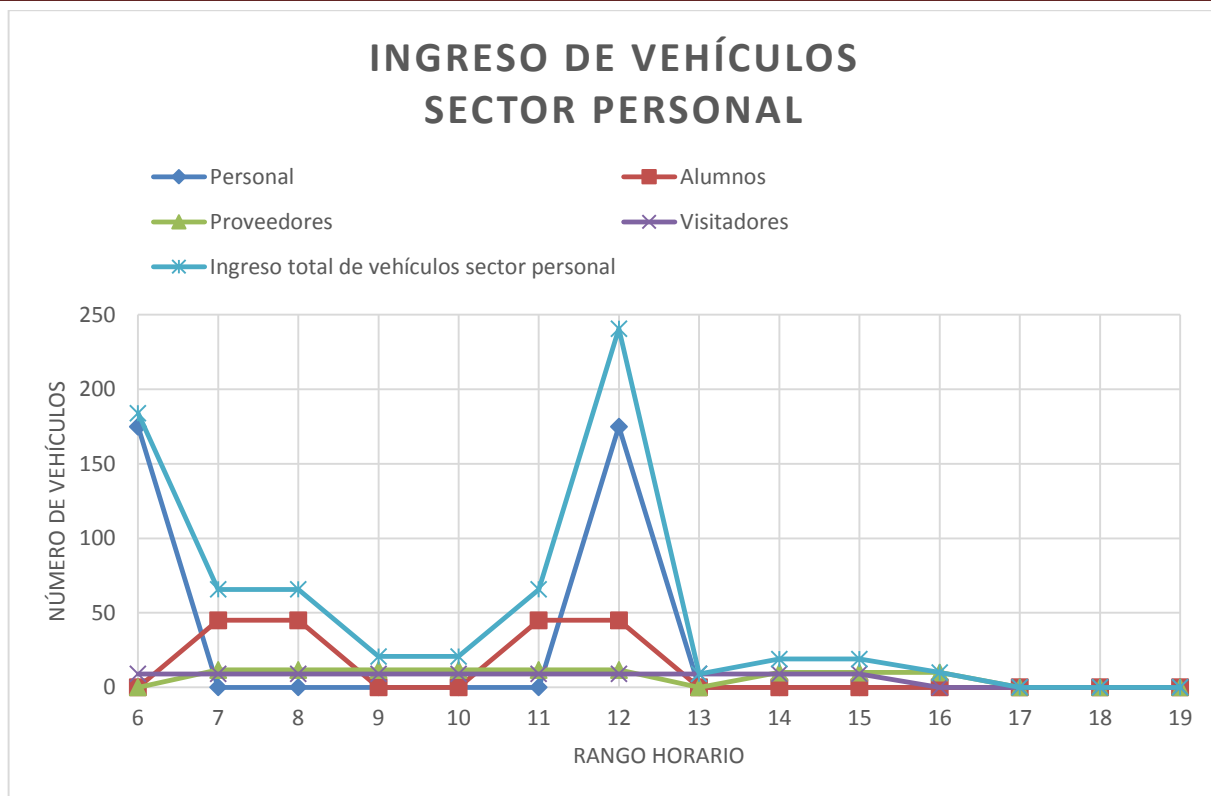


Figura 3.14 – Distribución horaria de ingreso a Ciudad Sanitaria (SECTOR PERSONAL).
(Fuente: EsIA Ciudad Sanitaria Neuquén, pág.72).

Por lo tanto, haciendo una suma de los distintos volúmenes horarios proyectados de cada sector, se obtienen los resultados presentados en la Figura 3.15.

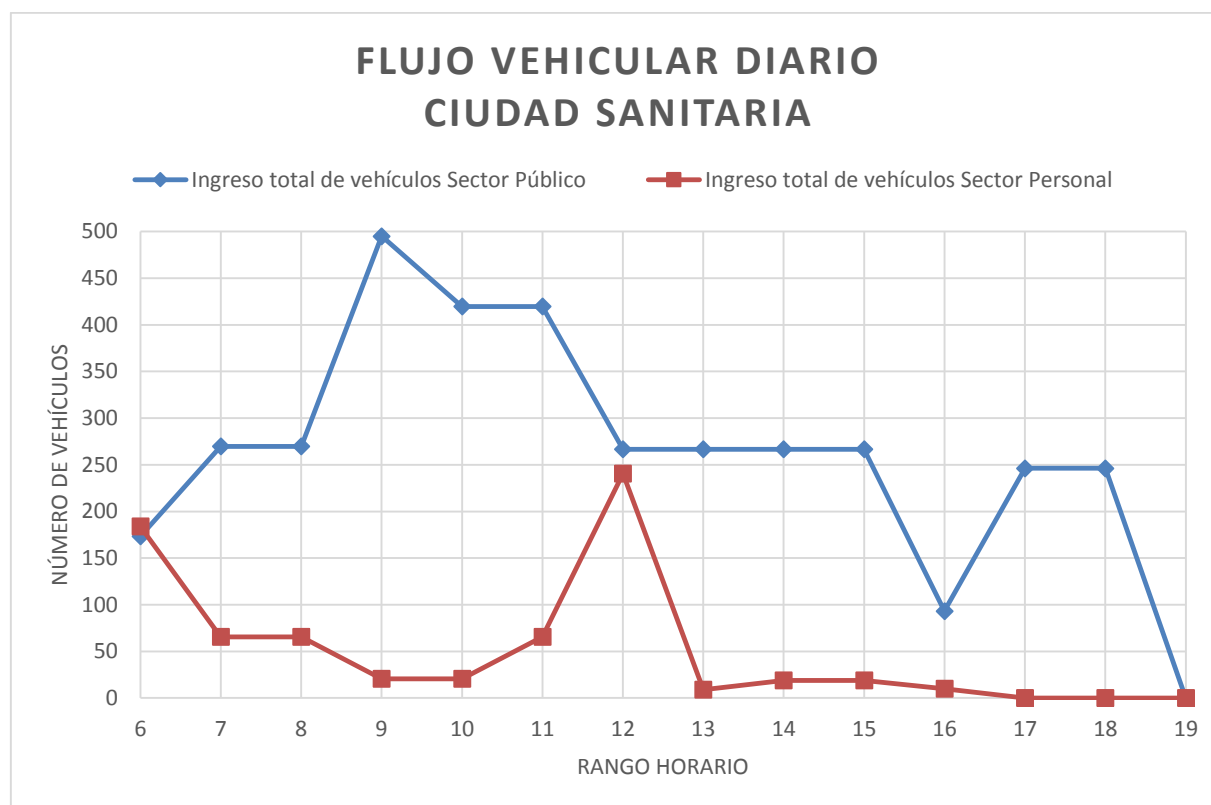


Figura 3.15 – Distribución horaria de ingreso a Ciudad Sanitaria.

Ahora bien, para poder entender mejor el efecto generado por el funcionamiento de la “Ciudad Sanitaria Neuquén”, se adiciona la distribución vehicular diaria ya mostrada a la correspondiente a la RN 22, para luego adoptar los volúmenes de vehículos diarios para el diseño. Los resultados se presentan en la Figura 3.16.

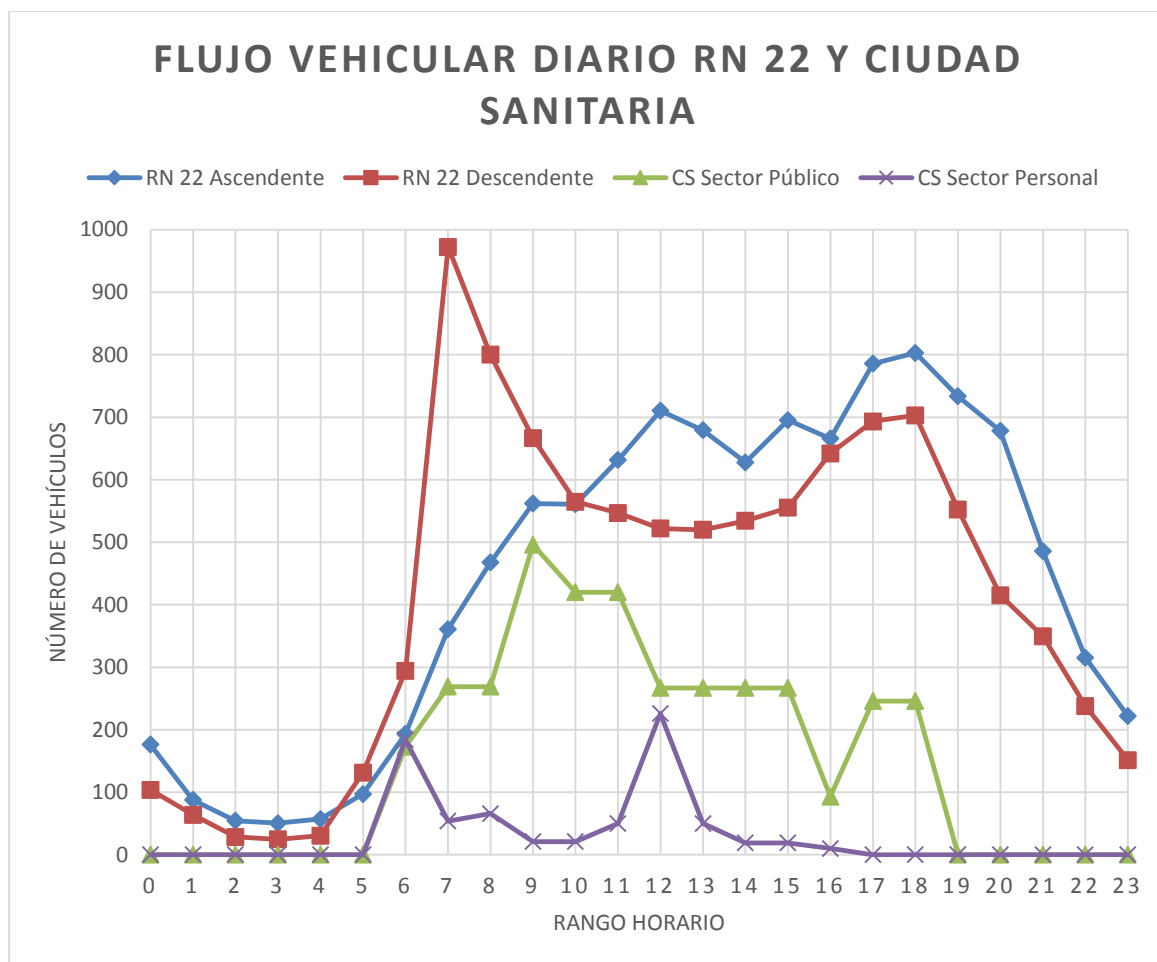


Figura 3.16 – Distribución horaria de RN 22 y Ciudad Sanitaria.

Por lo tanto, de la figura anterior se toman los siguientes volúmenes de vehículos diarios de la “Ciudad Sanitaria Neuquén” para el diseño:

- **Para el Sector Público:** Volumen máximo de 496 veh/h , a las 9:00hs.
- **Para el Sector Personal:** Volumen de 184 veh/h , a las 06:00hs. Si bien este valor no es el máximo (214 veh/h a las 12:00hs.), se produce en cercanía horaria con el pico de vehículos registrado sobre la calzada Descendente de la RN 22.

Cabe mencionar que los volúmenes de tránsito estimados con el pleno funcionamiento de la “Ciudad Sanitaria Neuquén”, son máximos. Es decir, no tienen proyección en el tiempo.

4 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1 Introducción

Con toda la información presentada, se analiza la intersección actual de manera global.

En primer lugar, se define el tipo de intersección adecuada para la situación existente de acuerdo a los flujos de tránsito (en veh/día) que se estimen para cada camino que componen la intersección (camino principal o de mayor tránsito y camino secundario o de menor tránsito). Para ello, se consulta la figura del capítulo 5 de la Norma de Diseño Geométrico, mostrada a continuación (Figura 4.1).

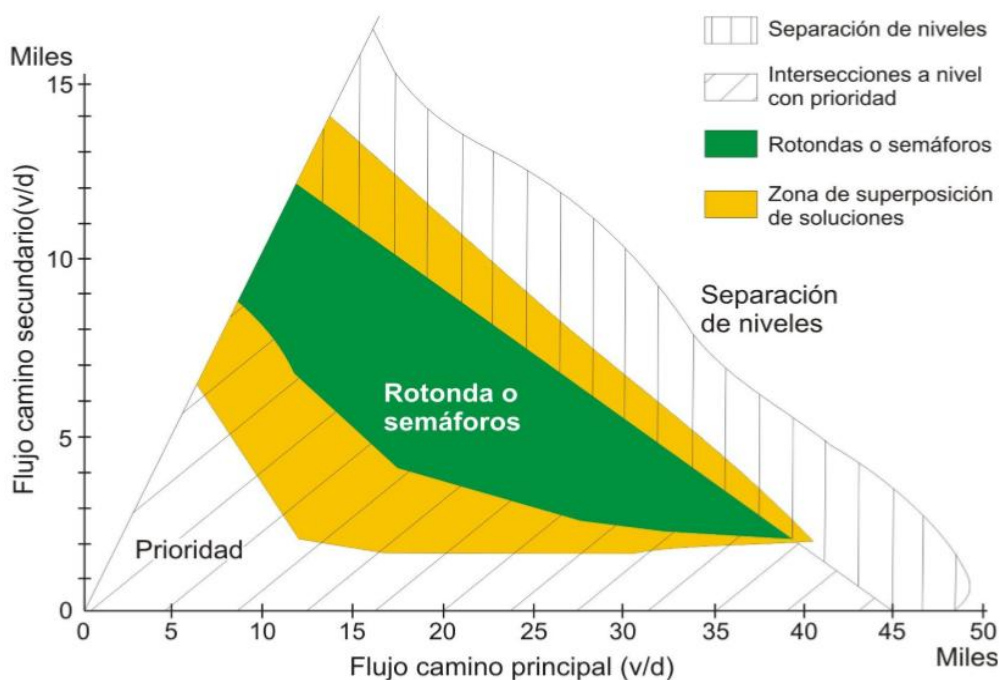


Figura 4.1 – Tipo de intersección basado en flujos de tránsito
(Fuente: Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial, Figura 5.2, Pág. 4).

4.2 INTERSECCIÓN 1

En particular para el caso de la INTERSECCIÓN 1, el flujo del camino principal tiene un valor de 20928 veh/día, que surge a partir de contabilizar los vehículos que circulan por la RN 22 y los estimados que doblan hacia la derecha viniendo del oeste sobre la ruta.

En el caso del camino secundario, se obtiene 5142 veh/día, a partir de la suma de: “Salida aeropuerto”, “Dársena 1 y 2”, “Subida a RN22” (por colectora sur Juan Julián Lastra) y “Subida a RN22 contramano”.³

³No se consideran las ramas directas porque no tienen tiempo de semáforo asignado y se incorporan o salen de la RN 22 cuando tienen espacio libre para hacerlo.

Los volúmenes del camino principal y del secundario se grafican en la Figura 4.1, resultando:

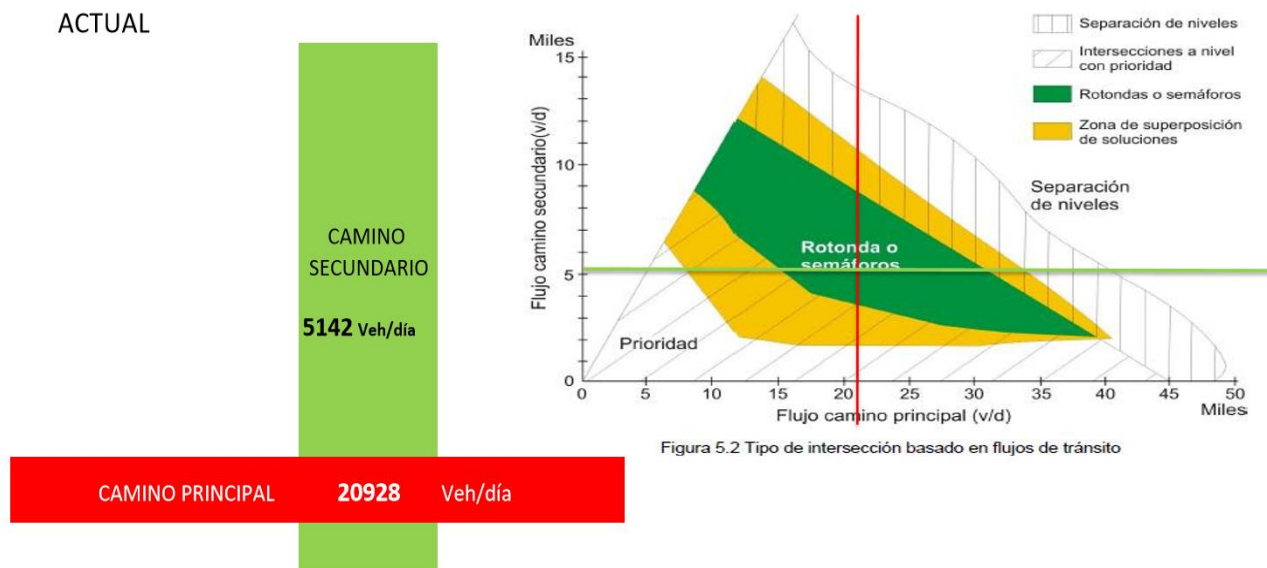


Figura 4.2 – Elección del tipo de la INTERSECCIÓN 1.

Según la Figura 4.2, el tipo de intersección apropiado para éstos flujos sería: rotonda o semáforos. Actualmente, la INTERSECCIÓN 1 es semaforizada con volúmenes diarios tal como se muestra en la Figura 4.3.

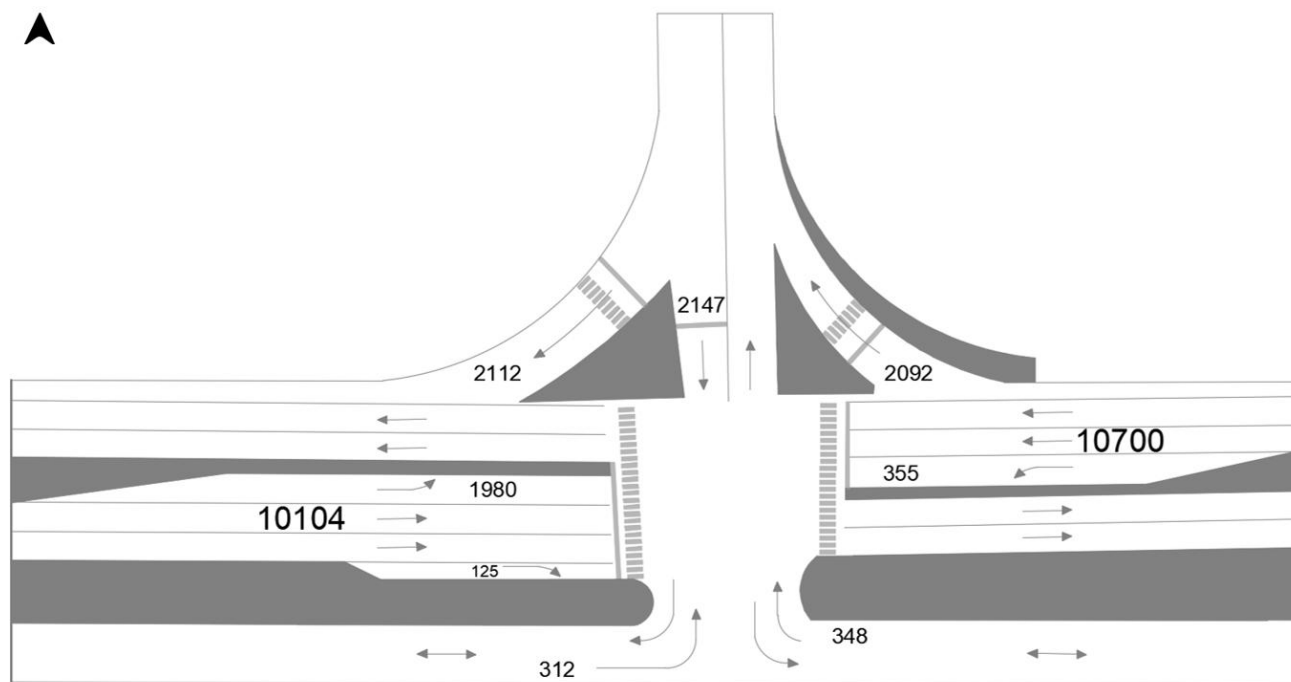


Figura 4.3 – Situación actual - INTERSECCIÓN 1 [veh/día].

4.3 Análisis de la capacidad y nivel de servicio⁴

En este punto, es preciso hacer un análisis más detallado del funcionamiento actual de la INTERSECCIÓN 1, aplicando la metodología descrita en el ANEXO III.

⁴ Para más información ver definición de términos básicos para una intersección con semáforos en ANEXO II.

La Figura 4.3 muestra los volúmenes máximos horarios en vehículos mixtos, movimientos protegidos en cada una de las cinco fases bajo la cual opera la INTERSECCIÓN 1. Además, se tiene la siguiente información:

- Porcentaje de autobuses que se detienen en las cercanías a la intersección: 0% para todos los accesos.
- Factor de hora de máxima demanda (FHMD): 0.85 para todos los accesos.
- Debido a la disponibilidad de ramas directas que permiten el giro a la derecha en los accesos Este y Norte, los vehículos realizan ésta maniobra sin la influencia del semáforo. En el acceso Oeste y Sur, la vuelta a la derecha es compartida con movimientos de frente.
- Pendientes de los accesos (ver Figura 3.4):

Acceso	Pendiente [%]
Norte	2
Sur	6
Este	0
Oeste	0

- Los vehículos llegan a la intersección de forma aleatoria, por lo tanto, se asume un valor de 1.00 para el factor de progresión (FP).
- No existen estacionamientos ni paradas de autobuses en las cercanías de la intersección.
- No existen conflictos peatonales en los accesos de la intersección.
- Tiempo perdido por movimiento en el arranque: 3 segundos.
- El semáforo funciona en un ciclo de 120 segundos, distribuidos en cinco fases, tal como aparece en la Tabla 4.1:

Fase N°	Acceso	Tiempo [s]		
		Verde	Ámbar	Rojo
1	Este y Oeste	40	3*	74
2	Norte	15	3*	99
3	Dársena 1	13	3	104
	Dársena 2			
4	Entrada RN 22	11.5	3*	102.5
5	Entrada RN 22 contramano	11.5	3*	102.5

* Se consideran 3 segundos de intervalo de cambio, antes y después del intervalo verde - 3(x2).

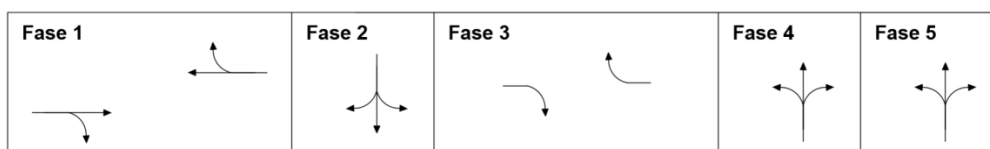


Tabla 4.1 – Fases de semáforos-Actual.

Gráficamente, los tiempos de semáforo se presentan en la Figura 4.4.

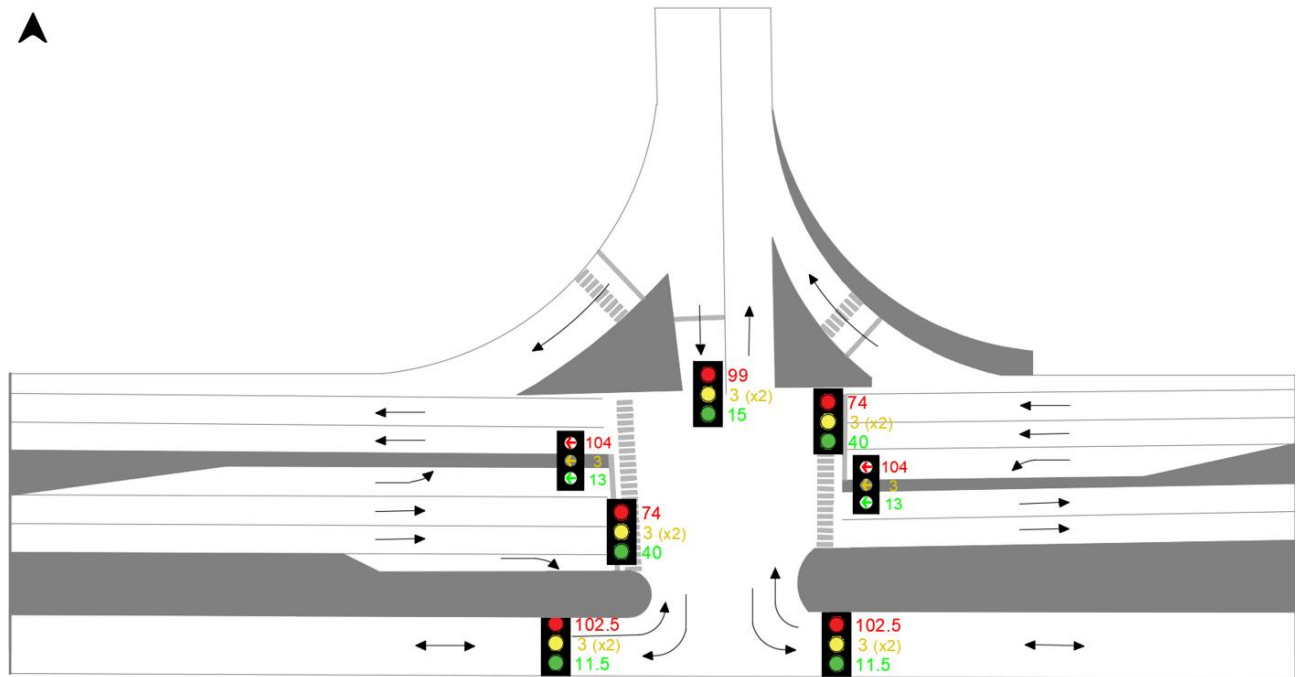


Figura 4.4 – Distribución actual de los tiempos de semáforos [seg].

Con ésta información, se continua el análisis evaluando el nivel de servicio (NS) de cada uno de los grupos de carriles, cada acceso y de la intersección en forma global. Con el propósito de seguir la metodología anexada, el problema se resuelve calculando los diferentes puntos:

1. Ajuste de volúmenes v_i

A partir de los volúmenes horarios (V), se calculan los flujos ajustados (v_i) para cada uno de los grupos de carriles establecido, utilizando el factor de la hora de máxima demanda ($FHMD$), el número de carriles (N) y el factor de utilización de carril (U).

En la Tabla 4.2 se presentan los flujos calculados de manera sistemática, y para la cual se utiliza, además, la siguiente simbología:

- I: movimiento de giro a la izquierda.
- F: movimiento de frente o directo.
- D: movimiento de giro a la derecha.

Obsérvese que:

- En el acceso Norte se establece un grupo de carriles, compuesto por un carril para la vuelta exclusiva a la izquierda (I) y otro para el movimiento de frente (F). Recordar que éste acceso cuenta con una rama directa para giros a la derecha (D), no afectada por el tiempo de semáforo.
- El acceso Oeste se compone de dos carriles para movimientos de frente (F), una dársena para vueltas a la izquierda (I) y un carril exclusivo para vueltas a la derecha (D).

- El acceso Este se compone de dos carriles para movimientos de frente (F), una dársena para vuelta a la izquierda (I) y una rama directa para giros a la derecha (D).
- En el acceso Sur se han establecido dos grupos de carriles. El primer grupo, se compone por el carril para el giro a la derecha (D) y el otro, por los carriles para movimientos de frente (F) y giro a la izquierda.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ACCESO	Movimiento	Volumen movimiento (V) [vph]	FHMD	Flujo (vp) [vph] (3/4)	Grupo de carriles	Flujo por grupo (v _{gi}) [vph]	Número de carriles (N)	Factor de utilización (U _i)	Flujo ajustado (v _i) [vhp] (7*9)	Proporción de vueltas (P _{vi} ; P _{vd})
NORTE	I (80%)	172	0.85	202	-	-	-	-	-	-
	F (20%)	43	0.85	51	FI	253	2	1.05	265	4
	D	211	-	-	-	-	-	-	-	-
OESTE	I	198	0.85	233	I	233	1	1	233	1
	F	1010	0.85	1189	F	1189	2	1.05	1248	1
	D	12	0.85	15	D	15	1	1	15	1
SUR	I (20%)	13	0.85	16	-	-	-	-	-	-
	F (35%)	23	0.85	27	FI	43	1	1	43	0.57
	D (45%)	30	0.85	35	D	35	1	1	35	1
ESTE	I	36	0.85	42	I	42	1	1	42	1
	F	1070	0.85	1259	F	1259	2	1.05	1322	1
	D	209	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.2 – Ajuste de volúmenes.

2. Flujo de saturación S_i

Se calcula el flujo de saturación bajo condiciones prevalecientes para cada grupo de carriles establecidos, a partir de un flujo de saturación en condiciones ideales (S_0), ajustado por distintos factores obtenidos de las ecuaciones enunciadas en la metodología. En nuestros cálculos, se supone un flujo de saturación ideal de 1900 vehículos ligeros por hora de luz verde por carril [vlphlvp].

La Tabla 4.3, muestra el cálculo de los flujos de saturación en vehículos por hora de luz verde [vph] para cada uno de los grupos de carriles, a partir de la siguiente ecuación:

$$S_i = S_0 * (N) * (f_A) * (f_{VP}) * (f_P) * (f_E) * (f_B) * (f_L) * (f_{VD}) * (f_{VI})^5$$

Para clarificar la metodología de cálculo, se toma como ejemplo el **acceso Norte** para los movimientos de frente e izquierda (FI). En éste sentido, se tienen los siguientes valores:

- $S_0 = 1900 \text{ vehículos livianos} / \text{hora verde} * \text{carril}$

⁵ Para más información ver descripción de cada término en Anexo III, Sección 3.1.4.8

- $N = 2$
- $f_A = 1 + \frac{W-3.6}{9} = 1 + \frac{3.15-3.6}{9} = 0.95$
- $f_{VP} = \frac{100}{100+\%HV*(E_T-1)} = \frac{100}{100+2*(2.4-1)} = 0.973$
- $f_P = 1 - \frac{\%G}{200} = 1 - \frac{2\%}{200} = 0.99$
- $f_E = 1.00$, sin estacionamiento.
- $f_B = 1.00$, sin paradas de autobuses.
- $f_L = 1.00$, otras áreas.
- $f_{VD} = 1.00$, no hay vueltas a la derecha en este grupo.
- $f_{VI} = \frac{1}{1.0+0.05*(4)} = 0.83$

Entonces, el flujo de saturación de este grupo (FI) es:

$$S_{FI} = (1900) * (2) * (0.95) * (0.973) * (0.99) * (1.00) * (1.00) * (1.00) * (1.00) * (0.83) = 2897 \text{ vphv}$$

1	Grupo de carriles			Factores de ajuste								13
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ACCESO	Movimientos	S_0 [v/phv]	N	f_A	f_P	f_E	f_{VP}	f_B	f_L	f_{VD}	f_{VL}	S_i [vphv]
NORTE	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FI	1900	2	0.95	0.99	1	0.973	1	1	1	0.83	2897
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OESTE	I	1900	1	1.02	1	1	0.973	1	1	1	0.95	1799
	F	1900	2	1.02	1	1	0.923	1	1	1	1	3564
	D	1900	1	0.83	1	1	1.000	1	1	0.85	1	1346
SUR	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FI	1900	1	1.02	0.95	1	1.000	1	1	1	0.97	1784
	D	1900	1	1.02	0.95	1	1.000	1	1	0.85	1	1560
ESTE	I	1900	1	1.04	1	1	1.000	1	1	1	0.95	1890
	F	1900	2	0.99	1	1	0.923	1	1	1	1	3486
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.3 – Flujo de saturación.

3. Análisis de capacidad c_i

Se calcula la capacidad (c_i), la relación volumen a capacidad (v/c) $_i$ y el grado de saturación crítico de la intersección (X_c), para cada grupo de carriles, tal como lo muestra la Tabla 4.4.⁶

Nuevamente, para el caso del acceso Norte (FI), según la ecuación (1), la capacidad resulta:

$$c_{FI} = S_{FI} * \left(\frac{g_{FI}}{C}\right) = 2897 * \left(\frac{15}{120}\right) = 2897 * (0.125) = 362 \text{ veh/h}$$

La relación volumen a capacidad según la ecuación (2) resulta:

⁶ Se toma un tiempo de verde efectivo (g_i), equivalente al tiempo verde actual, debido a que el tiempo perdido por fase (3 segundos), se supone igual a la ganancia en el tiempo ámbar.

$$X_{FI} = \frac{v_{FI}}{c_{FI}} = \frac{265}{362} = 0.73$$

El grado de saturación crítica de la intersección, según la ecuación (4) resulta:

$$X_c = \left(\frac{C}{C-L}\right) * \left[\sum_i \left(\frac{v}{s}\right)_{ci}\right] = \left(\frac{120}{120-12}\right) * (0.13 + 0.35 + 0.38)$$

$$X_c = 0.955$$

El valor obtenido se interpreta como que la intersección está funcionando al 95.5%, respecto de su capacidad en los grupos de carriles críticos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ACCESO	Movimiento por grupo de carriles	Flujo ajustado (v_i) [vph]	Flujo de saturación ajustado (S_i) [vphv]	Relación de flujo $\left(\frac{v}{s}\right)_i$ (3/4)	Relación de verde $\left(\frac{g_i}{C}\right)$	Capacidad del grupo de carriles (c_i) [vph] (4*6)	Relación $\left(X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i\right)^{(3/7)}$	Grupo de carril crítico
NORTE	-	-	-	-	-	-	-	-
	FI	265	2897	0.09	0.13	362	0.73	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
OESTE	I	233	1799	0.13	0.11	195	1.19	*
	F	1248	3564	0.35	0.33	1188	1.05	*
	D	15	1346	0.01	0.33	449	0.03	-
SUR	-	-	-	-	-	-	-	-
	FI	43	1784	0.024	0.24	431	0.10	-
	D	35	1560	0.022	0.24	377	0.09	-
ESTE	I	42	1890	0.02	0.11	205	0.20	-
	F	1322	3486	0.38	0.33	1162	1.14	*
	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.4 – Análisis de capacidad.

4. Nivel de servicio

Se determinan los niveles de servicio para cada uno de los grupos de carriles, los accesos y la intersección en su conjunto, según las condiciones prevalecientes. Para ello, se calcula la demora y con la Tabla 4.5, se clasifica.

Nivel de servicio	Demora por control [seg/veh]
A	≤10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55
E	>55-80
F	>80

Tabla 4.5 – Niveles de servicio según la demora.

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (2007). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 8ª Edición. México, D.F: Alfaomega grupo editor, Pág. 410).

Continuando con el ejemplo, la demora ajustada para el grupo de dos carriles (FI) en el acceso Norte ($i = NFI$), resulta ser:

$$d_{NFIa} = d_{NFI} * (FP)^7$$

$$d_{NFI} = d_{1NFI} + d_{2NFI} = \text{demora uniforme} + \text{demora incremental}$$

La demora uniforme, según la ecuación (11), está dada por:

$$d_{1NFI} = 0.38 * C * \frac{\left(1 - \left(\frac{g_{1NFI}}{C}\right)\right)^2}{\left(1 - X_{1NFI} * \left(\frac{g_{1NFI}}{C}\right)\right)}$$

Reemplazando los valores correspondientes y resolviendo, se obtiene:

$$d_{1NFI} = 0.38 * (120) * \frac{(1 - (0.13))^2}{(1 - (0.73) * (0.13))} = \mathbf{38.43 \text{ s/veh}}$$

Por otro lado, la demora incremental, según la ecuación (12), está dada por:

$$d_{2NFI} = 173 * (X_{2NFI})^2 \left[(X_{2NFI} - 1) + \sqrt{(X_{2NFI} - 1)^2 + \frac{16 * X_{2NFI}}{C_{2NFI}}} \right]$$

Reemplazando los valores correspondientes y resolviendo, se obtiene:

$$d_{2NFI} = 173 * (0.73)^2 \left[(0.73 - 1) + \sqrt{(0.73 - 1)^2 + \frac{16 * (0.73)}{(362)}} \right] = \mathbf{5.08 \text{ s/veh}}$$

Por lo tanto:

$$d_{NFI} = d_{1NFI} + d_{2NFI} = 38.43 \text{ s/veh} + 5.08 \text{ s/veh} = 43.51 \text{ s/veh}$$

$$d_{NFIa} = d_{NFI} * (FP) = 43.51 \text{ s/veh} * (1) = 43.51 \text{ s/veh}$$

La demora en el acceso Norte es:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} (d_{ia} * v_i)}{\sum_{i=1}^{n_A} v_i} = \frac{(43.51 * 362)}{362} = 43.51 \text{ s/veh}$$

⁷ FP: Factor de ajuste por efecto de la progresión de los semáforos. En nuestro caso, se considera que la manera de llegada es aleatoria y el factor toma el valor de la unidad.

Los resultados completos se pueden ver en la siguiente tabla.

Grupo de carriles		Demora uniforme (d_{1i})				Demora incremental (d_{2i})		Demora por grupo			Demoras totales y niveles de servicio	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ACCESO	Movimiento	$X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i$	$\left(\frac{g_i}{C}\right)$	Long. ciclo C [s]	$(d_{1i})_{[s/veh]}$	$(c_i)_{[vph]}$	$(d_{2i})_{[s/veh]}$	(FP)	$d_{ia} [s/v eh]$	NS	$d_A [s/veh]$	NS
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43.51	D
	FI	0.73	0.13	120	38.43	362	5.08	1	43.51	D		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
O	I	1.19	0.11	120	41.65	195	139.32	1	180.96	F	83.08	F
	F	1.05	0.33	120	31.19	1188	34.35	1	65.54	E		
	D	0.03	0.33	120	20.49	449	0.00011	1	20.49	C		
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.85	C
	FI	0.10	0.24	120	26.87	431	0.00	1	26.87	C		
	D	0.09	0.24	120	26.82	377	0.00	1	26.83	C		
E	I	0.20	0.11	120	37.08	205	0.07	1	37.15	D	102.95	F
	F	1.137	0.33	120	32.64	1162	72.38	1	105.03	F		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Tabla 4.6 – Nivel de servicio.

A continuación, se presenta la demora y los niveles de servicio (ver Figura 4.5 y Figura 4.6 respectivamente).

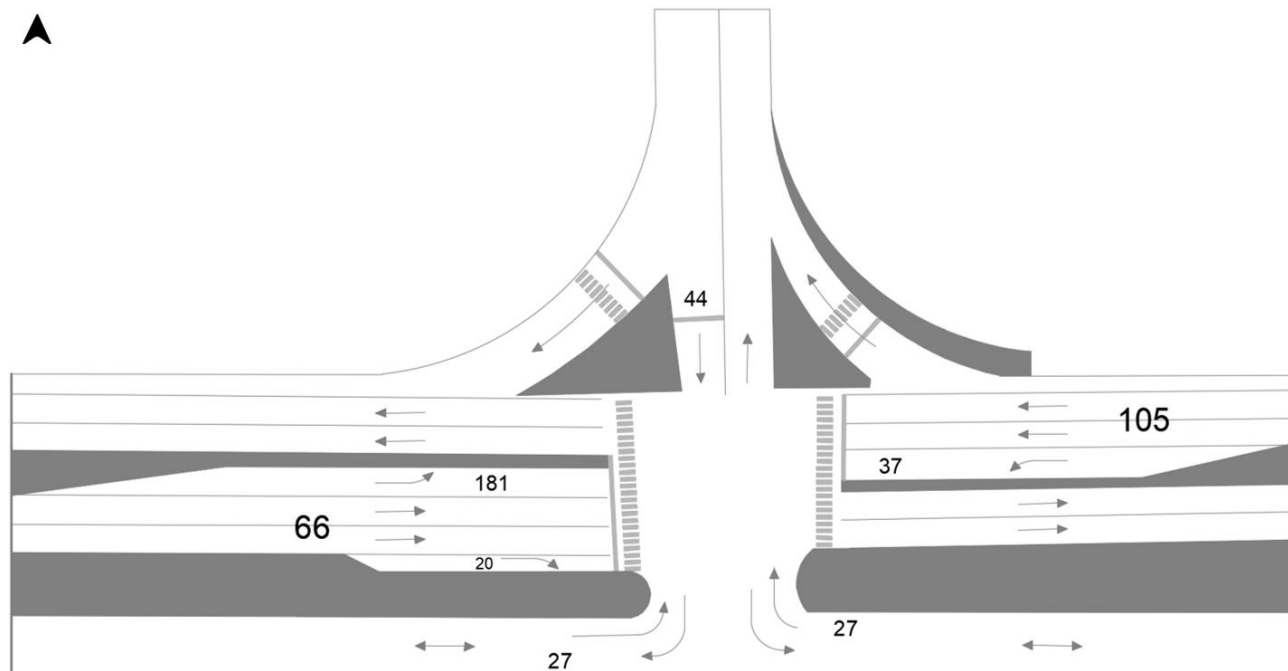


Figura 4.5 – Demora actual por grupo de carriles [s/veh].

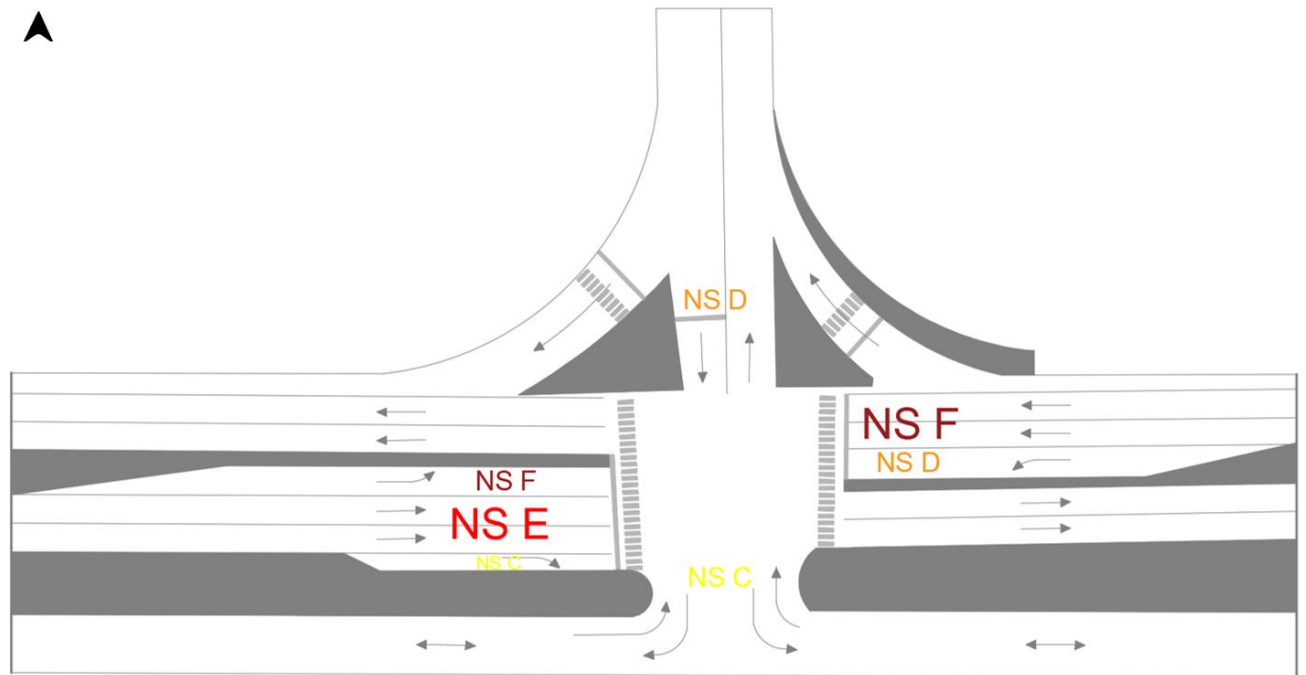


Figura 4.6 – Niveles de servicio actuales.

Ahora bien, se analiza la intersección en su **conjunto**, calculando primero la demora.

$$d_I = \frac{\sum_{A=1}^T (d_A * v_A)}{\sum_{A=1}^T v_A}$$

$$d_I = \frac{43.51 * (265) + 83.08 * (233 + 1248 + 15) + 26.85 * (43 + 35) + 102.95 * (42 + 1322)}{265 + 233 + 1248 + 15 + 43 + 35 + 42 + 1322}$$

$$d_I = 86.90 \text{ s/veh}$$

Luego, según la Tabla 4.5, se puede afirmar que la intersección actualmente presenta un **nivel de servicio F**.

Con los resultados obtenidos de demora y nivel de servicio de la intersección, se concluye que los flujos de llegada exceden la capacidad de los accesos, que está funcionando a un nivel elevado de saturación y existe congestionamiento. Por ello, se plantean algunas modificaciones para mejorar el nivel de servicio (ver Sección 5).

4.4 INTERSECCIÓN 2

En particular para el caso de la INTERSECCIÓN 2, el flujo del camino principal tiene un valor de 25083 veh/día, que surge de contabilizar los vehículos que circulan por la RN 22⁸. En el camino secundario, se obtiene 1025 veh/día, a partir de la suma de: “Acceso Norte”, “Acceso Sur”, “Dársena 1” y “Dársena 2”.

Con éstos datos, se ingresa a la Figura 4.1 para determinar el tipo de intersección según Norma.

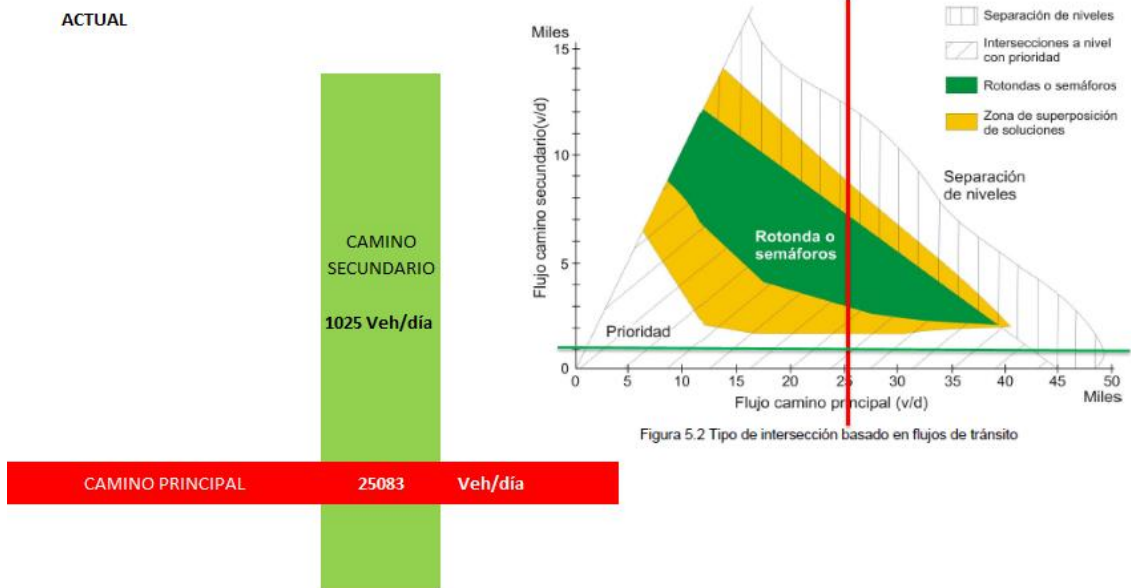


Figura 4.7 – Elección del tipo de la INTERSECCIÓN 2.

Según la Figura 4.7, el tipo de intersección apropiado para estos flujos sería una intersección a nivel con prioridad. Sin embargo, actualmente es semaforizada y tiene un volumen diario tal como muestra la Figura 4.8.

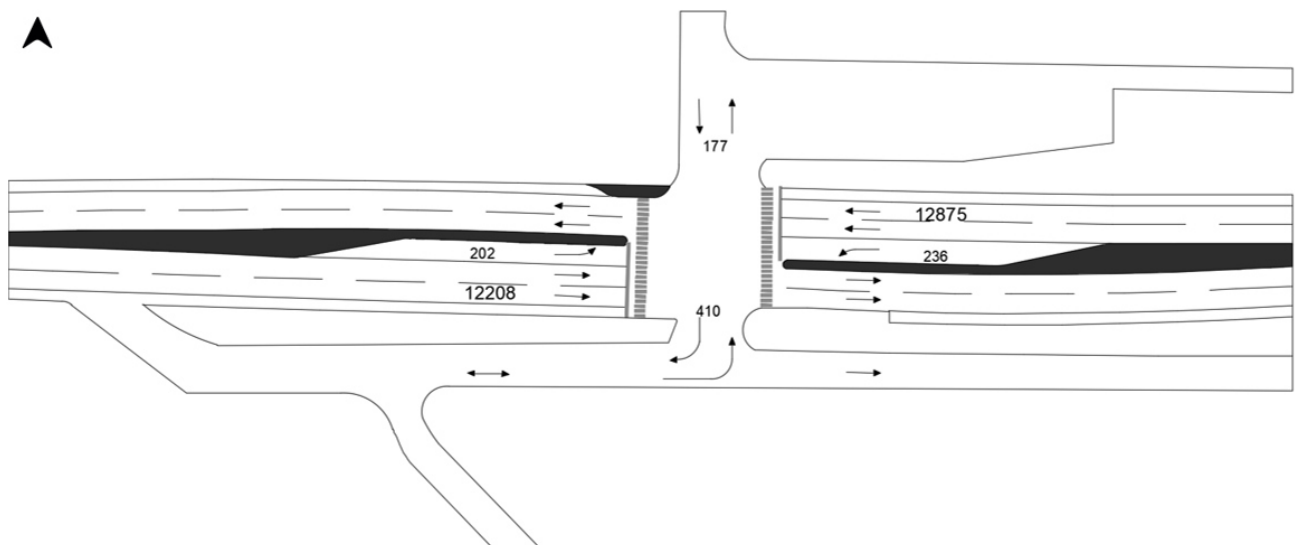


Figura 4.8 – Situación actual - INTERSECCIÓN 2 [veh/día].

⁸ Se considera que en la INTERSECCIÓN 2, no se producen giros a la derecha sobre RN 22.

4.5 Análisis de la capacidad y nivel de servicio

Análogamente, se realiza un análisis más detallado del funcionamiento actual de la INTERSECCIÓN 2, aplicando la metodología descrita en ANEXO III.

La Figura 4.8 muestra los volúmenes máximos horarios en vehículos mixtos, movimientos protegidos en cada una de las cuatro fases bajo la cual opera la INTERSECCIÓN 2. Además, se tiene la siguiente información:

- Porcentaje de autobuses que se detienen en cercanías a la intersección: 0% para todos los accesos.
- Factor de hora de máxima demanda (FHMD): 0.85 para todos los accesos.
- Pendientes de los accesos (ver Figura 3.11):

Acceso	Pendiente [%]
Norte	2
Sur	6
Este	0
Oeste	0

- Los vehículos llegan a la intersección de forma aleatoria, por lo tanto, se asume un valor de 1.00 para el factor de progresión (FP).
- No existen estacionamientos ni paradas de autobuses en las cercanías de la intersección.
- No existen conflictos peatonales en los accesos de la intersección.
- Tiempo perdido por movimiento en el arranque: 3 segundos.
- El semáforo funciona en un ciclo de 120 segundos, distribuidos en cinco fases, tal como aparece en la Tabla 4.7.

Fase N°	Acceso	Tiempo [s]		
		Verde	Ambar	Rojo
1	RN 22	60	3*	54
2	Norte	12	3*	102
3	Dársena 1	12	3	105
	Dársena 2			
4	Sur	12	3*	102

* Se consideran 3 segundos de intervalo de cambio, antes y después del intervalo verde - 3(x2).

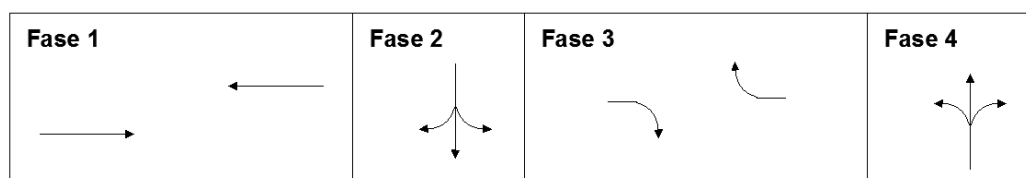


Tabla 4.7 – Fases de semáforos-Actual.

Gráficamente, los tiempos de semáforo se presentan en la Figura 4.9.



Figura 4.9 – Distribución actual de los tiempos de semáforos [seg].

Con esta información, se continúa el análisis calculando los diferentes puntos descritos a continuación, obteniendo el nivel de servicio (NS) de cada uno de los grupos de carriles, cada acceso y de la intersección en forma global.

1. Ajuste de volúmenes v_i

A partir de los volúmenes horarios (V), se calculan los flujos ajustados (v_i) para cada uno de los grupos de carriles establecido, utilizando el factor de la hora de máxima demanda ($FHMD$), el número de carriles (N) y el factor de utilización de carril (U).

En la Tabla 4.8 se presentan los flujos calculados usando la siguiente simbología:

- I: movimiento de giro a la izquierda.
- F: movimiento de frente o directo.
- D: movimiento de giro a la derecha.

Obsérvese que:

- En el acceso Norte se establece un carril que permite los tres movimientos, a la derecha (D), de frente (F) y a la izquierda (I).
- El acceso Oeste se compone de dos carriles para movimientos de frente (F), una dársena para vueltas a la izquierda (I). Cabe mencionar que este acceso cuenta con una rampa previa a la intersección que permite el giro a la derecha (D) que no es afectada por el tiempo de semáforo.
- El acceso Este se compone de dos carriles para movimientos de frente (F) y una dársena para vuelta a la izquierda (I).
- En el acceso Sur se establece un carril que permite los tres movimientos, a la derecha (D), de frente (F) y a la izquierda (I).

Tesis: “SOLUCIÓN INTEGRAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO EN RUTA NACIONAL N°22 POR EL EMPLAZAMIENTO DE LA CIUDAD SANITARIA”

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ACCESO	Movimiento	Volumen movimiento (V) [vph]	FHMD	Flujo (vp) [vph] (3/4)	Grupo de carriles	Flujo por grupo (v _{gi}) [vph]	Número de carriles (N)	Factor de utilización (U _i)	Flujo ajustado (v _i) [vhp] (7*9)	Proporción de vueltas (P _{V1} ; P _{VD})
NORTE	I (45%)	8	0.85	9	-	-	-	-	-	0.4
	F (35%)	6	0.85	7	FID	21	1	1	21	-
	D (20%)	4	0.85	5	-	-	-	-	-	0.2
OESTE RN22	I	20	0.85	24	I	24	1	1	24	1.0
	F	1221	0.85	1436	F	1436	2	1.05	1508	-
	D	0	-	-	-	-	-	-	-	-
SUR	I (20%)	8	0.85	9	-	-	-	-	-	0.2
	F (35%)	14	0.85	16	FID	48	1	1	48	-
	D (45%)	19	0.85	22	-	-	-	-	-	0.5
ESTE RN22	I	24	0.85	28	I	28	1	1	28	1.0
	F	1288	0.85	1515	F	1515	2	1.05	1591	-
	D	0	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.8 – Ajuste de volúmenes.

2. Flujo de saturación S_i

Se calcula el flujo de saturación bajo condiciones prevalecientes para cada uno de los grupos de carriles establecidos, a partir de un flujo de saturación en condiciones ideales (S_0), que será ajustado por distintos factores obtenidos de las ecuaciones mencionadas en la metodología. En nuestros cálculos, se supone un flujo de saturación ideal de 1900 vehículos ligeros por hora de luz verde por carril [vlph/vpc].

La Tabla 4.9 muestra el cálculo de los flujos de saturación en vehículos por hora de luz verde [vphv] para cada grupo de carriles, a partir de la siguiente ecuación:

$$S_i = S_0 * (N) * (f_A) * (f_{VP}) * (f_P) * (f_E) * (f_B) * (f_L) * (f_{VD}) * (f_{VI})^9$$

Se toma como ejemplo el acceso Oeste para los movimientos de frente (F). En éste sentido, se tienen los siguientes valores:

- $S_0 = 1900$ vehículos livianos/hora verde * carril
- $N = 2$
- $f_A = 1 + \frac{W-3.6}{9} = 1 + \frac{3.65-3.6}{9} = 1.01$
- $f_{VP} = \frac{100}{100+\%HV*(E_T-1)} = \frac{100}{100+6*(2.4-1)} = 0.92$
- $f_P = 1 - \frac{\%G}{200} = 1 - \frac{0\%}{200} = 1.00$
- $f_E = 1.00$, sin estacionamiento.
- $f_B = 1.00$, sin paradas de autobuses.

⁹ Para más información ver descripción de cada uno de los factores en Anexo III, Sección 3.1.4.8

- $f_L = 1.00$, otras áreas.
- $f_{VD} = 1.00$, no hay vueltas a la derecha en este grupo.
- $f_{VI} = 1.00$, no hay vueltas a la izquierda en este grupo.

Entonces, el flujo de saturación de este grupo (F) es:

$$S_{FI} = 1900 * (2.00) * (1.01) * (0.92) * (1.00) * (1.00) * (1.00) * (1.00) * (1.00) * (1.00) = 3525 \text{ vphv}$$

1	Grupo de carriles			Factores de ajuste								13
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ACCESO	Movimientos	S_0 [vphv]	N	f_A	f_P	f_E	f_{VP}	f_B	f_L	f_{VD}	f_{VL}	S_i [vphv]
NORTE	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FID	1900	1	1.01	0.97	1	0.97	1	1	0.97	0.98	1705
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OESTE RN 22	I	1900	1	1.01	1.0	1.0	0.97	1.0	1.0	1.0	0.95	1766
	F	1900	2	1.01	1.0	1.0	0.92	1.0	1.0	1.0	1.0	3525
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUR	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FID	1900	1	1.01	0.97	1.0	0.97	1.0	1.0	0.93	0.99	1661
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESTE RN 22	I	1900	1	1.01	1.0	1.0	0.97	1.0	1.0	1.00	0.95	1766
	F	1900	2	1.01	1.0	1.0	0.92	1.0	1.0	1.00	1.00	3525
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.9 – Flujo de saturación.

3. Análisis de capacidad c_i

Se calcula la capacidad (c_i), la relación volumen a capacidad $(v/c)_i$ y el grado de saturación crítico de la intersección (X_c), para cada grupo de carriles, tal como lo muestra la Tabla 4.10.¹⁰

Análogamente, se analiza el carril (F) del acceso Oeste RN 22, y la capacidad resulta:

$$c_I = s_I * \left(\frac{g_I}{C}\right) = 3525 * \left(\frac{60}{120}\right) = 3525 * (0.50) = 1763 \text{ veh/h}$$

La relación volumen a capacidad según la ecuación (2) resulta:

$$X_{FI} = \frac{v_{FI}}{c_{FI}} = \frac{1508}{1763} = 0.86$$

El grado de saturación crítico de la intersección, según la ecuación (4) resulta:

$$X_c = \left(\frac{C}{C-L}\right) * \left[\sum_i \left(\frac{v}{s}\right)_{ci}\right] = \left(\frac{120}{120-12}\right) * (0.43 + 0.45)$$

$$X_c = 0.977$$

¹⁰ Se toma un tiempo de verde efectivo (g_i) equivalente al tiempo verde actual (tiempo perdido por fase, igual a la ganancia en el tiempo ámbar, 3 segundos)

El valor obtenido se interpreta como que la intersección está funcionando al 97.7%, respecto de su capacidad en los grupos de carriles críticos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ACCESO	Movimiento por grupo de carriles	Flujo ajustado (v_i) [vph]	Flujo de saturación ajustado (S_i) [vphv]	Relación de flujo ($\frac{v}{s}$) _i (3/4)	Relación de verde ($\frac{g_i}{C}$)	Capacidad del grupo de carriles (C_i) [vph] (4*6)	Relación ($X_i = \frac{v}{c}$) _i (3/7)	Grupo de carril crítico
NORTE	-	-	-	-	-	-	-	-
	FID	21	1705	0.01	0.10	170	0.12	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
OESTE RN 22	I	24	1766	0.01	0.10	177	0.13	-
	F	1508	3525	0.43	0.50	1763	0.86	*
	-	-	-	-	-	-	-	-
SUR	-	-	-	-	-	-	-	-
	FID	48	1661	0.03	0.10	166	0.29	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
ESTE RN22	I	28	1766	0.02	0.10	177	0.16	-
	F	1591	3525	0.45	0.50	1763	0.90	*
	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.10 – Análisis de capacidad.

4. Nivel de servicio

De la misma manera, se determinan los niveles de servicio para cada grupo de carril, los accesos y la intersección en su conjunto, para las condiciones prevalecientes y se clasifica con la Tabla 4.5 (Niveles de servicio según la demora). Del ejemplo, la demora ajustada para el grupo de dos carriles (F) en el acceso Oeste ($i = OF$), resulta ser:

$$d_{OFa} = d_{OF} * (FP)^{11}$$

$$d_{OF} = d_{1OF} + d_{2OF} = \text{demora uniforme} + \text{demora incremental}$$

La demora uniforme, según la ecuación (11), está dada por:

$$d_{1OF} = 0.38 * C * \frac{\left(1 - \left(\frac{g_{1OF}}{C}\right)\right)^2}{\left(1 - X_{1OF} * \left(\frac{g_{1OF}}{C}\right)\right)}$$

$$d_{1OF} = 0.38 * (120) * \frac{(1 - (0.50))^2}{(1 - (0.86) * (0.50))} = 19.93 \text{ s/veh}$$

Por otro lado, la demora incremental, según la ecuación (12), está dada por:

¹¹ FP: Factor de ajuste por efecto de la progresión de los semáforos igual a la unidad por considerar que la llegada de los vehículos es aleatoria.

$$d_{2OF} = 173 * (X_{2OF})^2 \left[(X_{2OF} - 1) + \sqrt{(X_{2OF} - 1)^2 + \frac{16 * X_{2OF}}{c_{2OF}}} \right]$$

$$d_{2OF} = 173 * (0.86)^2 \left[(0.86 - 1) + \sqrt{(0.86 - 1)^2 + \frac{16 * (0.86)}{(1763)}} \right] = 3.14 \text{ s/veh}$$

Por lo tanto:

$$d_{OF} = d_{1OF} + d_{2OF} = 19.93 \text{ s/veh} + 3.14 \text{ s/veh} = 23.07 \text{ s/veh}$$

$$d_{OFa} = d_{OF} * (FP) = 23.07 \text{ s/veh} * (1) = 23.07 \text{ s/veh}$$

La demora en el acceso Oeste es:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} (d_{ia} * v_i)}{\sum_{i=1}^{n_A} v_i} = \frac{(37.46 * 24 + 23.07 * 1508)}{(24 + 1508)} = 23.29 \text{ s/veh}$$

Los resultados completos se pueden ver en la Tabla 4.11.

Grupo de carriles		Demora uniforme (d_{1i})				Demora incremental (d_{2i})		Demora por grupo			Demoras totales y Niveles de servicio	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ACCESO	Movimiento	$x_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i$	$\left(\frac{g_i}{C}\right)$	Long. ciclo C [s]	(d_{1i}) [s/veh]	(c_i) [vph]	(d_{2i}) [s/veh]	(FP)	d_{ia} [s/veh]	NS	d_A [s/veh]	NS
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.42	D
	FID	0.12	0.10	120	37.40	170	0.02	1.0	37.42	D		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
O	I	0.13	0.10	120	37.4	177	0.02	1.0	37.46	D	23.29	C
	F	0.86	0.50	120	19.9	1763	3.14	1.0	23.07	C		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.32	D
	FI	0.29	0.10	120	38.0	166	0.28	1.0	38.32	D		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
E	I	0.16	0.10	120	37.5	177	0.04	1.0	37.57	D	26.00	C
	F	0.90	0.50	120	20.8	1763	5.02	1.0	25.80	C		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Tabla 4.11 – Nivel de servicio.

Gráficamente, se presentan las demoras (Figura 4.10) y los niveles de servicio (Figura 4.11) para la INTERSECCIÓN 2.

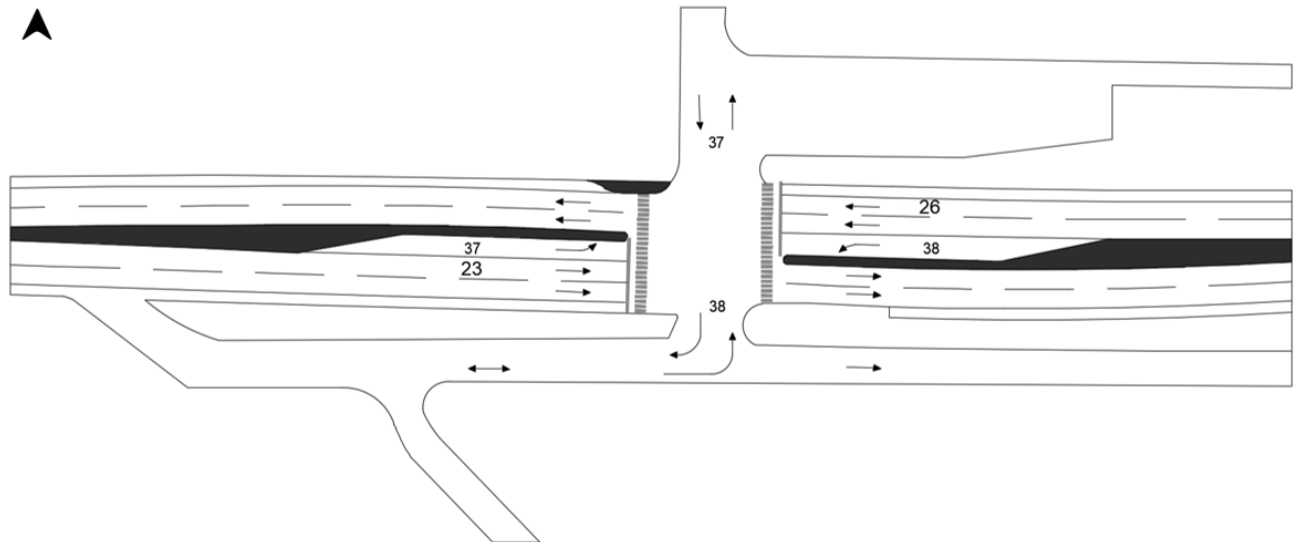


Figura 4.10 – Demora actual por grupo de carriles. [s/veh]

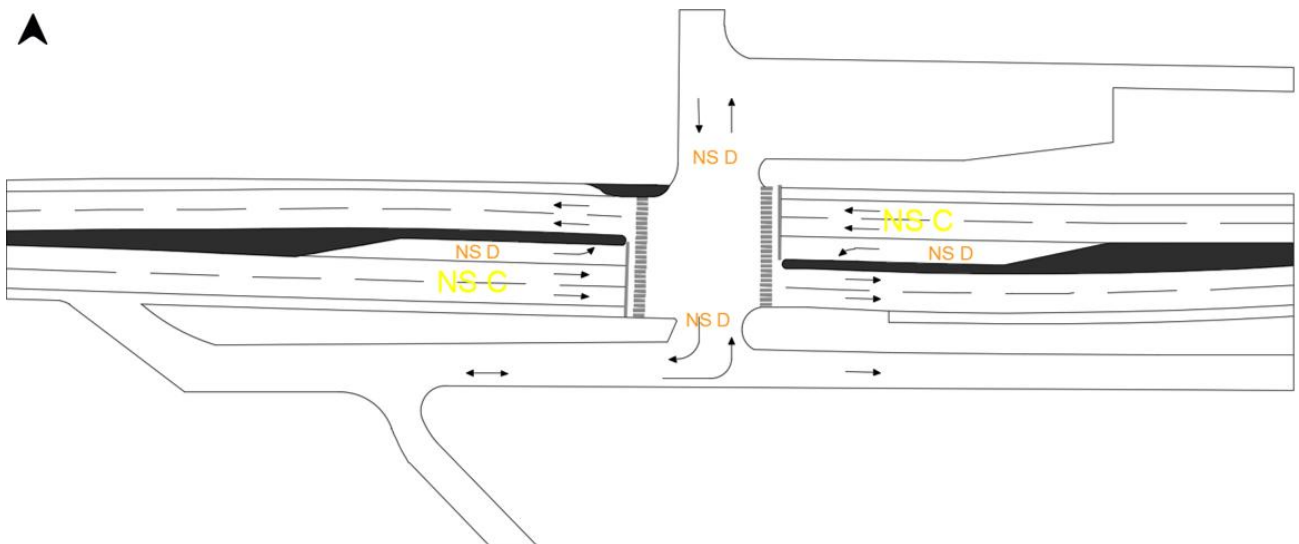


Figura 4.11 – Niveles de servicio actuales.

Ahora bien, se analiza la intersección en su conjunto, calculando la demora.

$$d_I = \frac{\sum_{A=1}^T (d_A * v_A)}{\sum_{A=1}^T v_A}$$

$$d_I = \frac{37.42 * (21) + 23.29 * (24 + 1508) + 38.32 * (48) + 26.00 * (28 + 1591)}{21 + 24 + 1508 + 48 + 28 + 1591}$$

$$d_I = 24.97^s/veh$$

Se puede afirmar que la intersección actualmente presenta un **nivel de servicio C**.

La intersección analizada presenta una demora y nivel de servicio que representan un comportamiento aceptable según la percepción del usuario. Sin embargo, registra una maniobra no permitida en la colectora sur de la RN 22 (circulación oeste-este, es decir, en contramano). En este sentido, se busca dar solución a la problemática y ordenar el tránsito de manera global.

5 DISEÑO PRELIMINAR

5.1 INTRODUCCIÓN

Con toda la información presentada y aplicando la metodología desarrollada para el análisis de la situación actual, se realizaron bosquejos en busca de una solución factible y que genere un tránsito continuo y fluido. Estas propuestas fueron presentadas y consultadas con la Dirección Nacional de Vialidad y la Municipalidad del Neuquén.

5.2 PROPUESTAS PLANTEADAS PARA LA INTERSECCIÓN 1

5.2.1 Modificación N° 1

En primer lugar, se plantea una solución que no requiera grandes aportes económicos para su realización. Con este objetivo, se propone la eliminación de la Dársena 2 y la Subida a RN 22 en contramano (ver Figura 5.1), lo cual implica que los vehículos que no puedan hacer el giro a la izquierda por la Dársena 2, se los derive por una rampa anterior a la intersección y aparezcan en la Subida a RN 22 (colectora JJ Lastra). Además, se propone una redistribución de los tiempos de semáforo que se le asignan a cada maniobra en la INTERSECCIÓN 1 (ver Figura 5.2), eligiendo la que mejor nivel de servicio generaba.

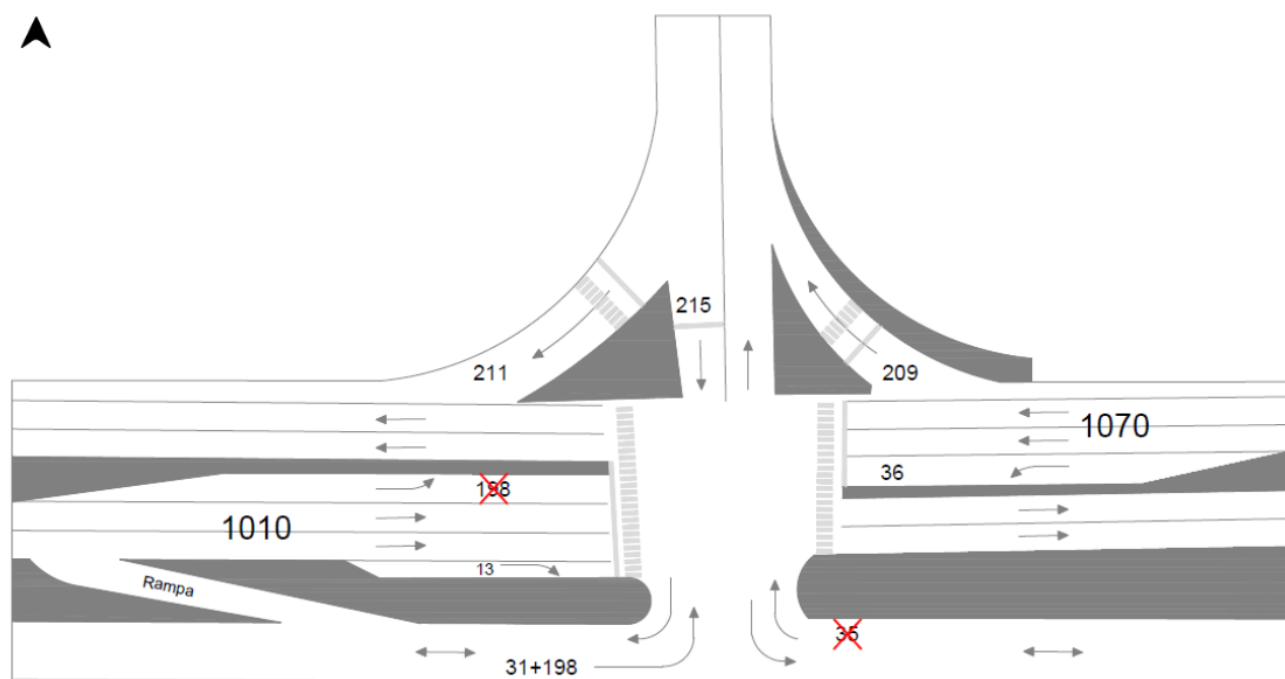


Figura 5.1 – Modificación N°1 -INTERSECCIÓN 1 [veh/hora].

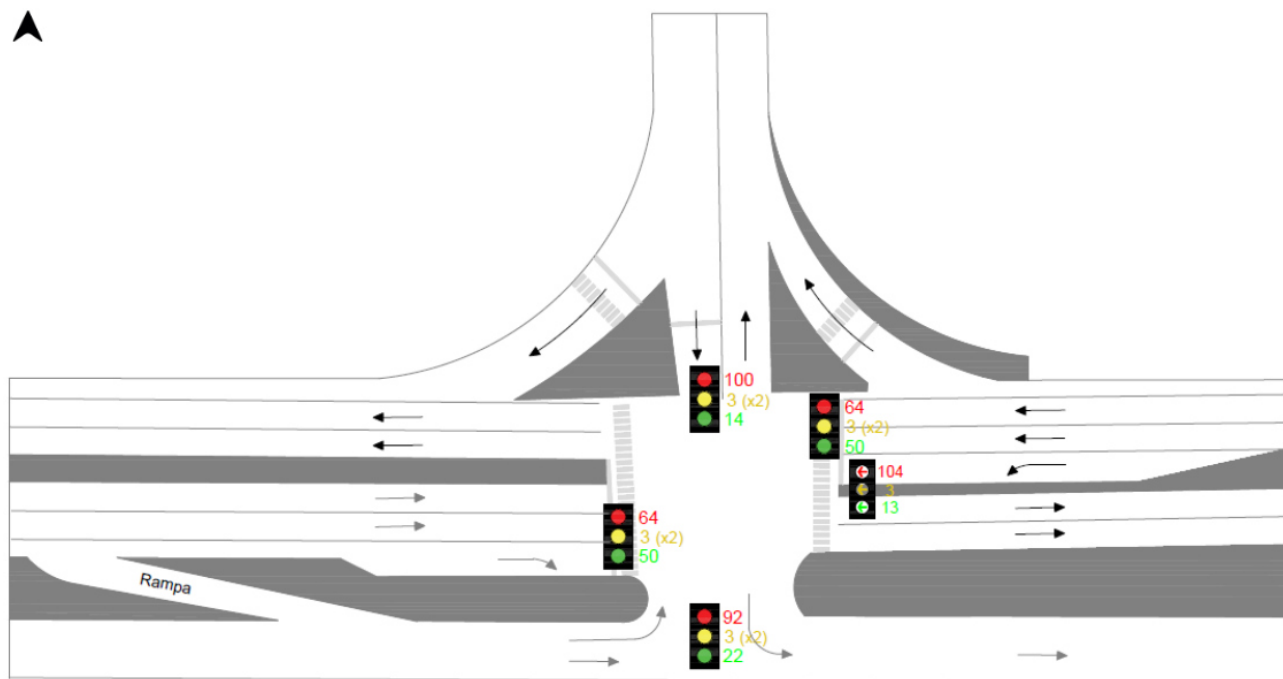


Figura 5.2 – Distribución de los tiempos de semáforos - Modificación N°1 [seg].

Haciendo el correspondiente análisis, se obtienen las siguientes demoras y niveles de servicio (ver Figura 5.3 y Figura 5.4, respectivamente).

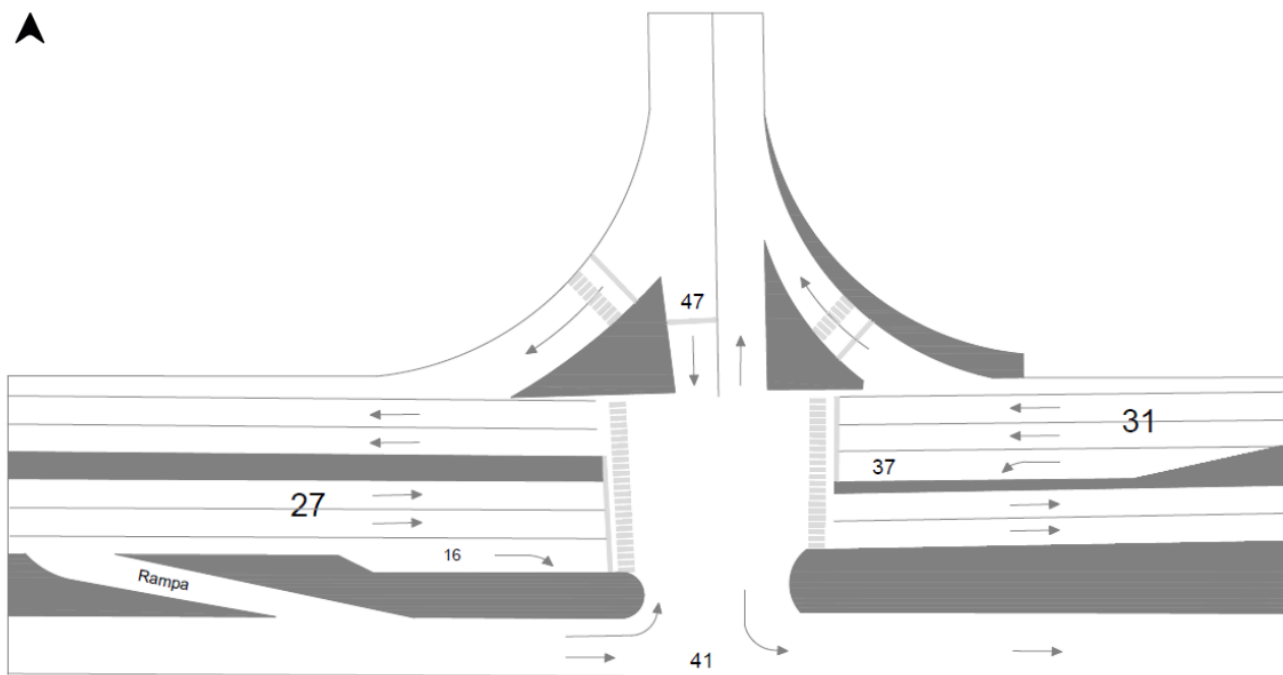


Figura 5.3 – Demora por grupo de carriles - Modificación N°1 [s/veh].

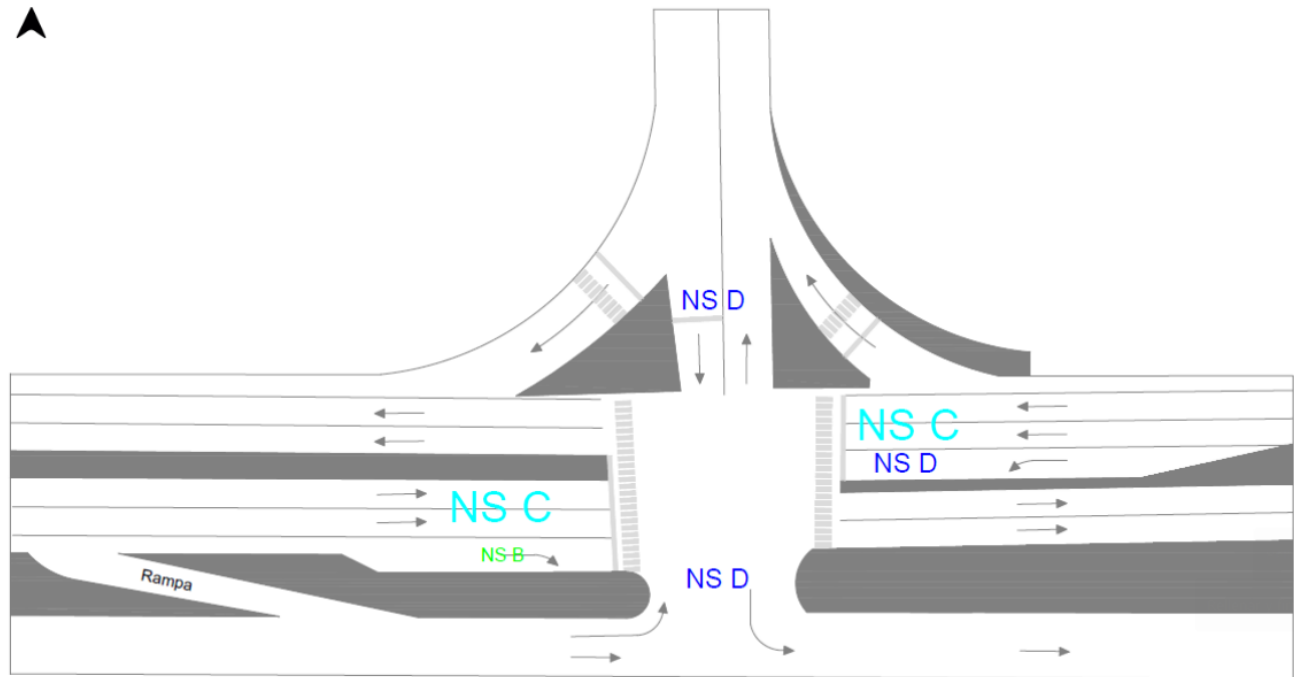


Figura 5.4 – Niveles de servicio - Modificación N°1

Haciendo los cálculos correspondientes, se obtiene una demora de la intersección de:

$$d_I = 31.81 \text{ s/veh}$$

En este caso, el nivel de servicio de la intersección mejora a C, con una demora de 31.81 s/veh.

5.2.2 Modificación N° 2

Partiendo de la modificación anterior, se plantea la eliminación del tiempo de semáforo de las dársenas, impidiendo el giro a la izquierda por la Dársena 1 (ver Figura 5.5). Este flujo debe ser derivado por la rama directa, tomando luego la rotonda que se encuentra frente al aeropuerto y accediendo por el norte. Análogamente, se propone una redistribución de los tiempos de semáforo, adoptando la mejor alternativa (ver Figura 5.6).

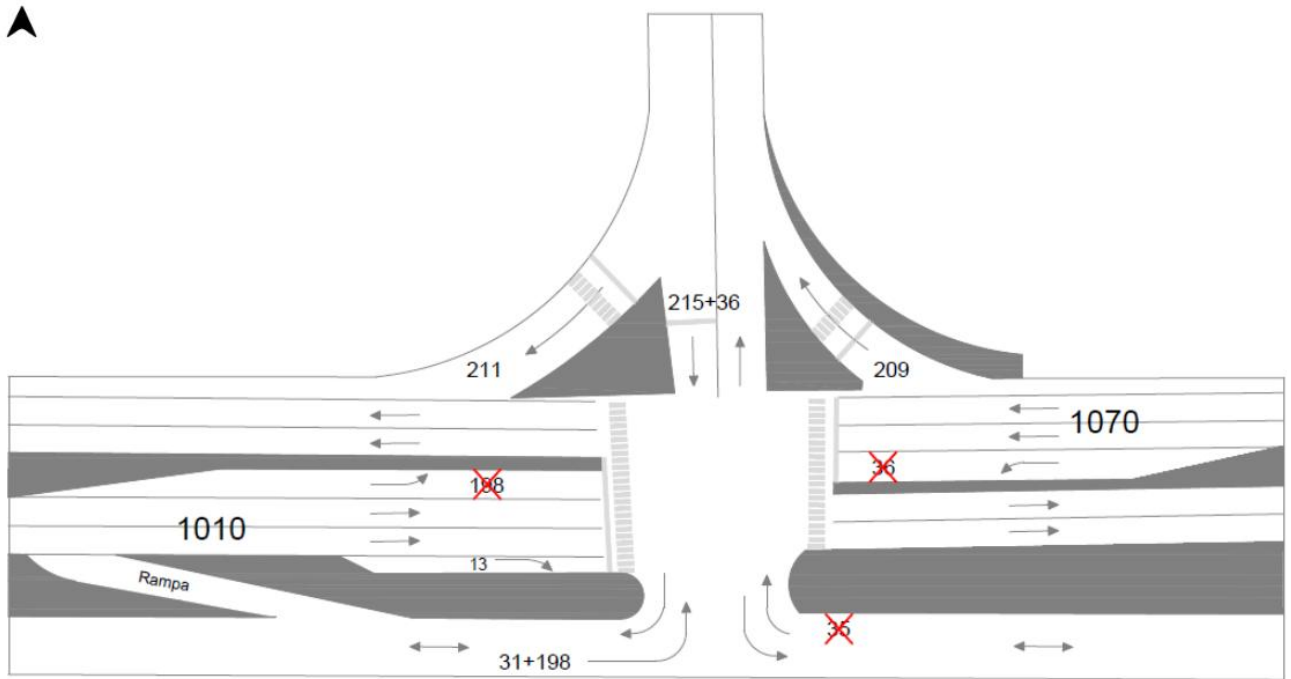


Figura 5.5 – Modificación N°2 -INTERSECCIÓN 1 [veh/hora].

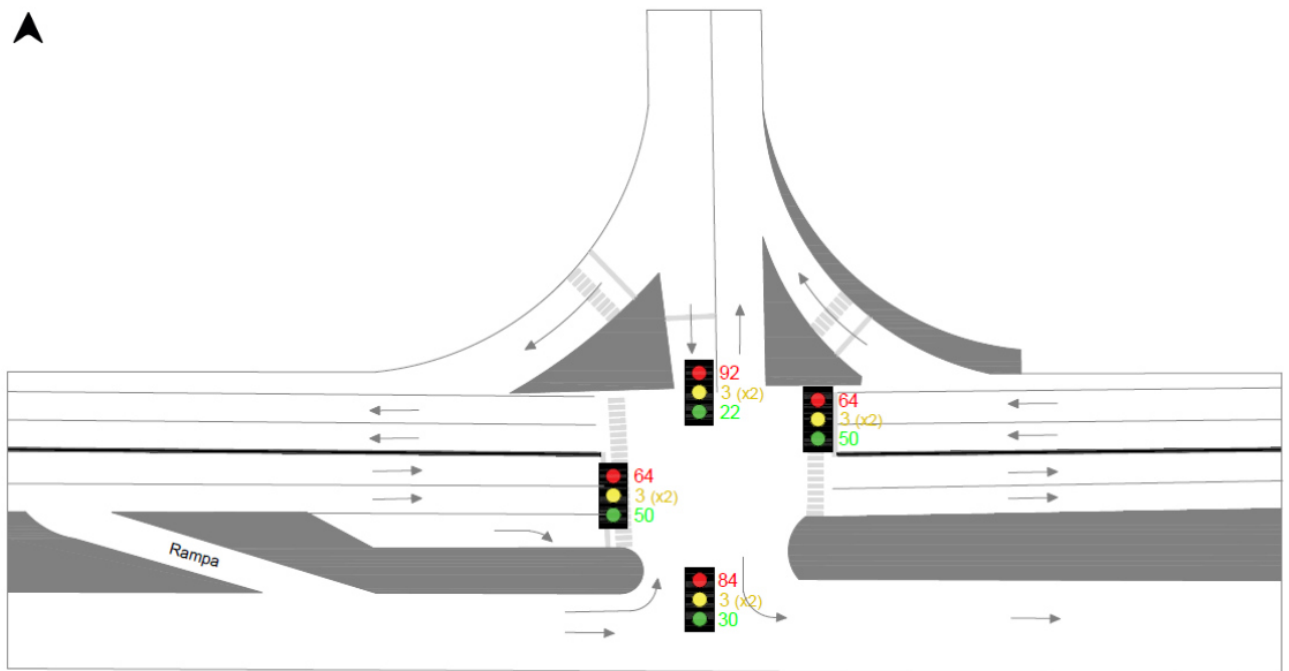


Figura 5.6 – Distribución de los tiempos de semáforos - Modificación N°2 [seg].

Haciendo el correspondiente análisis, se obtienen las siguientes demoras y niveles de servicio (ver Figura 5.7 y Figura 5.8, respectivamente).

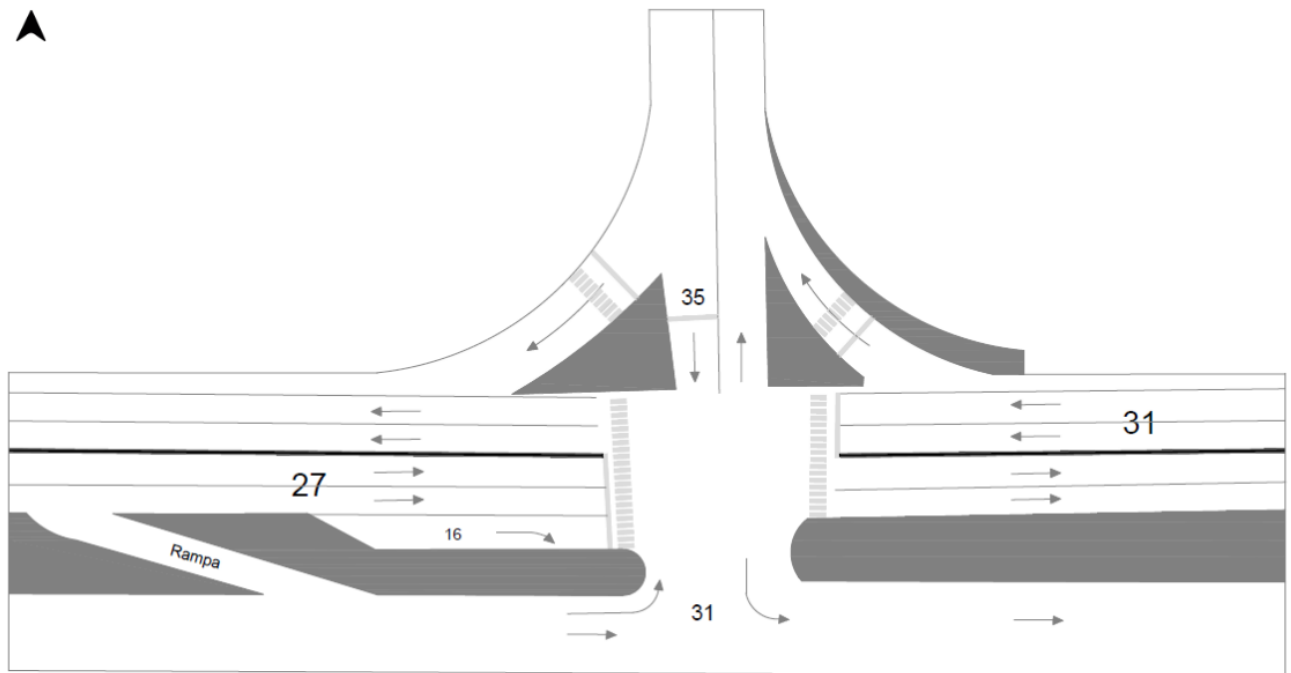


Figura 5.7 – Demora por grupo de carriles - Modificación N°2 [s/veh].

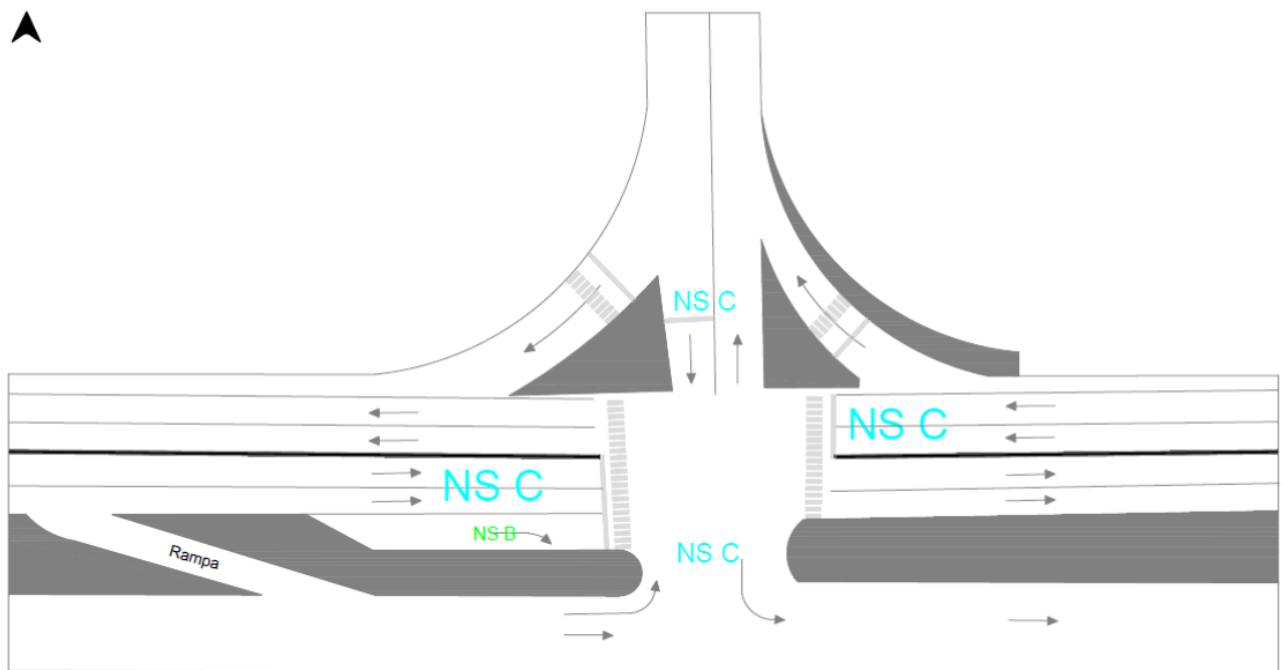


Figura 5.8 – Niveles de servicio - Modificación N°2.

Ahora bien, la demora de la intersección es:

$$d_I = 29.89 \text{ s/veh}$$

Si bien, la demora por vehículo disminuye en el acceso Norte y Sur, en los restantes se mantuvo constante, pero la intersección de forma integral, tuvo una leve disminución.

El nivel de servicio de la intersección sigue siendo C con una demora de 29.89 s/veh.

5.2.3 Modificación N° 3

En este caso, se incorpora el flujo de vehículos generado por la “Ciudad Sanitaria Neuquén” (ver Sección 3.3), a la modificación anterior (valores entre paréntesis en la Figura 5.9).

Análogamente, se propone una redistribución de los tiempos de semáforo, adoptando la mejor alternativa (ver Figura 5.10).

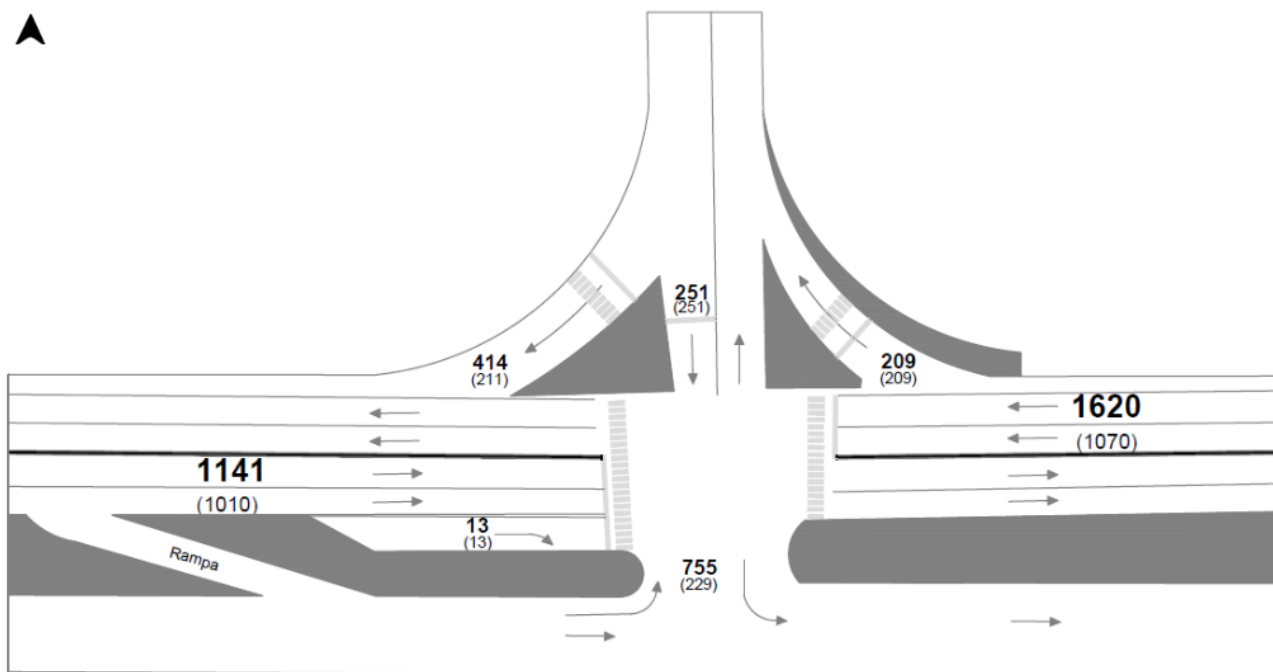


Figura 5.9 – Modificación N°3 - INTERSECCIÓN 1 [veh/hora].

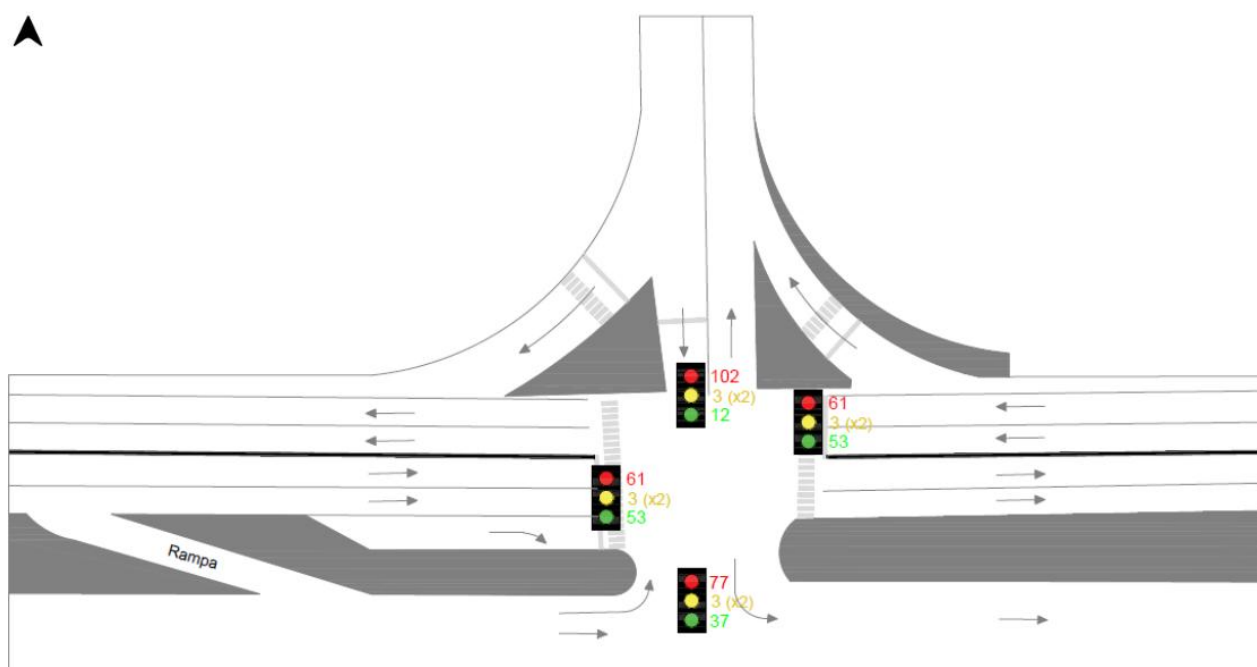


Figura 5.10 – Distribución de los tiempos de semáforos - Modificación N°3 [seg].

Haciendo el correspondiente análisis, se obtienen las siguientes demoras y niveles de servicio (ver Figura 5.11 y Figura 5.12, respectivamente).

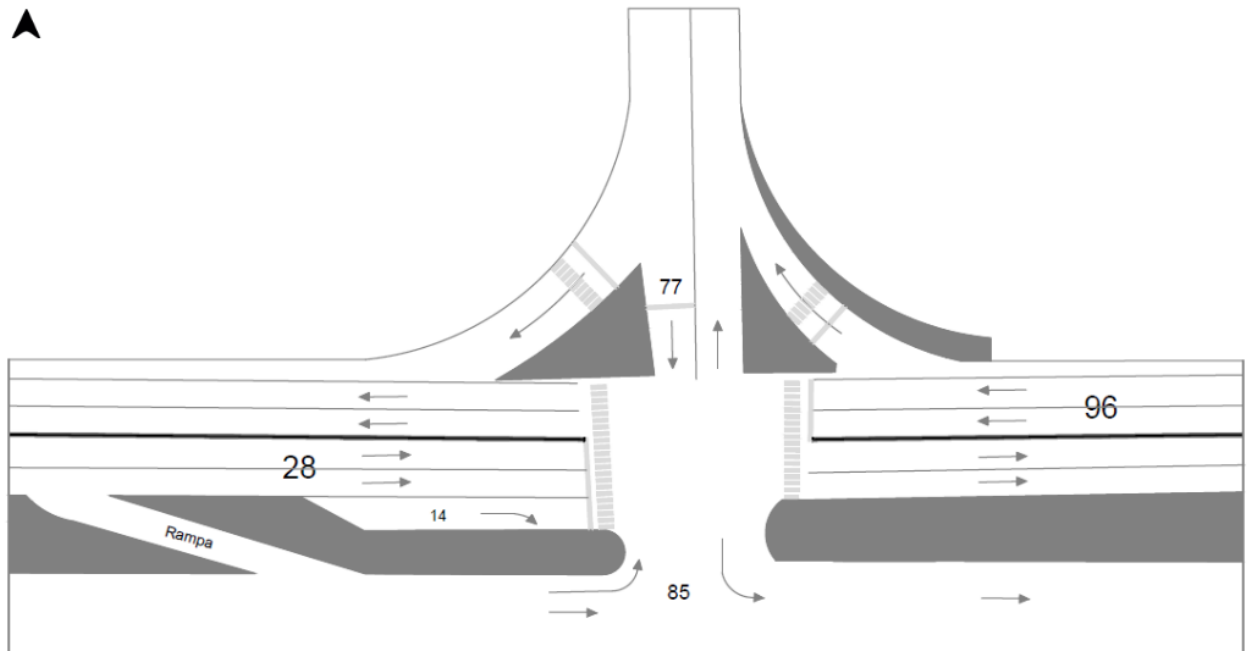


Figura 5.11 – Demora por grupo de carriles - Modificación N°3 [s/veh]

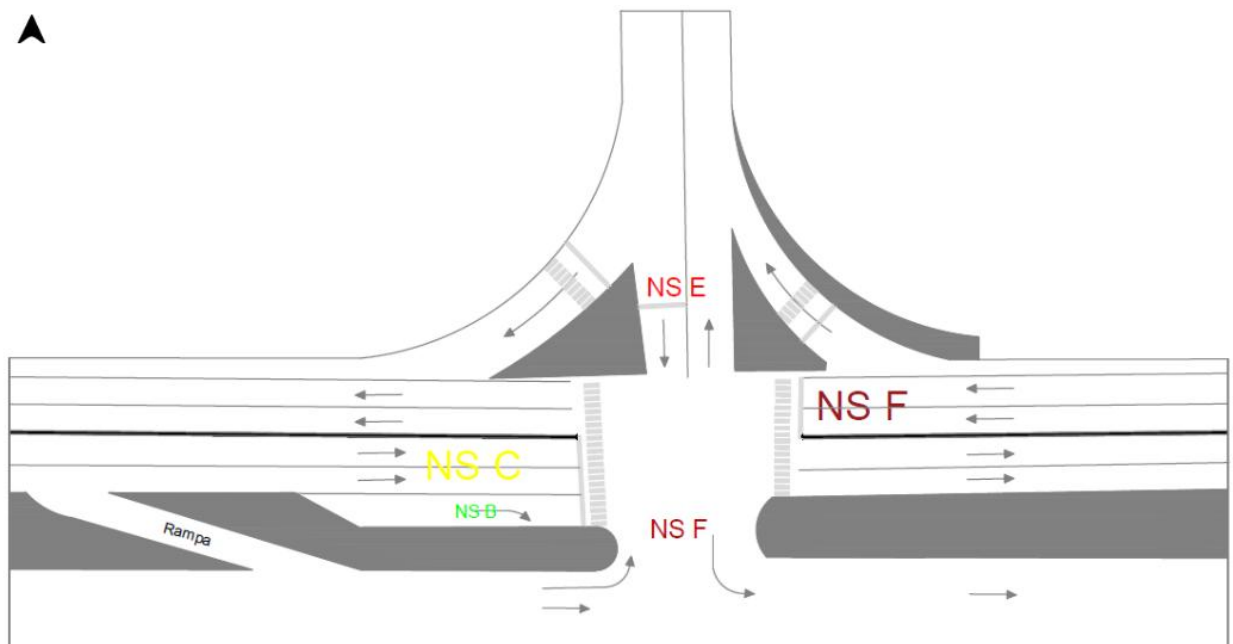


Figura 5.12 – Niveles de servicio - Modificación N°3

Ahora bien, la demora de la intersección es:

$$d_I = 70.17 \text{ s/veh}$$

En conclusión, la Modificación N°3 considera los vehículos que circulan actualmente por la INTERSECCIÓN 1 más el tránsito generado por el funcionamiento pleno de la “Ciudad Sanitaria Neuquén”, obteniendo un nivel de servicio E con una demora de 70.17 s/veh. Frente a esta situación se propone una nueva alternativa que brinde una solución con mayor vida útil.

5.2.4 Modificación N° 4 – Rotonda Moderna

5.2.4.1 Introducción

La Rotonda Moderna (RM) es una forma altamente refinada de intersección circular con características específicas de control de tránsito. Se diseñan para facilitar el intercambio de los flujos de tránsito, reducir al mínimo el número y gravedad de los choques y conflictos vehículo-vehículos, controlando la velocidad de viaje mediante la deflexión de la trayectoria.¹²

5.2.4.2 Variante 1

En primer lugar, se propone una rotonda moderna para la INTERSECCIÓN 1, tal como se muestra en la Figura 5.13, con la nomenclatura correspondiente.



Figura 5.13 – Esquema de la Rotonda Moderna - Modificación N°4 - Variante 1.

En la Tabla 5.1 se detallan los parámetros claves de diseño de la RM (ver Figura 5.14). Estos surgen de numerosas iteraciones partiendo de las especificaciones presentadas en el Capítulo 5 de la DNV “Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial” (2010).

¹² Para más información ver en ANEXO V: Sección 5.1 con sus subsecciones y Sección 5.2.

Tesis: “SOLUCIÓN INTEGRAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO EN RUTA NACIONAL N°22 POR EL EMPLAZAMIENTO DE LA CIUDAD SANITARIA”

GEOMETRÍA DE LOS ACCESOS	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
ϕ [grados]	29.00	31.00	29.00	32.00
r [m]	90.00	90.00	10000.00 ¹³	90.00
v [m]	7.30	7.30	7.30	7.30
l' [m]	30.00	30.00	30.00	30.00
e [m]	9.00	9.00	9.00	9.00
D [m]	60.00	60.00	60.00	60.00

Tabla 5.1 – Dimensiones que determinan la capacidad de cada una de las entradas de la RM.

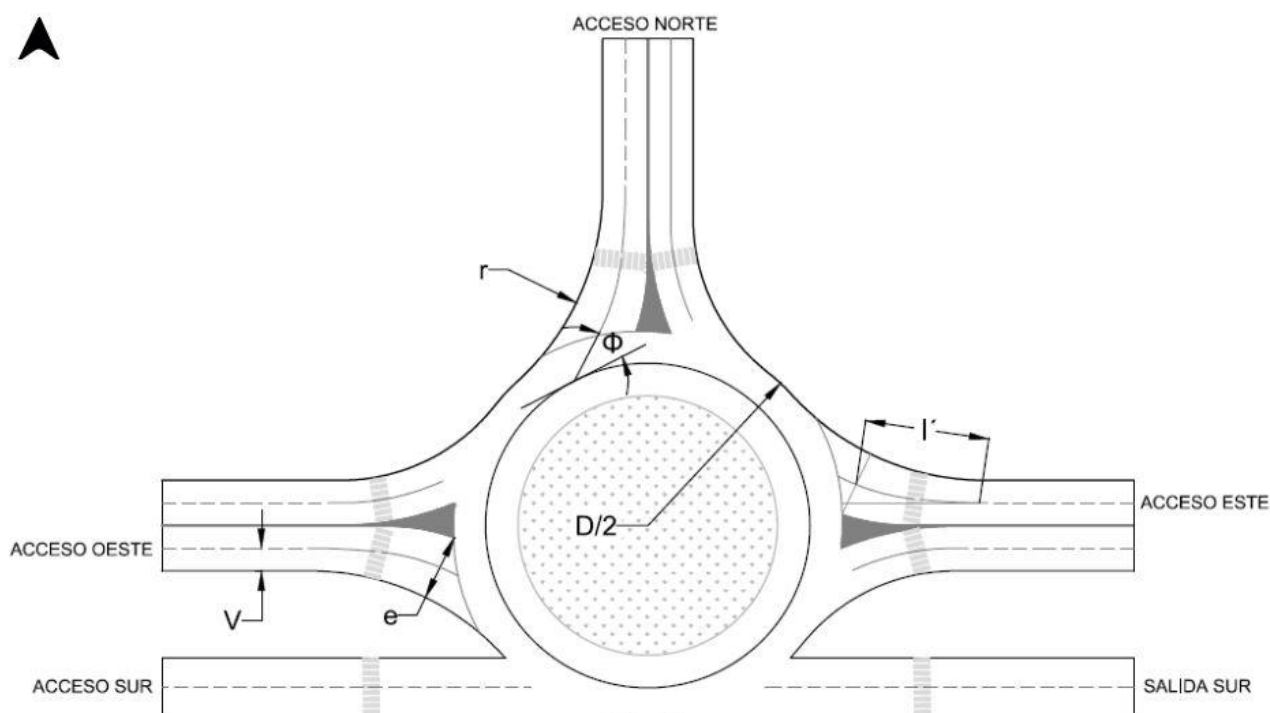


Figura 5.14 – Dimensiones de la rotonda [metros].

Se realiza un análisis del comportamiento de cada una de las entradas de la RM¹⁴ para obtener su capacidad a partir del método TRRL (Transport Road and Research Laboratory)¹⁵ cuyas recomendaciones se pueden encontrar en el ANEXO V- Sección 5.4.

A partir de la Tabla 5.1, se calculan los parámetros del método TRRL (específicamente según ANEXO V- Sección 5.3.1.1), obteniendo para cada acceso los resultados que se muestran en la Tabla 5.2.

¹³ Se utiliza un radio lo suficientemente grande para representar un acceso a la rotonda sin deflexión.

¹⁴ Para más información sobre el procedimiento utilizado ver en ANEXO V: Sección 5.6.

¹⁵ Para más información ver en ANEXO V: Sección 5.3.

Tesis: “SOLUCIÓN INTEGRAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO EN RUTA NACIONAL N°22 POR EL EMPLAZAMIENTO DE LA CIUDAD SANITARIA”

PARÁMETROS PARA APLICAR ECUACIÓN DEL MÉTODO	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
S [Adim.]	0.09	0.09	0.09	0.09
X ₂ [Adim.]	8.74	8.74	8.74	8.74
M [Adim.]	1.00	1.00	1.00	1.00
T [Adim.]	1.25	1.25	1.25	1.25
f _c [Adim.]	0.72	0.72	0.72	0.72
K [Adim.]	1.04	1.03	1.05	1.03
F [vph]	2648	2648	2648	2648

Tabla 5.2 – Parámetros necesarios para aplicar ecuación del método.

Primero se analiza el comportamiento de la RM con los volúmenes de vehículos considerados en la Modificación N°3. Para ello, se determina la dirección de los vehículos en cada uno de los accesos de la intersección (para calcular Q_c)¹⁶. Esta información se presenta en la Tabla 5.3. y en la Figura 5.15.

SITUACIÓN "ACTUAL"	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
MOVIMIENTOS				
VD [vph]	414	209	355	13
F [vph]	43	1411	214	1010
VI [vph]	172	36	142	198

Tabla 5.3 – Volúmenes direccionales para cada uno de los accesos [vph].

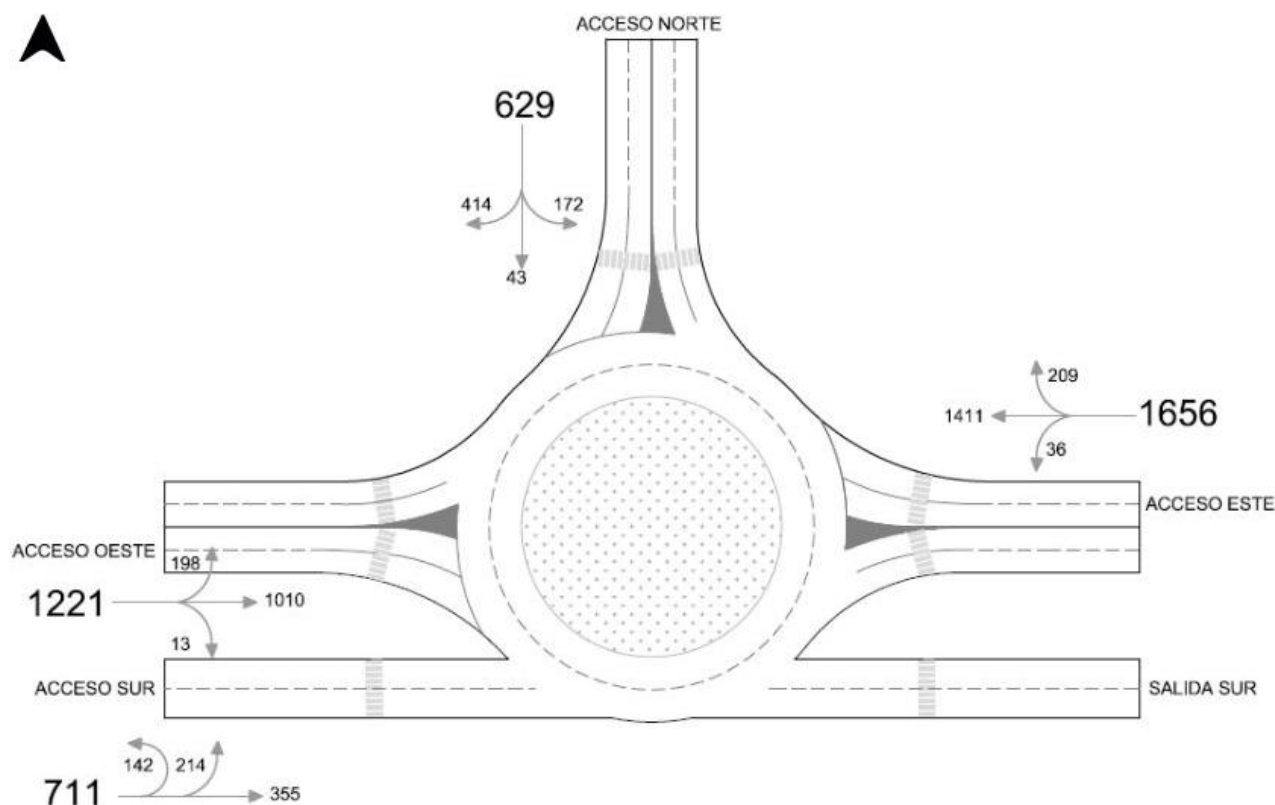


Figura 5.15 – Volúmenes direccionales para cada uno de los accesos [vph].

¹⁶ Para más información ver ANEXO V: Sección 5.5.

Tesis: "SOLUCIÓN INTEGRAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO EN RUTA NACIONAL N°22 POR EL EMPLAZAMIENTO DE LA CIUDAD SANITARIA"

Con lo mostrado, se determinan los volúmenes de entrada (Q_e) y los circulantes (Q_c), mostrados en la Tabla 5.4 y en la Figura 5.16.

SITUACIÓN "ACTUAL"	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Q_c [vph]	1589	554	1472	251
Q_e (previsto) [vph]	629	1656	711	1221

Tabla 5.4 – Volúmenes de entrada (Q_e) y circulantes(Q_c).

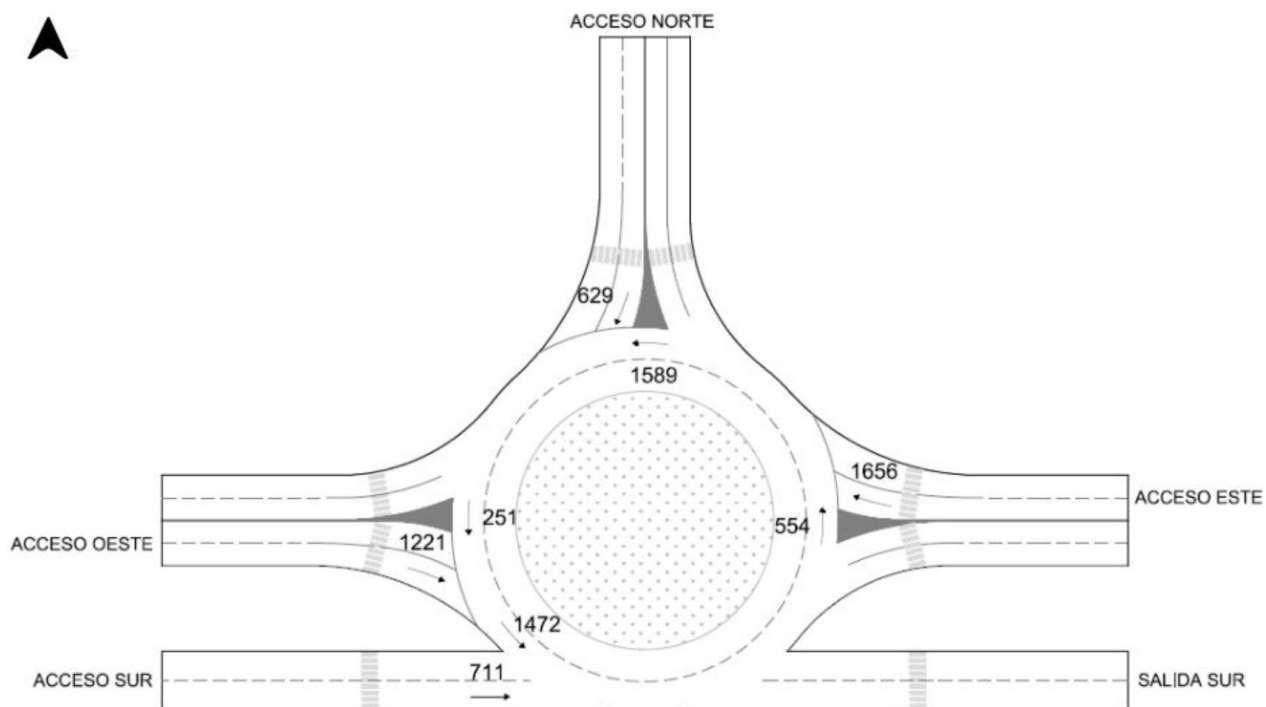


Figura 5.16 – Volúmenes que ingresa y circula por la RM, para cada acceso [vph].

En la Tabla 5.5 y en la Figura 5.17 se presentan los resultados obtenidos mediante el procedimiento seguido para el análisis del comportamiento de la RM (ANEXO V- Sección 5.7).

SITUACIÓN "ACTUAL"	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Q_e (previsto) [vph]	629	1656	711	1221
Q_e (capacidad) [vph]= C	1564	2326	1669	2544
Q_e (previsto)/ Q_e (capacidad) [vph]= x	0.40	0.71	0.43	0.48
T (periodo de tiempo)	1	1	1	1
Demora [seg/veh]	5.86	8.90	5.88	5.12
Nivel de servicio	A	A	A	A
Longitud de fila de 95 percentil [veh]	2	7	2	3

Tabla 5.5 – Resultados del análisis del comportamiento de cada una de las entradas.

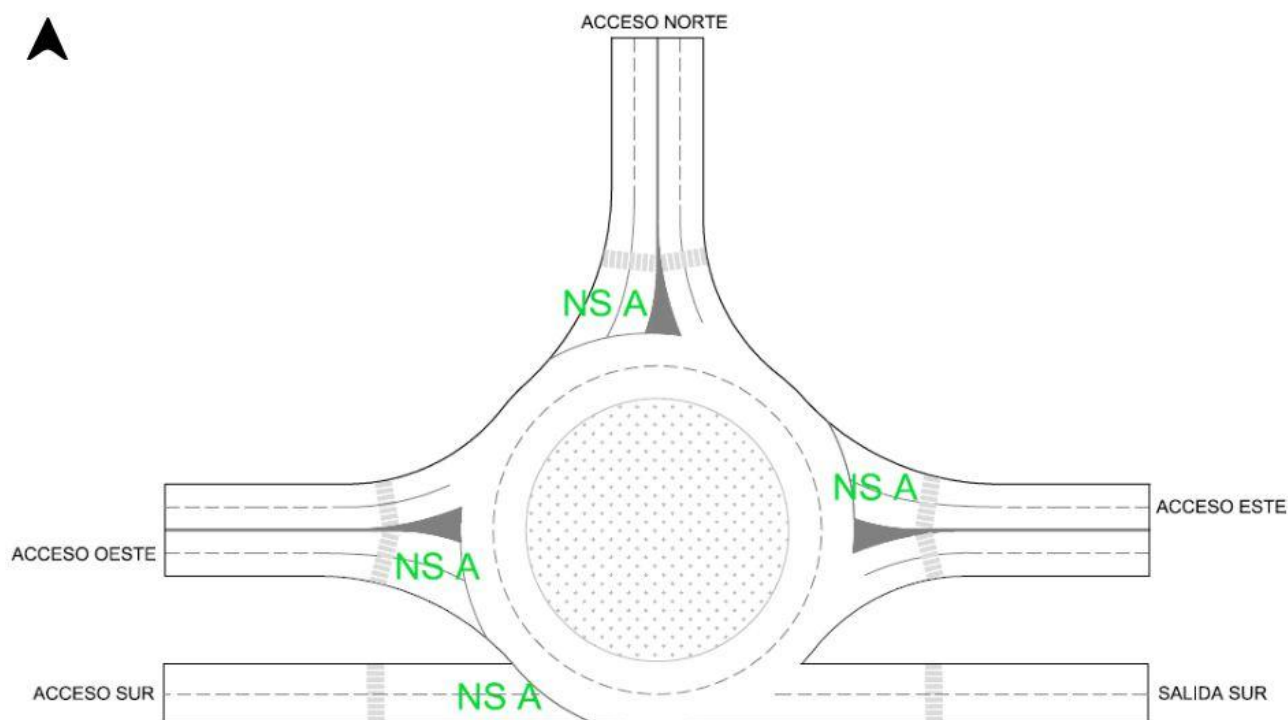


Figura 5.17 – Niveles de servicio estimados para cada acceso a la RM.

Como se puede observar en la Tabla 5.5, para la situación actual en los accesos, la relación entre el tránsito entrante previsto y su capacidad es menor a 0.85, con un nivel de servicio aceptable.

Por lo tanto, manteniendo la geometría de la rotonda, se proyecta el tránsito que circula por la INTERSECCIÓN 1 y que no pertenece al tránsito generado por el funcionamiento de la “Ciudad Sanitaria Neuquén” para analizar el comportamiento de la Modificación N°4 en el futuro. Se considera una tasa de crecimiento del 2.5% y un horizonte de proyecto de 20 años.¹⁷

Se determina la dirección vehicular utilizada en la INTERSECCIÓN 1 (para calcular Q_c), tal como se presenta en la Tabla 5.6 y en la Figura 5.18.

SITUACIÓN "PROYECTADA"	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Tasa: 2.5%				
Horizonte de proyecto: 20 años				
MOVIMIENTOS				
VD [vph]	540	334	363	21
F [vph]	69	2052	221	1615
VI [vph]	275	58	146	316

Tabla 5.6 – Volúmenes direccionales para cada uno de los accesos.

¹⁷ La tasa de crecimiento de 2.5% y el periodo de diseño de 20 años, son tomados a partir de una recomendación realizada por Vialidad Nacional (valores más utilizados para los cálculos a futuro).

Cabe aclarar que, para el caso de la tasa de crecimiento, se realiza un análisis de sensibilidad presentado en el Anexo VII.

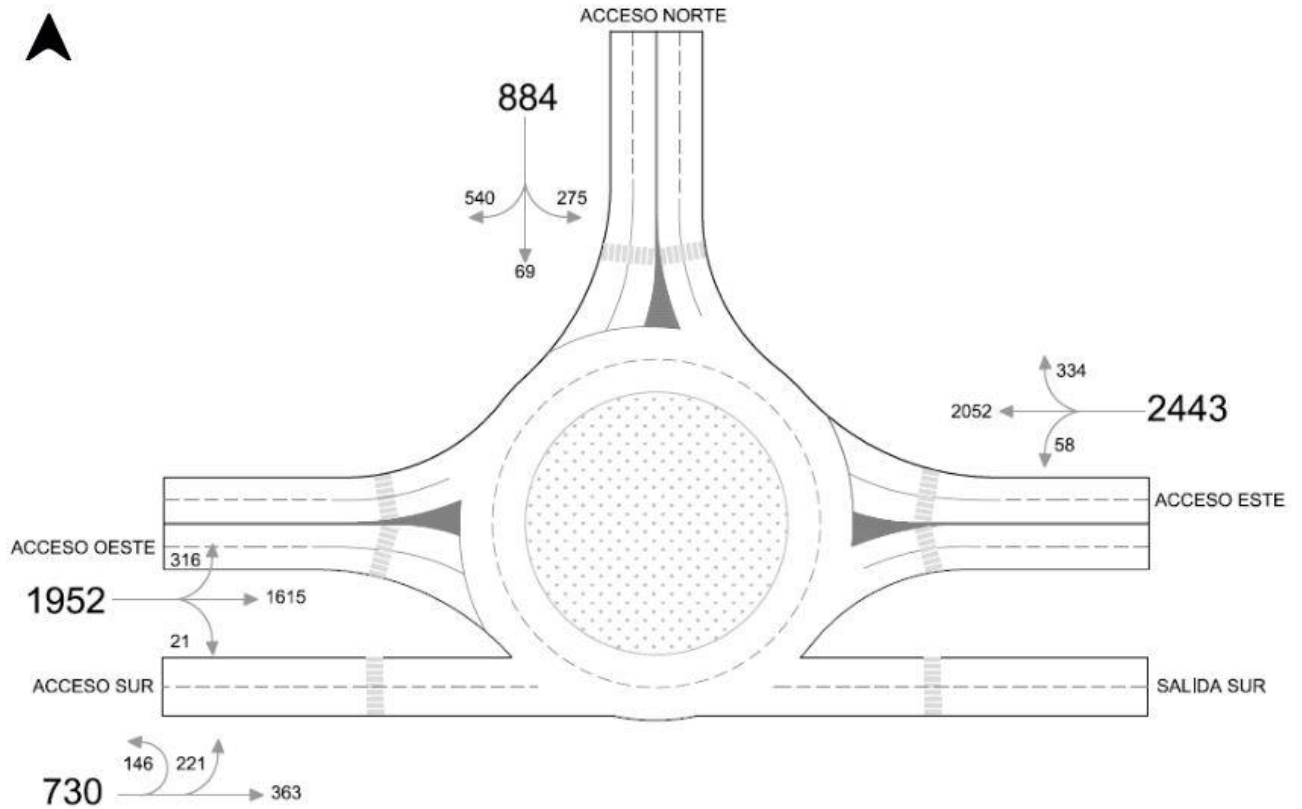


Figura 5.18 – Volúmenes direccionales para cada uno de los accesos [vph].

A partir de la Tabla 5.6 y en función de las direcciones que toman los volúmenes en cada acceso, se determinan los volúmenes de entrada (Q_e) y los volúmenes circulantes (Q_c), como se muestra en la Tabla 5.7 y en la Figura 5.19.

SITUACIÓN "PROYECTADA" Tasa: 2.5% Horizonte de proyecto: 20 años	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Q_c [vph]	2255	683	2353	401
Q_e (previsto) [vph]	884	2443	730	1952

Tabla 5.7 – Volúmenes de entrada (Q_e) y circulantes(Q_c).

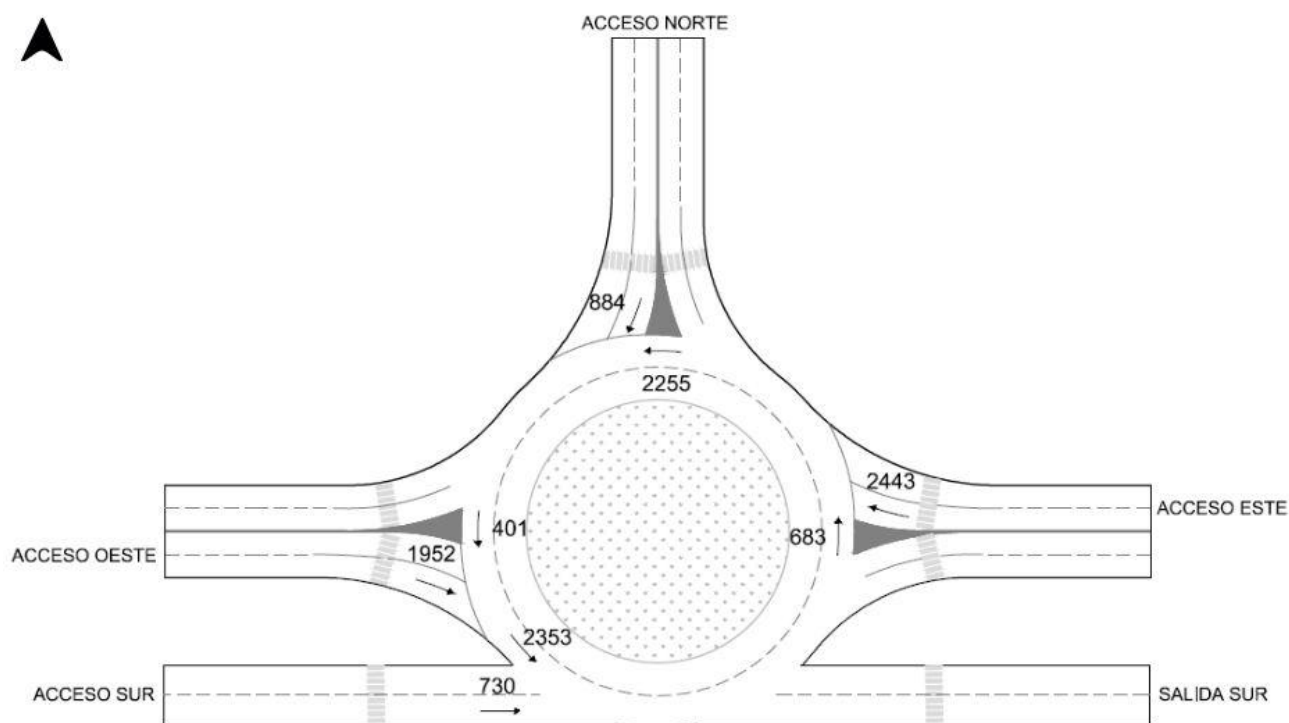


Figura 5.19 – Volúmenes que ingresan a la RM y que circulan por el anillo, para cada uno de los accesos [vph].

En la Tabla 5.8 y en la Figura 5.20, se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación del procedimiento seguido para el análisis del comportamiento de la RM.

SITUACIÓN "PROYECTADA"	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Tasa: 2.5% Horizonte de proyecto: 20 años				
Q_e (previsto) [vph]	884	2443	730	1952
Q_e (capacidad) [vph]= C	1064	2230	1000	2432
Q_e (previsto)/ Q_e (capacidad) [vph]=x	0.83	1.10	0.73	0.80
T (período de tiempo)	1	1	1	1
Demora [seg/veh]	23.34	195.58	16.76	11.42
Nivel de servicio	C	F	B	B
Longitud de fila de 95 percentil [veh]	13	134	8	12

Tabla 5.8 – Resultados del análisis del comportamiento de cada una de las entradas.

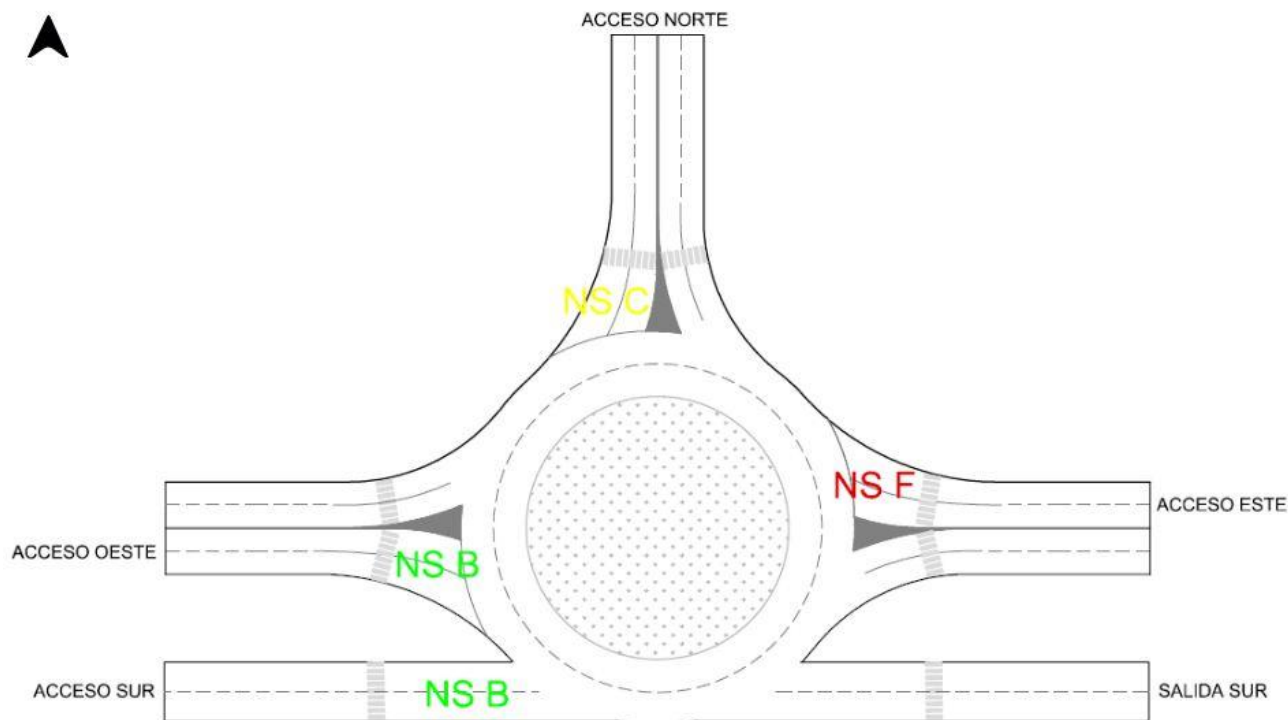


Figura 5.20 –Niveles de servicio estimados para cada acceso a la R.M.

De la Tabla 5.8 se observa que la relación entre los volúmenes de tránsito que desean ingresar a un acceso y su capacidad, aumentaron considerablemente. El funcionamiento ya no es satisfactorio para todos los accesos analizados, ya que la relación volumen/capacidad (“x”) supera el 0.85 en un caso. Por lo tanto, se puede concluir que:

- Para acceso Este, la relación “x” se encuentra por debajo del límite óptimo (superando la unidad).
- Para el caso de los accesos Norte, Sur y Oeste, la relación “x” se encuentra por debajo del límite de aceptabilidad.

Para la situación planteada, en la Figura 5.21 se presenta el seguimiento de la evolución de la demora (nivel de servicio) para cada acceso año tras año.¹⁸

¹⁸ Ver tabla de datos en ANEXO VI. Sección 6.1- Tabla 6.1.

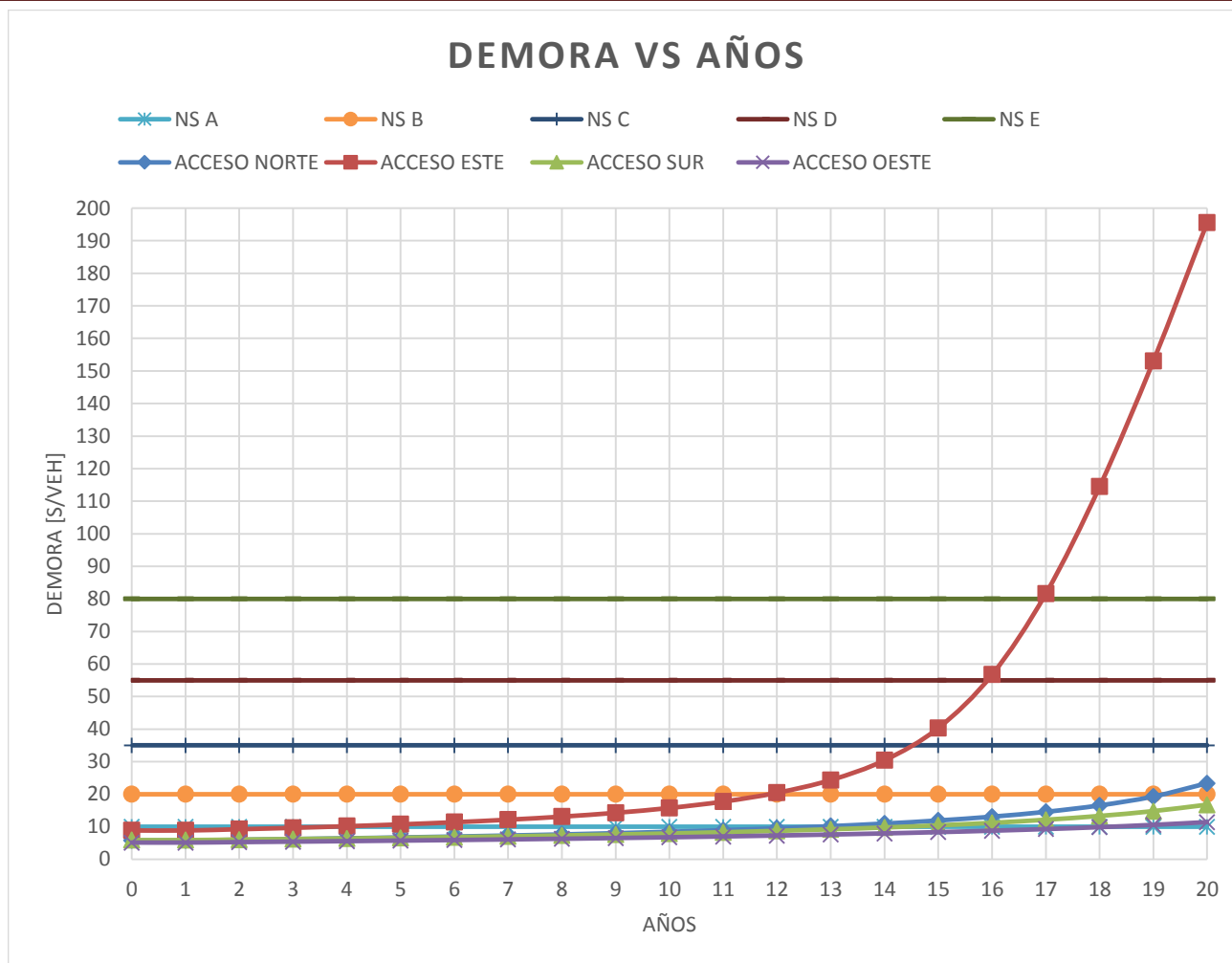


Figura 5.21 –Evolución de la Demora con el transcurrir de los años para cada uno de los accesos de la RM.

En correspondencia con lo anterior y analizando la Figura 5.21, se puede concluir que el acceso **Este** tiene un nivel de servicio F a partir del *año 17* (demora mayor a 80 s/veh), y que para mejorar ese acceso se realizan algunos cambios en el diseño.

5.2.4.3 Variante 2: Mejora de la variante 1.

Se plantea una solución en el acceso Este que consiste en colocar un carril auxiliar de giro a la derecha¹⁹ (rama directa), de manera, los vehículos que desean girar a la derecha, no interfieren en la intersección. tal como se presenta en la Figura 5.22.



Figura 5.22 – Esquema de la Rotonda Moderna - Modificación 4- Variante 2.

Para este caso, se adoptan los mismos parámetros clave presentados en la Tablas 5.1 y Tabla 5.2. Se realiza un análisis del comportamiento de cada una de las entradas de la RM, siguiendo el procedimiento detallado en el ANEXO V- Sección 5.6.

Primero se analiza el comportamiento de la Modificación N°4 con los volúmenes de vehículos considerados en la Modificación N°3, determinando previamente la dirección vehicular en cada acceso en la intersección (para calcular Q_c). Esta información se presenta en la Tabla 5.9 y en la Figura 5.23.

SITUACIÓN "ACTUAL"	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
MOVIMIENTOS				
VD [vph]	414	0	355	13
F [vph]	43	1411	214	1010
VI [vph]	172	36	142	198

Tabla 5.9 – Volúmenes direccionales para cada uno de los accesos.

¹⁹ Para más información ver en ANEXO V- Sección 5.8.

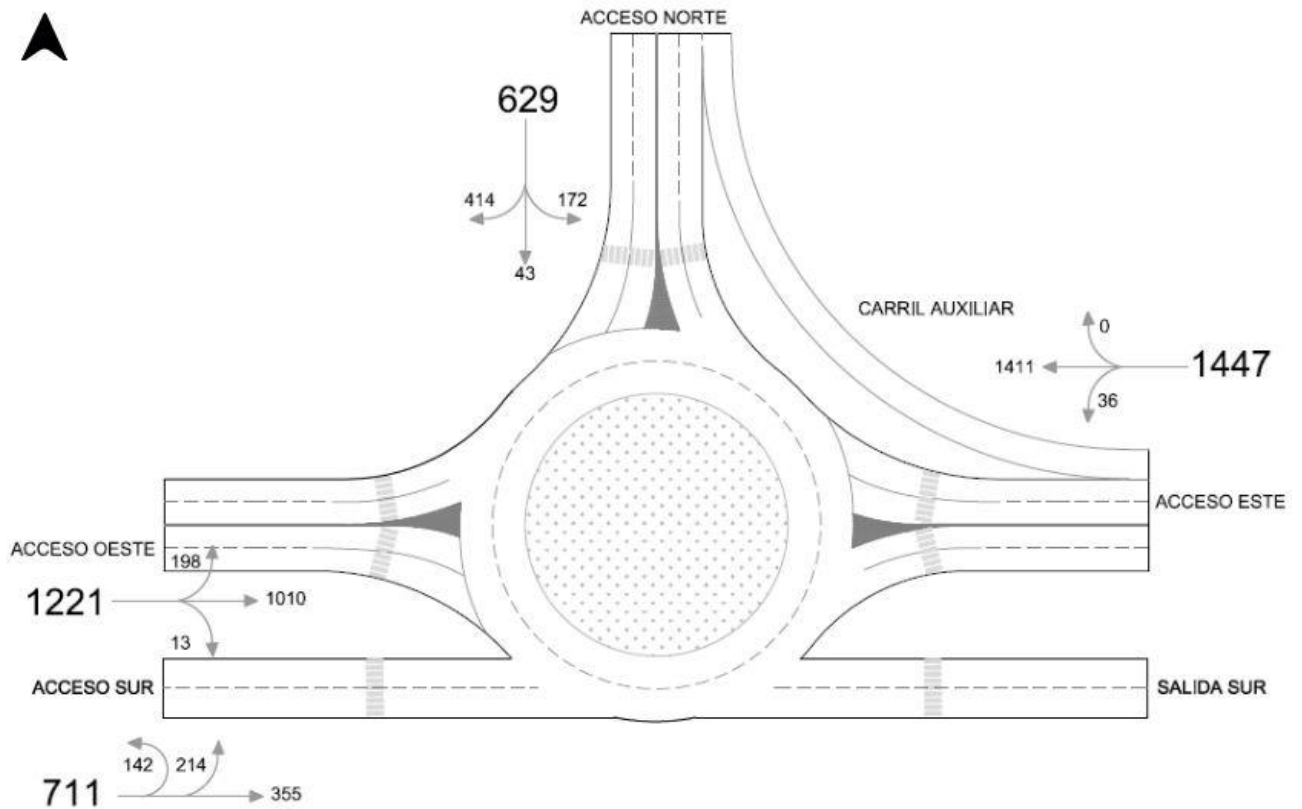


Figura 5.23 – Volúmenes direccionales para cada uno de los accesos [vph].

A partir de la Tabla 5.9 y en función de las direcciones que toman los volúmenes en cada acceso, se determinan los volúmenes de entrada (Q_e) y los circulantes (Q_c), tal como se muestra en la Tabla 5.10 y Figura 5.24.

SITUACIÓN "ACTUAL"	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Q_c [vph]	1589	554	1472	251
Q_e (previsto) [vph]	629	1447	711	1221

Tabla 5.10 – Volúmenes de entrada (Q_e) y circulantes(Q_c).

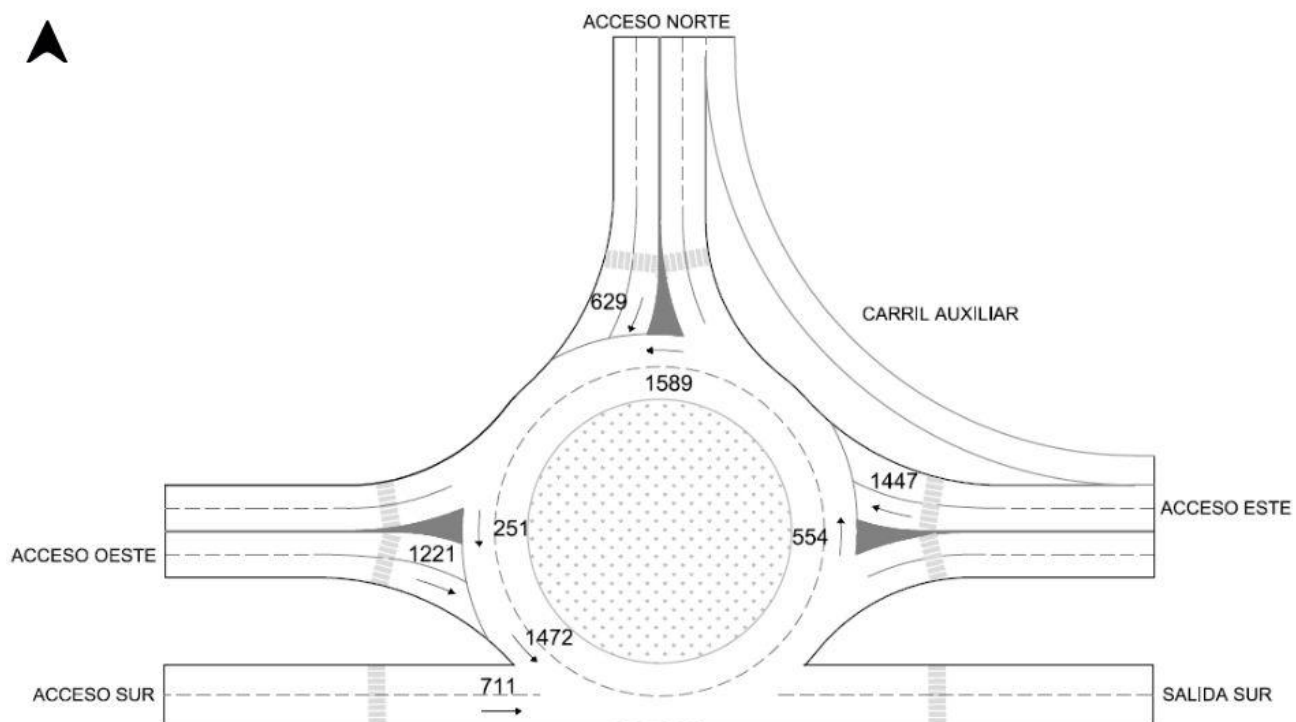


Figura 5.24 – Volúmenes que ingresan a la RM y que circulan por el anillo, para cada uno de los accesos [vph].

En la Tabla 5.11 y en la Figura 5.25 se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación del procedimiento seguido para el análisis del comportamiento de la RM (ANEXO V- Sección 5.5).

SITUACIÓN "ACTUAL"	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Q_e (previsto) [vph]	629	1447	711	1221
Q_e(capacidad) [vph]= C	1564	2326	1669	2544
Q_e (previsto)/Q_e (capacidad) [vph] = x	0.40	0.62	0.43	0.48
T (período de tiempo)	1	1	1	1
Demora [seg/veh]	5.86	7.20	5.88	5.12
Nivel de servicio	A	A	A	A
Longitud de fila de 95 percentil [veh]	2	5	2	3

Tabla 5.11 – Resultados del análisis del comportamiento de cada una de las entradas.

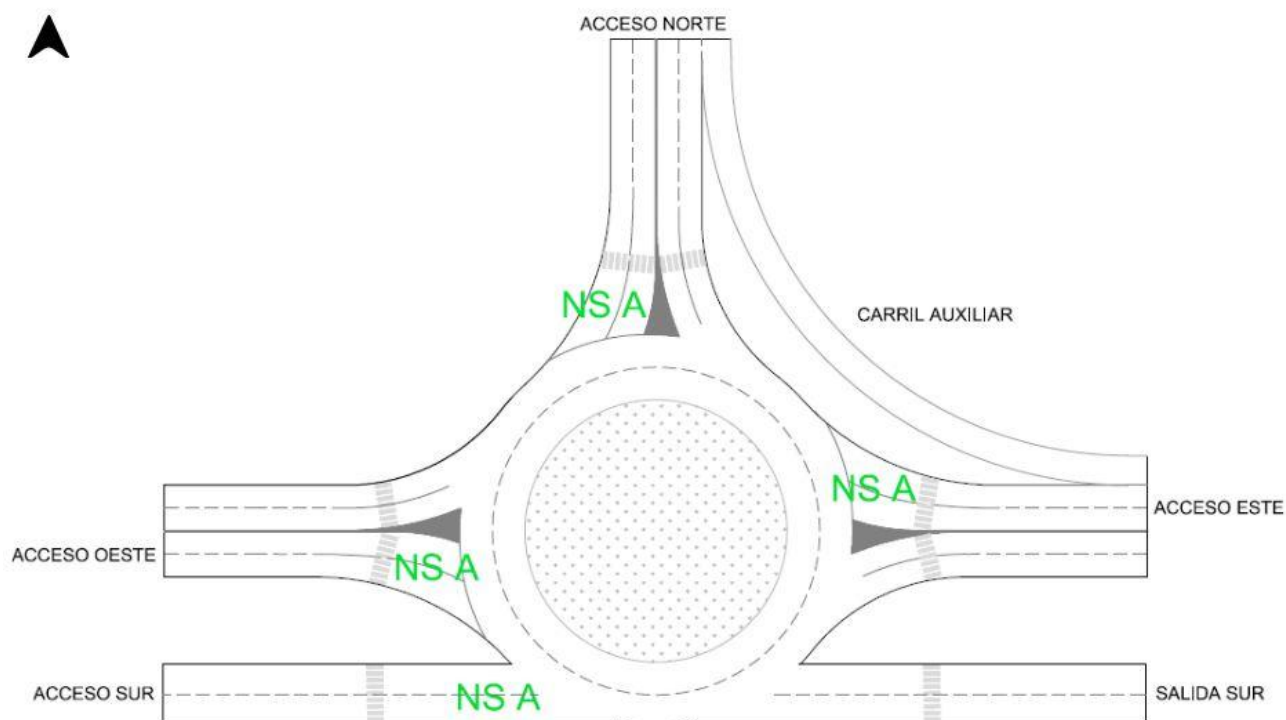


Figura 5.25 – Niveles de servicio estimados para cada acceso a la RM.

Para la situación actual y cada uno de los accesos, la relación entre el tránsito entrante previsto y su capacidad es menor a 0.85 y el nivel de servicio obtenido para la situación actual es aceptable (ver Tabla 5.11).

Por lo tanto, para analizar el comportamiento futuro de la Modificación N°4 y manteniendo la geometría de la rotonda, se proyecta el tránsito que circula por la INTERSECCIÓN 1 sin proyectar el generado por el funcionamiento de la “Ciudad Sanitaria Neuquén”. Se considera una tasa de crecimiento del 2.5% y un horizonte de proyecto de 20 años.

Se determina la dirección vehicular proyectada en la INTERSECCIÓN 1 (para calcular Q_c). Esta información se presenta en la Tabla 5.12 y en la Figura 5.26.

SITUACIÓN "PROYECTADA"	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Tasa: 2.5%				
Horizonte de proyecto: 20 años				
MOVIMIENTOS				
VD [vph]	540	0	363	21
F [vph]	69	2052	221	1615
VI [vph]	275	58	146	316

Tabla 5.12 – Volúmenes direccionales para cada uno de los accesos.

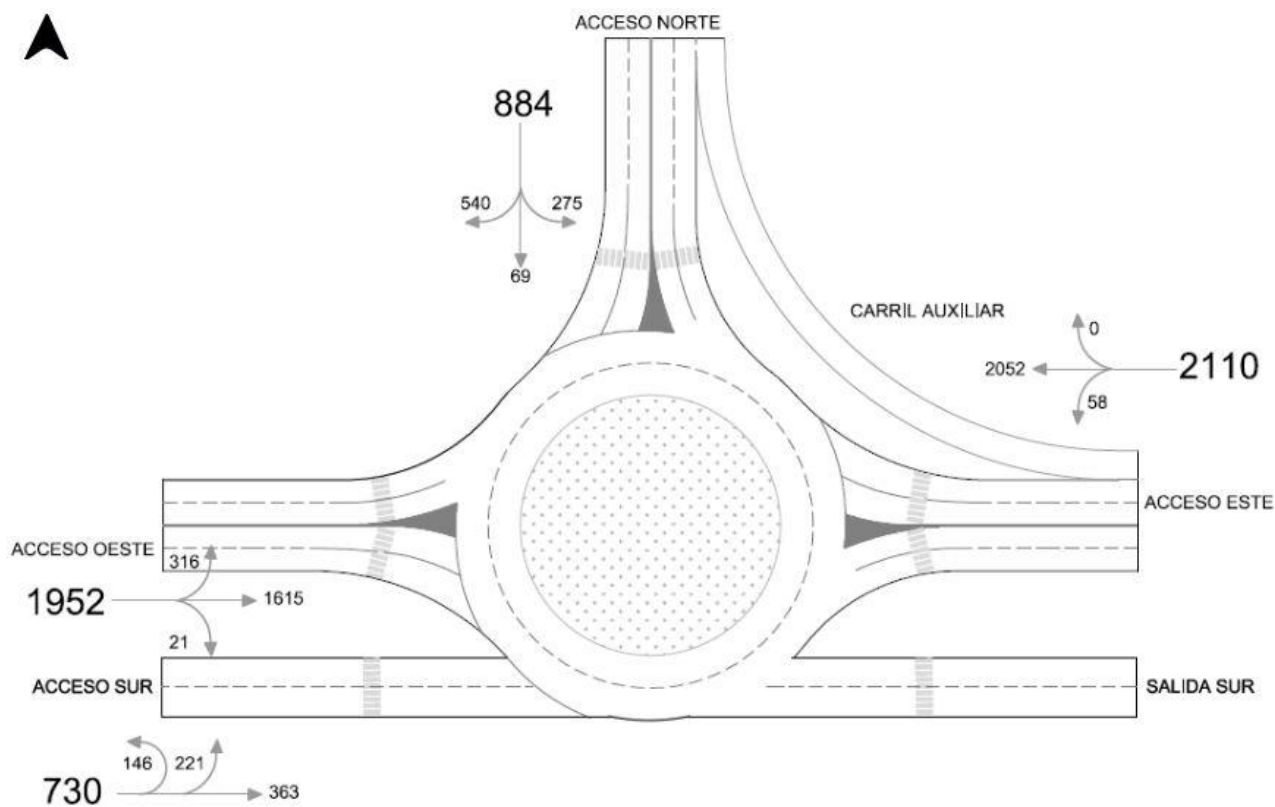


Figura 5.26 – Volúmenes direccionales para cada uno de los accesos [vph].

A partir de la Tabla 5.12 y en función de las direcciones que toman los volúmenes en cada acceso, se determinan los volúmenes de entrada (Q_e) y los volúmenes circulantes (Q_c), que presentan en la Tabla 5.13 y en la Figura 5.27.

SITUACIÓN "PROYECTADA"	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Tasa: 2.5% Horizonte de proyecto: 20 años				
Q_c [vph]	2255	683	2353	401
Q_e (previsto) [vph]	884	2110	730	1952

Tabla 5.13 – Volúmenes de entrada (Q_e) y circulantes (Q_c).

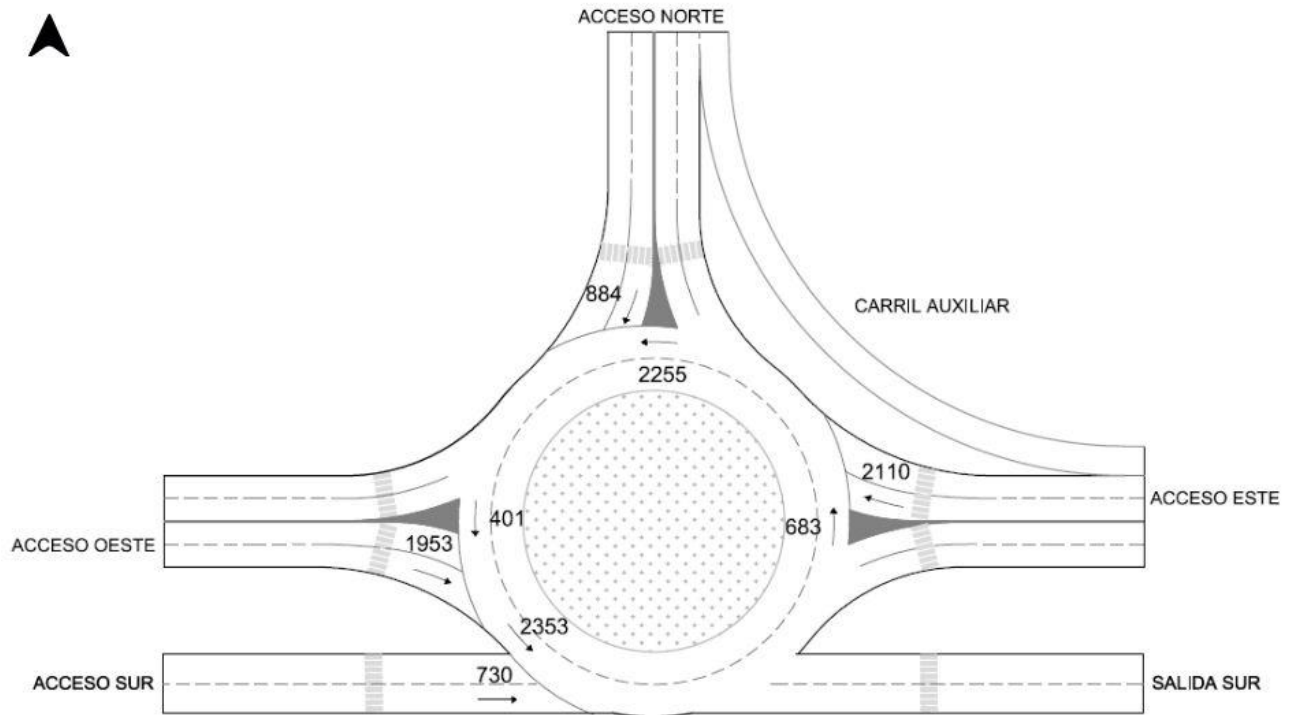


Figura 5.27 – Volúmenes que ingresan a la RM y que circulan por el anillo, para cada uno de los accesos [vph].

En la Tabla 5.14 y en la Figura 5.28 se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación del procedimiento seguido para el análisis del comportamiento de la RM (ANEXO V- Sección 5.5).

SITUACIÓN "PROYECTADA"	ACCESOS			
	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Tasa: 2.5%				
Horizonte de proyecto: 20 años				
Q_e (previsto) [vph]	884	2110	730	1952
Q_e (capacidad) [vph]=C	1064	2230	1000	2432
Q_e (previsto)/ Q_e (capacidad) [vph] = x	0.83	0.95	0.73	0.80
T (período de tiempo)	1	1	1	1
Demora [seg/veh]	23.34	29.17	16.76	11.42
Nivel de servicio	C	C	B	B
Longitud de fila de 95 percentil [veh]	13	34	8	12

Tabla 5.14 – Resultados del análisis del comportamiento de cada una de las entradas.

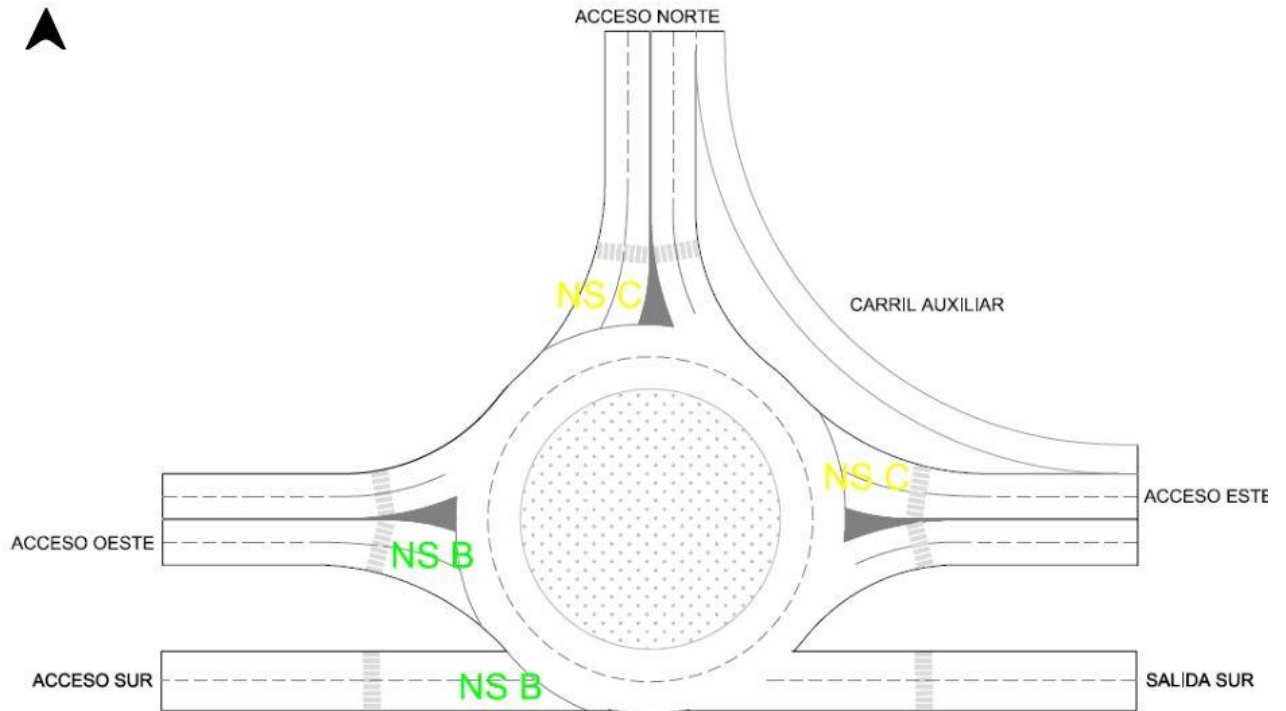


Figura 5.28 – Niveles de servicio estimados para cada acceso a la RM.

De la Tabla 5.14, se puede concluir que la Variante 2 presenta resultados aceptables en todos sus accesos. La Figura 5.29 muestra la evolución de la demora en función de los años para cada accesos.²⁰

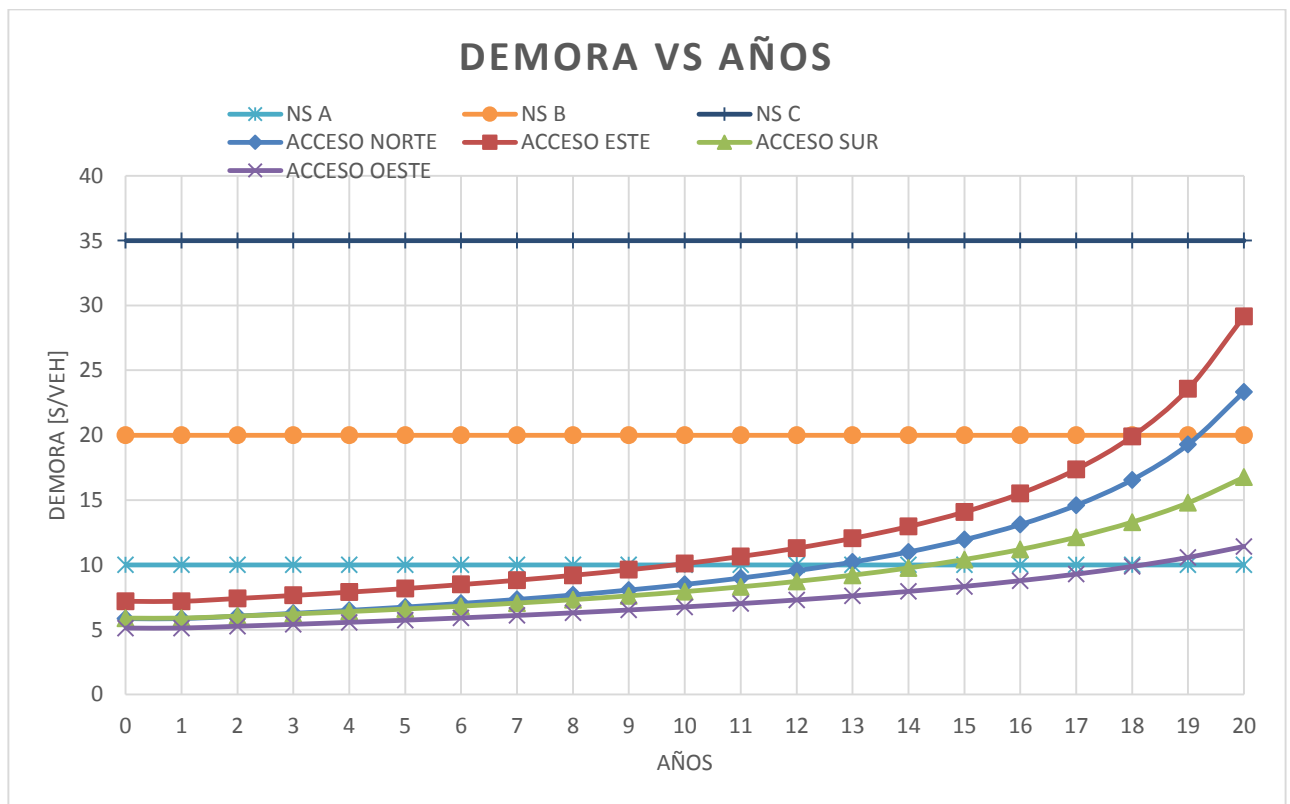


Figura 5.29 – Evolución de la Demora con el transcurrir de los años para cada uno de los accesos de la RM.

²⁰ Ver tabla de datos en ANEXO VI Sección 6.2 - Tabla 6.2.

En la Figura 5.30 se presenta el efecto en la demora (nivel de servicio) que implica agregar un carril auxiliar de giro a la derecha en el acceso Este. O sea, representa la eficiencia de la mejora propuesta.

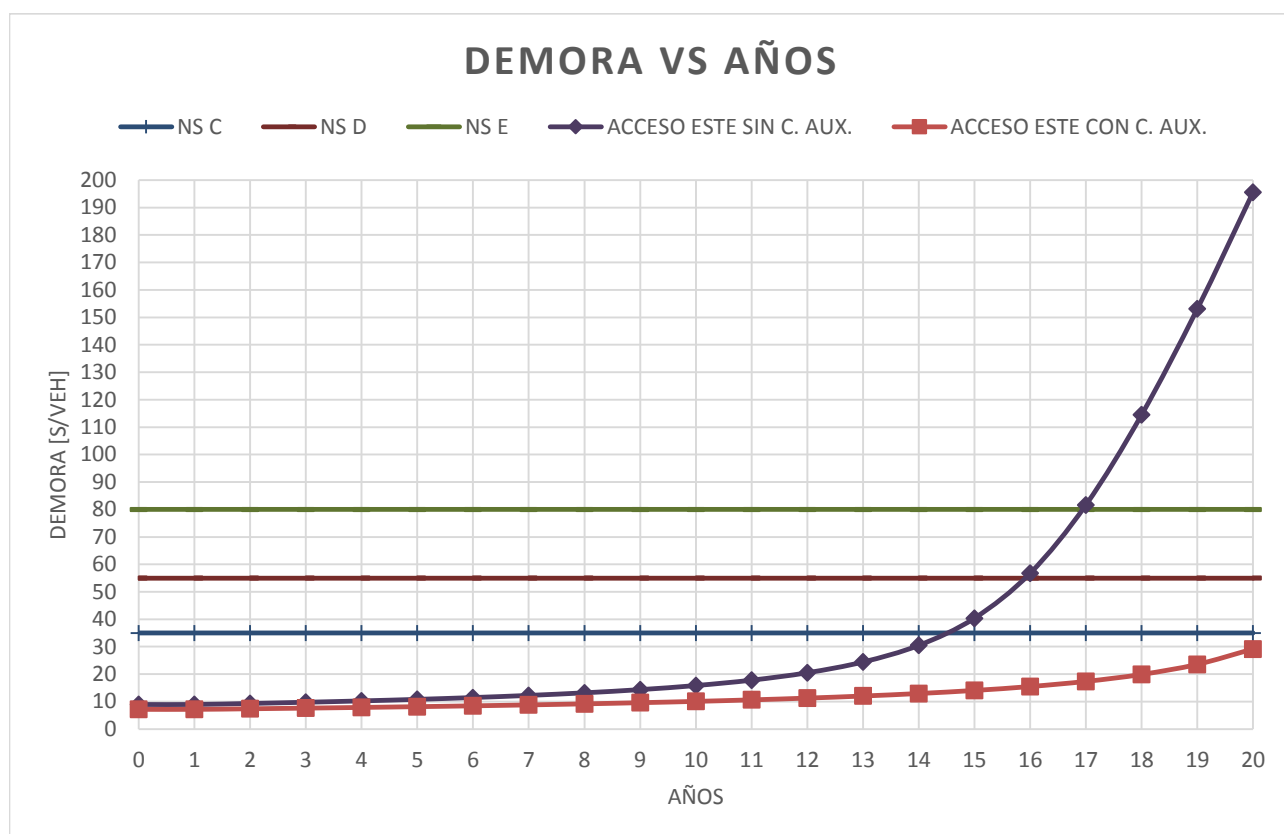


Figura 5.30 – Evolución de la Demora con el transcurrir de los años para las variantes de la RM.

Por lo tanto, se procede a analizar qué solución existe para la INTERSECCIÓN 2, que actualmente no presenta un comportamiento satisfactorio.

5.3 PROPUESTA PLANTEADA PARA LA INTERSECCIÓN 2

Partiendo de la RM estudiada para la INTERSECCIÓN 1, se realizaron sucesivos planteos, modificaciones y análisis para encontrar una solución aceptable y que se pueda llevar a cabo. De esta manera, se llega a la configuración para la INTERSECCIÓN 2, presentada a continuación.

5.3.1 INTERSECCIÓN 2 a distinto nivel

5.3.1.1 Introducción

Una intersección a distinto nivel consiste en separar las corrientes de tránsito que se encuentran en conflicto, asignándole gran capacidad y nivel de servicio. Para este caso en particular, los caminos que se entrecruzan, lo hacen por medio de un túnel prefabricado, con la ventaja de poder realizar la obra rápidamente sin entorpecer el tránsito sobre la RN 22.

5.3.1.2 Propuesta planteada

Se plantea una intersección semafORIZADA compuesta de sólo dos fases.

- Una fase corresponde al flujo de tránsito por RN 22, en conjunto con los vehículos circulantes por la colectora norte, los que aparecen por el túnel en colectora sur y los que, viniendo por San Julián, toman la colectora sur a la derecha.
- La fase restante corresponde al flujo de vehículos desde el acceso Norte y, además, los que descenden de la RN 22 desde el oeste para incorporarse a la colectora sur.

El acceso Sur se elimina, trasladando el tránsito que circulaba por él, por la colectora sur, hacia la INTERSECCIÓN 1.

Se eliminan la Dársena 1 y Dársena 2, redistribuyendo el tránsito de la siguiente manera:

- El perteneciente a la Dársena 1, descende por la Rampa tipo 2 localizada antes de la INTERSECCIÓN 2, y cruza la RN 22 por el túnel. Esta rampa se diseña a partir de lo que actualmente existe sobre RN 22 en las cercanías del Hipermercado Jumbo.
- El perteneciente a la Dársena 2, sigue por RN 22 hasta girar en la INTERSECCIÓN 1 hacia el acceso Norte.

La Rampa tipo 1 se diseña teniendo en cuenta los camiones de gran porte que circulan en la zona por la presencia de empresas como Transener S.A. Es preciso resaltar que en la actualidad esta rampa se encuentra consolidada como tal, pero no pavimentada. Por lo que su uso y posterior incorporación en nuestro diseño no representa un análisis geométrico mayor.

Ésta propuesta se presenta en la Figura 5.31 y Figura 5.32.



Figura 5.31 – Propuesta a distinto nivel - INTERSECCIÓN 2.

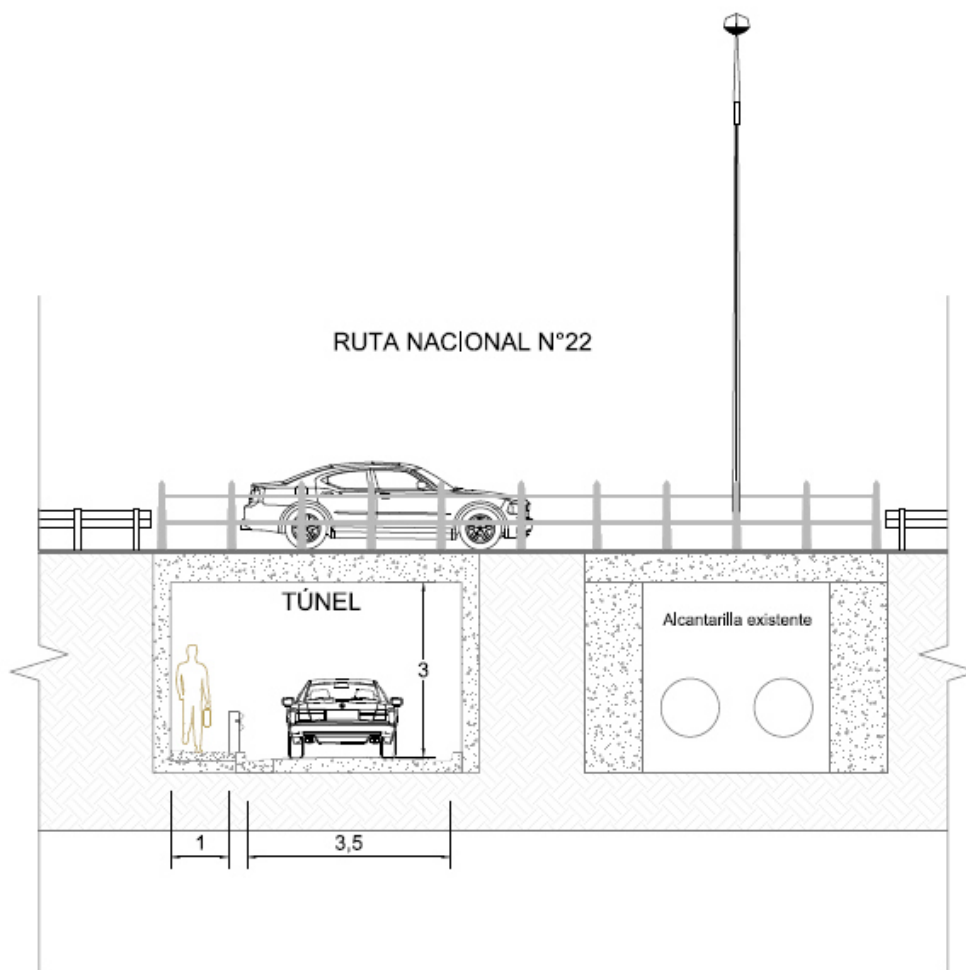


Figura 5.31 – Vista de la propuesta a distinto nivel - INTERSECCIÓN 2.

Para definir las dimensiones del túnel, se toma como vehículo de diseño una ambulancia de alta complejidad²¹, ya que se considera que su ingreso a la “Ciudad Sanitaria Neuquén” es fundamental. En particular para este caso, se adopta un túnel de altura libre igual a 3.00 metros, con un ancho de 4.50 metros (3.50m de calzada y 1.00m de vereda). Además, se considera la posibilidad de captar el agua pluvial a través de bocas de tormenta y mediante un sistema de bombeo dirigirla hacia el desagüe más cercano.

²¹ Dimensiones exteriores mínimas: largo: 4.80m; ancho 1.90m; altura total: 2.50 m.

Fuente: Ministerio de Salud. Salud Pública. Resolución 749/2000. Normas de categorización de los distintos tipos de ambulancia. Movilidad de alta complejidad.

Continuando con análisis, el volumen de tránsito considerado para esta alternativa se presenta en la Figura 5.33.

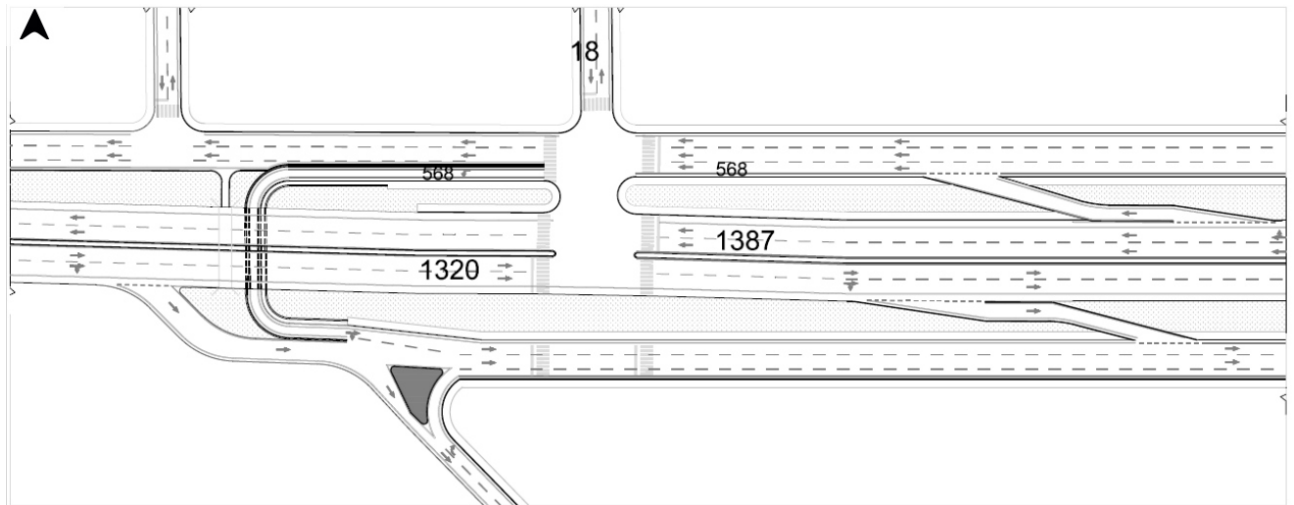


Figura 5.33 – Volumen de tránsito considerado - INTERSECCIÓN 2 [veh/hora].

5.3.1.3 Medidas de la Intersección

Las dimensiones geométricas adoptadas para la propuesta planteada se muestran en la Figura 5.34.

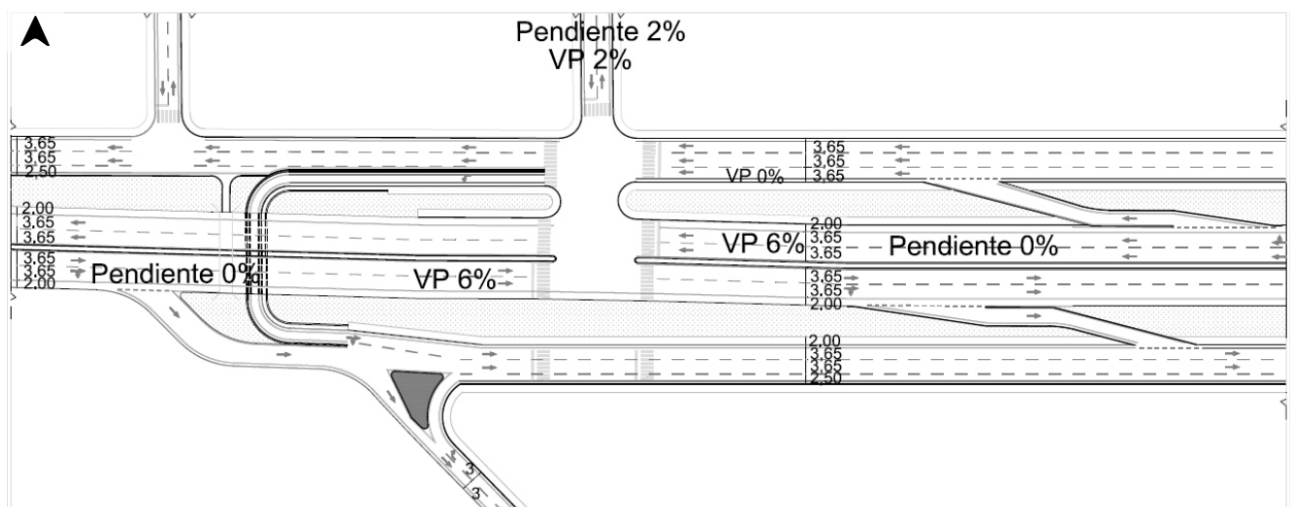


Figura 5.34 – Medidas, pendientes y porcentajes de VP de la Propuesta para la INTERSECCIÓN 2.

5.3.1.4 Análisis de la capacidad y nivel de servicio

Análogamente, se realiza un análisis detallado del funcionamiento de la INTERSECCIÓN 2, aplicando la metodología descrita en ANEXO III.

La Figura 5.33 muestra los volúmenes máximos horarios en vehículos mixtos, movimientos protegidos en cada una de las dos fases bajo la cual opera la propuesta planteada.

Además, se tiene la siguiente información:

- Porcentaje de autobuses que se detienen en cercanías a la intersección: 0% para todos los accesos.
- Factor de hora de máxima demanda (FHMD): 0.85 para todos los accesos.

- Pendientes de los accesos (ver Figura 5.34):

Acceso	Pendiente [%]
Este	0
Oeste	0
Norte	2
Rampa CS	0

- Los vehículos llegan a la intersección de forma aleatoria, por lo tanto, se asume un valor de 1.00 para el factor de progresión (FP).
- No existen estacionamientos ni paradas de autobuses en las cercanías de la intersección.
- No existen conflictos peatonales en los accesos de la intersección.
- Tiempo perdido por movimiento en el arranque: 3 segundos.
- El semáforo funciona en un ciclo de 120 segundos, distribuidos en dos fases, tal como aparece en la Tabla 5.15.

Fase N°	Acceso	Tiempo [s]		
		Verde	Ambar	Rojo
1	RN 22 y Rampa CS	90	3*	24
2	Norte	15	3*	99

* Se consideran 3 segundos de intervalo de cambio, antes y después del intervalo verde - 3(x2).

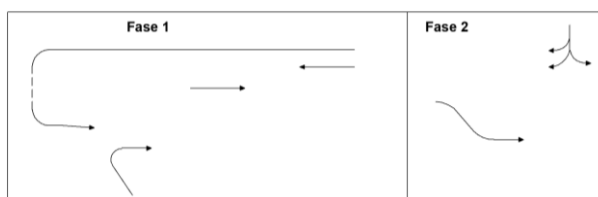


Tabla 5.15 – Fases de semáforos de la Propuesta.

Gráficamente, los tiempos de semáforo se presenta en la Figura 5.35.

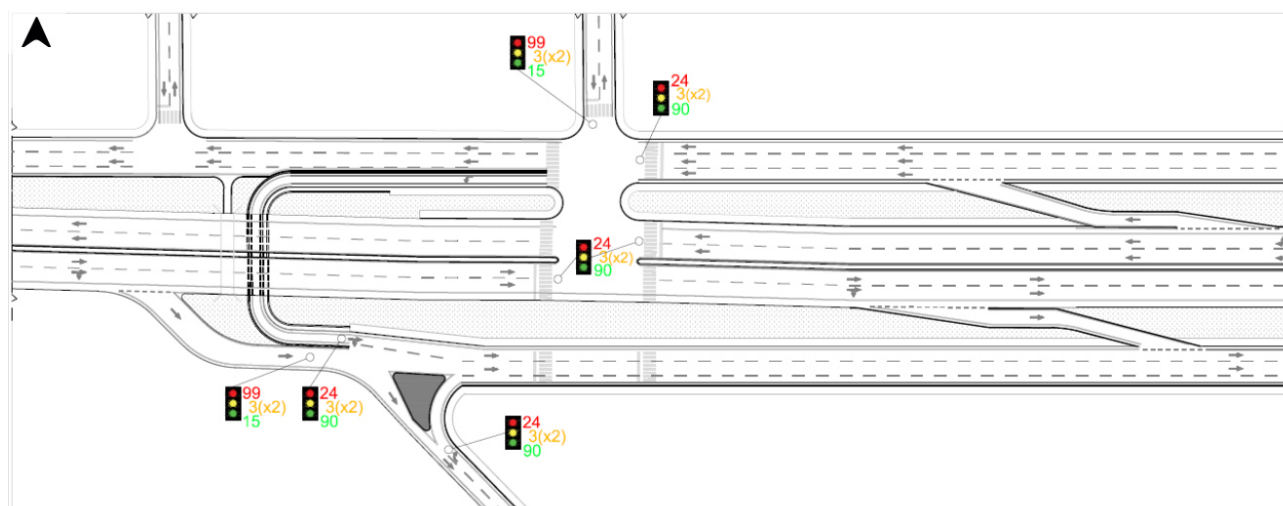


Figura 5.35 – Distribución propuesta de los tiempos de semáforos [seg].

Con esta información, se continua el análisis calculando los diferentes puntos descritos a continuación, obteniendo el nivel de servicio (NS) de cada uno de los grupos de carriles, cada acceso y de la intersección en forma global.

1. Ajuste de volúmenes v_i

A partir de los volúmenes horarios (V), se calculan los flujos ajustados (v_i) para cada uno de los grupos de carriles establecido, utilizando el factor de la hora de máxima demanda ($FHMD$), el número de carriles (N) y el factor de utilización de carril (U).

En la Tabla 5.16 se presentan los flujos calculados usando la siguiente simbología:

- I: movimiento de giro a la izquierda.
- F: movimiento de frente o directo.
- D: movimiento de giro a la derecha.

Obsérvese que:

- En el acceso Norte se establece un carril, en el cual se pueden producir giros a la derecha (D) ingresando a colectora, o bien subiendo a la RN 22 hacia la derecha (D) o la izquierda (I).
- El acceso Este y el Oeste se compone de dos carriles para movimientos de frente (F).
- Para el acceso Este, pero sobre colectora, si bien se compone de un grupo de tres carriles, para el análisis solo se considera el carril de uso exclusivo para realizar el giro hacia la derecha por el túnel y dirigirse hacia “Ciudad Sanitaria Neuquén”.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ACCESO	Movimiento	Volumen movimiento (V) [vph]	FHMD	Flujo (v_p) [vph] (3/4)	Grupo de carriles	Flujo por grupo (v_{gi}) [vph]	Número de carriles (N)	Factor de utilización (U_i)	Flujo ajustado (v_i) [vhp] (7*9)	Proporción de vueltas (P_{VI} ; P_{VD})
NORTE	I	8	0.85	9		-	-	-	-	0.44
	F	6	0.85	7	FID	21	1	1.00	21	-
	D	4	0.85	5	-	-	-	-	-	0.22
OESTE RN 22	I	0	0.85	-	-	-	-	-	-	-
	F	1320	0.85	1553	F	1553	2	1.05	1631	-
	D	0	0.85	-	-	-	-	-	-	-
ESTE RN22	I	0	0.85	-	-	-	-	-	-	-
	F	1387	0.85	1632	F	1632	2	1.05	1713	-
	D	0	0.85	-	-	-	-	-	-	-
RAMPA CS	I	0	0.85	-	-	-	-	-	-	-
	F	568	0.85	668	F	668	1	1.00	668	-
	D	0	0.85	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5.16 – Ajuste de volúmenes.

2. Flujo de saturación S_i

Se calcula el flujo de saturación bajo condiciones prevalecientes para cada uno de los grupos de carriles establecidos, a partir de un flujo de saturación en condiciones ideales (S_0), que se ajusta por distintos factores según la metodología. En nuestros cálculos, se supone un flujo de saturación ideal de 1900 vehículos ligeros por hora de luz verde por carril [vlphlvpc].

La Tabla 5.17 muestra el cálculo de los flujos de saturación en vehículos por hora de luz verde [vphv] para cada grupo de carriles, a partir de la siguiente ecuación:

$$S_i = S_0 * (N) * (f_A) * (f_{VP}) * (f_P) * (f_E) * (f_B) * (f_L) * (f_{VD}) * (f_{VI})^{22}$$

1	Grupo de carriles			Factores de ajuste								13
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ACCESO	Movimientos	S_0 [vphv]	N	f_A	f_P	f_E	f_{VP}	f_B	f_L	f_{VD}	f_{VL}	S_i [vphv]
NORTE	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FID	1900	1	1.01	0.99	1.00	0.97	1.00	1.00	0.97	0.98	1740
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OESTE RN 22	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1900	2	1.01	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	3525
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESTE RN 22	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1900	2	1.01	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	3525
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RAMPA CS	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1900	1	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1911
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5.17 – Flujo de saturación.

3. Análisis de capacidad c_i

Se calcula la capacidad (c_i), la relación volumen a capacidad $(v/c)_i$ y el grado de saturación crítico de la intersección (X_c), para cada grupo de carriles, tal como lo muestra la Tabla 5.18.²³

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ACCESO	Movimiento por grupo de carriles	Flujo ajustado (v_i) [vph]	Flujo de saturación ajustado (S_i) [vphv]	Relación de flujo $(\frac{v}{s})_i$ (3/4)	Relación de verde $(\frac{g_i}{C})$	Capacidad del grupo de carriles (c_i) [vph] (4*6)	Relación $(X_i = (\frac{v}{c})_i)^{(3/7)}$	Grupo de carril crítico
NORTE	-	-	-	-	-	-	-	-
	FID	21	1740	0.01	0.13	217	0.10	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
OESTE RN 22	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1631	3525	0.46	0.75	2644	0.62	*
	-	-	-	-	-	-	-	-
ESTE RN 22	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1713	3525	0.49	0.75	2644	0.65	*
	-	-	-	-	-	-	-	-
RAMPA CS	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	668	1911	0.35	0.75	1433	0.47	-
	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5.18 – Análisis de capacidad.

²² Ver descripción de cada uno de los factores en Anexo III, Sección 3.1.4.8

²³ Se toma un tiempo de verde efectivo (g_i) equivalente al tiempo verde actual.

4. Nivel de servicio

De la misma manera, se determinan los niveles de servicio para cada grupo de carril, los accesos y la intersección en su conjunto, para las condiciones prevalecientes y se clasifica con la Tabla 4.5 (Niveles de servicio según la demora).

Los resultados completos se pueden ver en la Tabla 5.19.

Grupo de carriles		Demora uniforme (d_{1i})				Demora incremental (d_{2i})		Demora por grupo			Demoras totales y Niveles de servicio	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ACCESO	Movimiento	$X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i$	$\left(\frac{g_i}{C}\right)$	Long. ciclo C [s]	(d_{1i}) [s/veh]	(c_i) [vph]	(d_{2i}) [s/veh]	(FP)	d_{ia} [s/veh]	NS	d_A [s/veh]	NS
NORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.35	D
	FID	0.10	0.13	120	35.3	217	0.006	1.0	35.35	D		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
O. RN 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.62	A
	F	0.62	0.75	120	5.3	2644	0.32	1.0	5.62	A		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
E. RN 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.95	A
	F	0.65	0.75	120	5.5	2644	0.40	1.0	5.95	A		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
R. CS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.57	A
	F	0.47	0.75	120	4.4	1433	0.18	1.0	4.57	A		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Tabla 5.19 – Nivel de servicio.

Gráficamente, se presentan las demoras (Figura 5.36) y los niveles de servicio (Figura 5.37) de la propuesta para la INTERSECCIÓN 2.

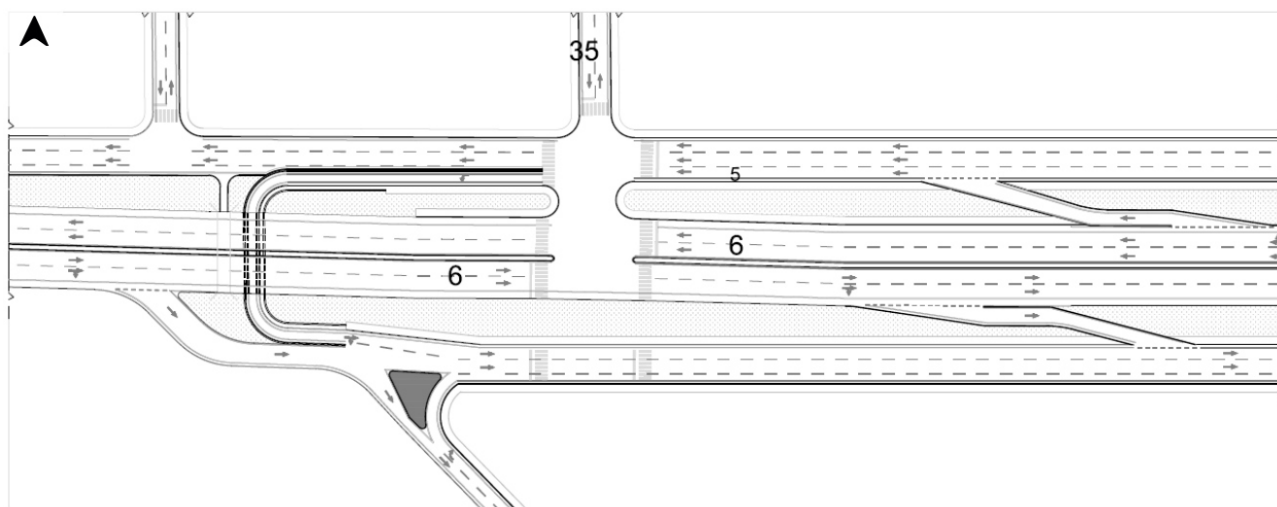


Figura 5.36 – Demora actual por grupo de carriles [s/veh].

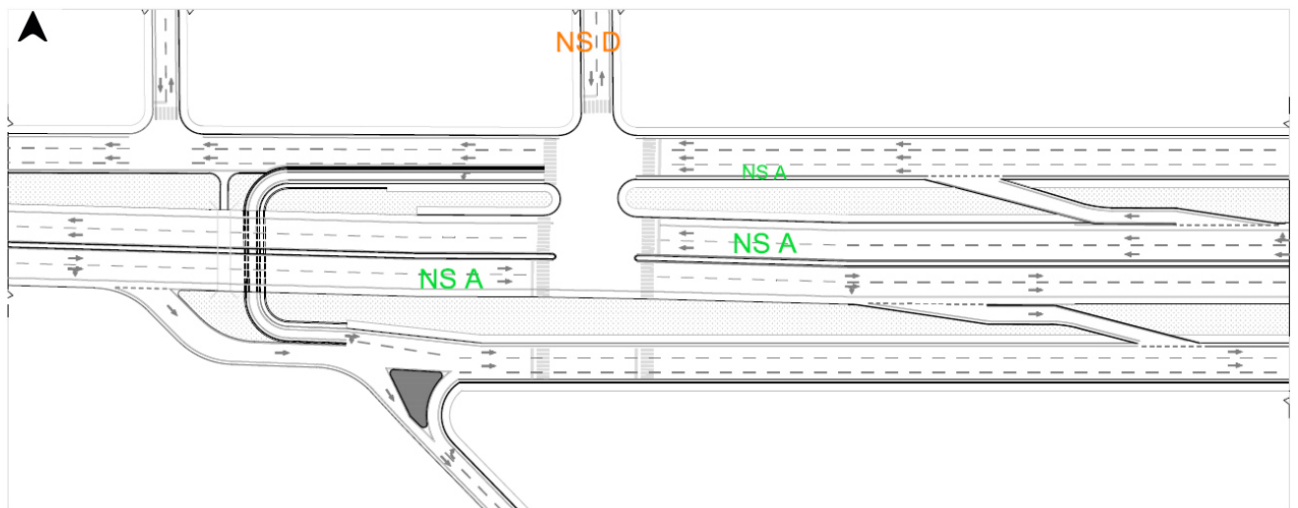


Figura 5.37 – Niveles de servicio actuales.

Ahora bien, se analiza la intersección en su conjunto, calculando la demora.

$$d_I = \frac{\sum_{A=1}^T (d_A * v_A)}{\sum_{A=1}^T v_A}$$

$$d_I = \frac{35.35 * (21) + 5.62 * (1631) + 5.95 * (1713) + 4.57 * (688)}{21 + 1631 + 1713 + 688}$$

$$d_I = 5.74^S/veh$$

Se puede afirmar que la propuesta para la INTERSECCIÓN 2 presenta un **nivel de servicio A** con una demora de $5.74^S/veh$, representa un funcionamiento aceptable según la percepción del usuario.

Por lo tanto, manteniendo la geometría de la intersección propuesta, se proyecta el tránsito que circula por la INTERSECCIÓN 2 y que no pertenece al tránsito generado por el funcionamiento de la “Ciudad Sanitaria Neuquén” para analizar el comportamiento de la propuesta planteada en el futuro. También se considera una tasa de crecimiento del 2.5% y un horizonte de proyecto de 20 años.

Los resultados se presentan en las siguientes tablas siguiendo la metodología antes empleada.

1. Ajuste de volúmenes v_i

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ACCESO	Movimiento	Volumen movimiento (V) [vph]	FHMD	Flujo (vp) [vph] (3/4)	Grupo de carriles	Flujo por grupo (v _{gi}) [vph]	Número de carriles (N)	Factor de utilización(U _i)	Flujo ajustado(v _i) [vhp] (7*9)	Proporción de vueltas (P _{vi} ; P _{vD})
NORTE	I	13	0.85	15		-	-	-	-	0.44
	F	10	0.85	11	FID	34	1	1.00	34	-
	D	6	0.85	8	-	-	-	-	-	0.22
OESTE RN 22	I	0	0.85	-	-	-	-	-	-	-
	F	2051	0.85	2413	F	2413	2	1.05	2534	-
	D	0	0.85	-	-	-	-	-	-	-
ESTE RN 22	I	0	0.85	-	-	-	-	-	-	-
	F	2158	0.85	2539	F	2539	2	1.05	2666	-
	D	0	0.85	-	-	-	-	-	-	-
RAMPA CS	I	0	0.85	-	-	-	-	-	-	-
	F	582	0.85	685	F	685	1	1.00	685	-
	D	0	0.85	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5.20 – Ajuste de volúmenes.

2. Flujo de saturación S_i

1	Grupo de carriles			Factores de ajuste								13
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ACCESO	Movimientos	S_0 [v/phv]	N	f_A	f_P	f_E	f_{VP}	f_B	f_L	f_{VD}	f_{VL}	S_i [v/phv]
NORTE	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FID	1900	1	1.01	0.99	1.00	0.97	1.00	1.00	0.97	0.98	1740
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OESTE RN 22	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1900	2	1.01	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	3525
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESTE RN 22	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1900	2	1.01	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	3525
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RAMPA CS	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1900	1	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1911
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5.21 – Flujo de saturación.

3. Análisis de capacidad c_i

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ACCESO	Movimiento por grupo de carriles	Flujo ajustado (v_i) [vph]	Flujo de saturación ajustado (S_i) [vphv]	Relación de flujo $(\frac{v}{s})_i$ (3/4)	Relación de verde $(\frac{g_i}{C})$	Capacidad del grupo de carriles (c_i) [vph] (4*6)	Relación $(X_i = (\frac{v}{c})_i)$ (3/7)	Grupo de carril crítico
NORTE	-	-	-	-	-	-	-	-
	FID	34	1740	0.02	0.13	217	0.16	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
OESTE RN 22	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	2534	3525	0.72	0.75	2644	0.96	*
	-	-	-	-	-	-	-	-
ESTE RN 22	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	2666	3525	0.76	0.75	2644	1.01	*
	-	-	-	-	-	-	-	-
RAMPA CS	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	685	1911	0.36	0.75	1433	0.48	-
	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5.22 – Análisis de capacidad.

4. Nivel de servicio

De la misma manera, se determinan los niveles de servicio para cada grupo de carriles, los accesos y la intersección en su conjunto, para las condiciones prevalecientes y se clasifica con la Tabla 4.5. Los resultados completos se ven en la Tabla 5.23.

Grupo de carriles		Demora uniforme (d_{1i})				Demora incremental (d_{2i})		Demora por grupo			Demoras totales y niveles de servicio	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ACCESO	Movimiento	$X_i = (\frac{v}{c})_i$	$(\frac{g_i}{C})$	Long. ciclo C [s]	(d_{1i}) [s/veh]	(c_i) [vph]	(d_{2i}) [s/veh]	(FP)	d_{ia} [s/veh]	NS	d_A [s/veh]	NS
NORTE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.63	D
	FID	0.16	0.13	120	35.6	217	0.03	1.0	35.63	D		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
O. RN 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.30	B
	F	0.96	0.75	120	10.1	2644	7.17	1.0	17.30	B		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
E. RN 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.98	C
	F	1.01	0.75	120	11.7	2644	15.29	1.0	26.98	C		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
R. CS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.64	A
	F	0.48	0.75	120	4.4	1433	0.20	1.0	4.64	A		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Tabla 5.23 – Nivel de servicio.

Gráficamente, se presentan las demoras (Figura 5.38) y los niveles de servicio (Figura 5.39) de la propuesta para la INTERSECCIÓN 2.

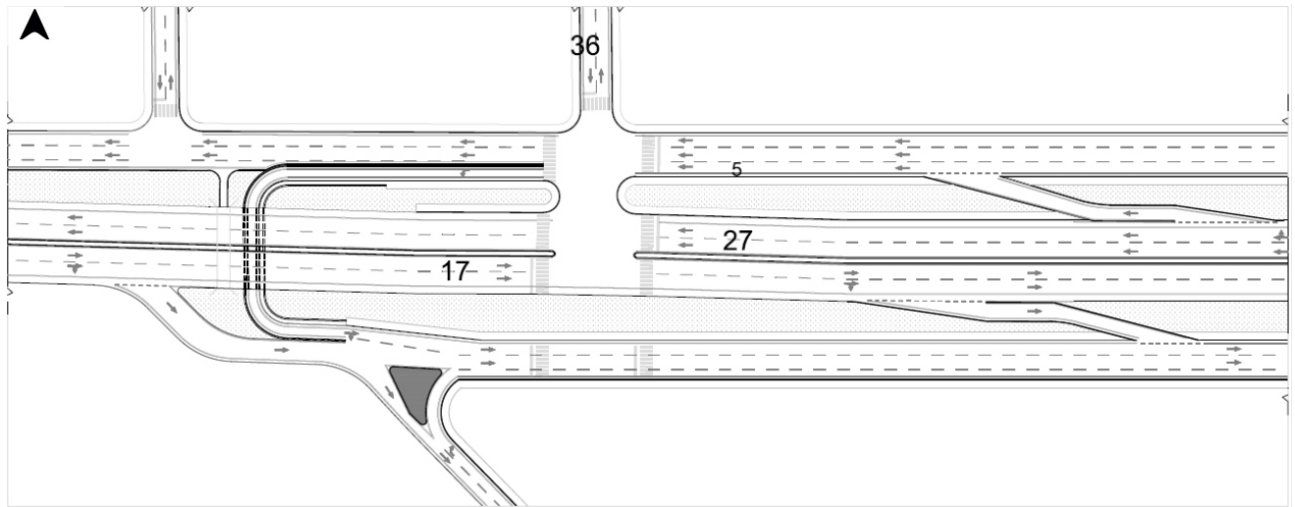


Figura 5.38 – Demora futura por grupo de carriles [s/veh].

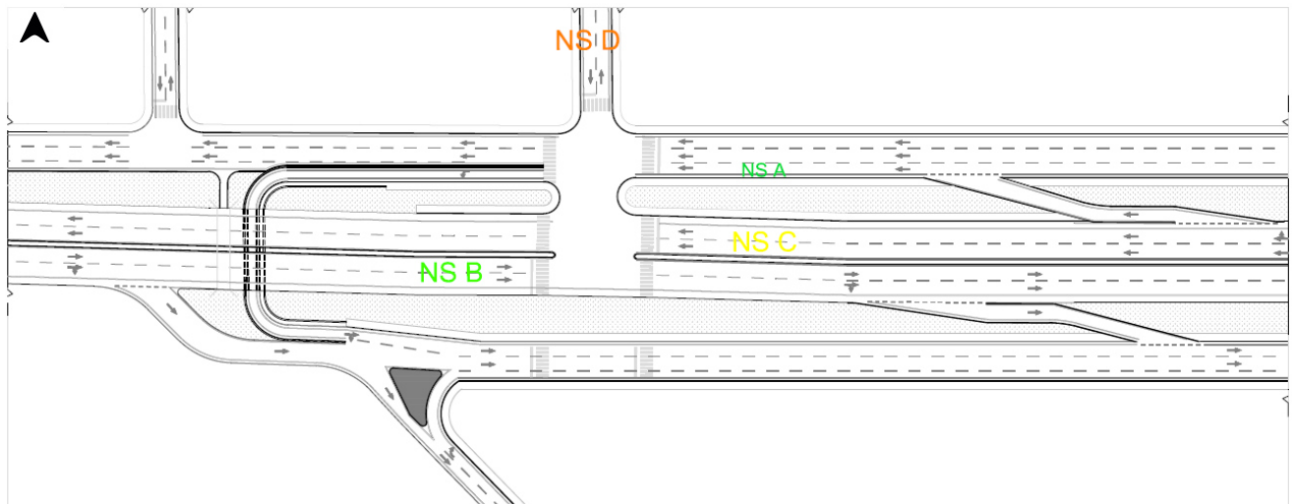


Figura 5.39 – Niveles de servicio futuros.

Ahora bien, se analiza la intersección en su conjunto, calculando la demora.

$$d_I = \frac{\sum_{A=1}^T (d_A * v_A)}{\sum_{A=1}^T v_A}$$

$$d_I = \frac{35.63 * (34) + 17.30 * (2534) + 26.98 * (2666) + 4.64 * (685)}{34 + 2534 + 2666 + 685}$$

$$d_I = 20.30^S/veh$$

Se puede afirmar que la propuesta para la INTERSECCIÓN 2 presenta un **nivel de servicio C** con una demora de $20.30^S/veh$. Este resultado se considera aceptable teniendo en cuenta que se trata del funcionamiento que prestaría la intersección para el último año de diseño, bajo la suposición de una tasa de crecimiento anual constante de 2.5%.

6 CONCLUSIONES

El anteproyecto desarrollado en esta tesis, brinda soluciones factibles e integrales que permitan resolver el tránsito existente y el generado por el emplazamiento de la “Ciudad Sanitaria Neuquén”, en dos intersecciones sobre la RN 22, en el oeste neuquino.

En primer lugar, para lo que se denomina INTERSECCIÓN 1, se sugiere una rotonda moderna con un carril auxiliar para giros a la derecha. En este caso y de acuerdo a los resultados presentados, esta solución tendrá un desempeño positivo sobre la vía, prestando óptimos niveles de servicio durante el periodo de diseño.

En segundo lugar, para la llamada INTERSECCIÓN 2, la propuesta a desnivel permite tener un funcionamiento adecuado a los requerimientos del tránsito durante todo el período de diseño. En este caso, el objetivo es realizar una separación de los flujos de tránsito, eliminando el conflicto en el cruce y, de esta manera, conseguir mejores resultados.

En ambos casos se considera una tasa de crecimiento de 2.5% anual y un periodo de diseño de 20 años para los cuales los resultados obtenidos son satisfactorios.

Sin embargo, se cree necesario continuar con el estudio de la zona analizada. En ese marco, se propone implementar contadores automáticos accionados por el paso de los vehículos que permitan conocer el volumen real que circula por la zona, su variación en el tiempo (tasa de crecimiento) y contrastarla con la utilizada para el diseño. En este sentido, también se puede analizar el impacto de la habilitación de la Ruta de Circunvalación (obra que une Cipolletti con Neuquén, “Tercer Puente”) sobre la RN 22 y reajustar el anteproyecto, contabilizando solo los vehículos que continúen cruzando la ciudad de Neuquén por la RN 22. Es por esto que un censo volumétrico puede aportar una excelente fuente de datos para futuras decisiones.

7 PLANOS

7.1 Planimetría General

El plano fue realizado en escala 1:1000 y se encuentra en el Anexo como Plano N° PL 01.

7.2 Plano de Perfiles Transversales

El plano fue realizado en escala 1:100 y se encuentra en el Anexo como Plano N° PL 02. Además, los perfiles transversales se indican en planta en el plano N° PL 01.

7.3 Planos de señalización

7.3.1 Introducción

Las circulaciones vehiculares y peatonales deben ser guiadas y reguladas a fin de que puedan llevarse a cabo en forma segura, fluida y ordenada. A través de la señalización, se trasmite a los usuarios la forma correcta y segura de circular, con el propósito de evitar riesgos y demoras innecesarias.

7.3.2 Objetivo del Señalamiento Horizontal y Vertical

El Señalamiento Horizontal y Vertical debe brindar información clara, precisa e inequívoca, estando destinado a transmitir al usuario de la vía pública órdenes, advertencias, indicaciones u orientaciones, mediante códigos comunes en todo el país y coherente con los utilizados en la región.

7.3.3 Señalización Horizontal

7.3.3.1 *Plano de Señalización Horizontal*

El plano fue realizado en escala 1:1000 y se encuentra en el Anexo como Plano N° PL 03.

7.3.4 Señalización Vertical

7.3.4.1 *Plano de Señalización Vertical*

El plano fue realizado en escala 1:1000 y se encuentra en el Anexo como Plano N° PL 04.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Administración Federal de Vialidad – EUA. *Rotondas Modernas: Guía informativa*. Traducción: Francisco Justo Sierra. Ingeniero Civil UBA. Managua. Junio 2006.
- ✓ Cal y Mayor, R James Cárdenas G. (1994). *Ingeniería del Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones*. 7ª Edición. México, DF: Alfaomega grupo editor.
- ✓ Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (2007). *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones*. 8ª Edición. México, D.F: Alfaomega grupo editor.
- ✓ Dirección general de Transporte. (1989). *Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas*. Editorial: Comunidad de Madrid.
- ✓ Dirección Nacional de Vialidad. (2010). *Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*. Buenos Aires.
- ✓ Estudio de Impacto Ambiental. Ciudad Sanitaria Neuquén. Diciembre 2014.
- ✓ MOPU. *Recomendaciones sobre glorietas. Tecnología carreteras MOPU*. Mayo 1989.

1 ANEXO I

1.1 Volumen de diseño V30 (datos del ex-peaje Cipolletti-Neuquén)

HORA 30		
Hora	Total Hora	
1	2638	
2	2527	
3	2525	
4	2515	
5	2506	
6	2494	
7	2479	
8	2471	
9	2467	
10	2464	
11	2460	
12	2460	
13	2459	
14	2457	
15	2457	
16	2454	
17	2453	
18	2440	
19	2438	
20	2435	
21	2434	
22	2428	
23	2421	
24	2421	
25	2419	
26	2412	
27	2409	
28	2401	
29	2399	
30	2399	VH30 ASC
31	2396	

*Tabla 1.1 – Volúmenes horarios. Sentido Ascendente.
(Fuente: Bahamondes-Reyes (2015). Solución integral al flujo de tránsito en los accesos al barrio Villa Obrera, de la ciudad de Centenario, Pág. 27).*

HORA 30		
Hora	Total Hora	
1	2554	
2	2549	
3	2537	
4	2502	
5	2482	
6	2463	
7	2458	
8	2452	
9	2451	
10	2443	
11	2424	
12	2423	
13	2422	
14	2422	
15	2420	
16	2418	
17	2415	
18	2415	
19	2412	
20	2411	
21	2406	
22	2406	
23	2400	
24	2393	
25	2388	
26	2385	
27	2383	
28	2383	
29	2382	
30	2381	VH30 DESC
31	2378	

*Tabla 1.2 – Volúmenes horarios. Sentido Descendente.
(Fuente: Bahamondes-Reyes (2015). Solución integral al flujo de tránsito en los accesos al barrio Villa Obrera, de la ciudad de Centenario, Pág. 27).*

VH30 Sentido Ascendente

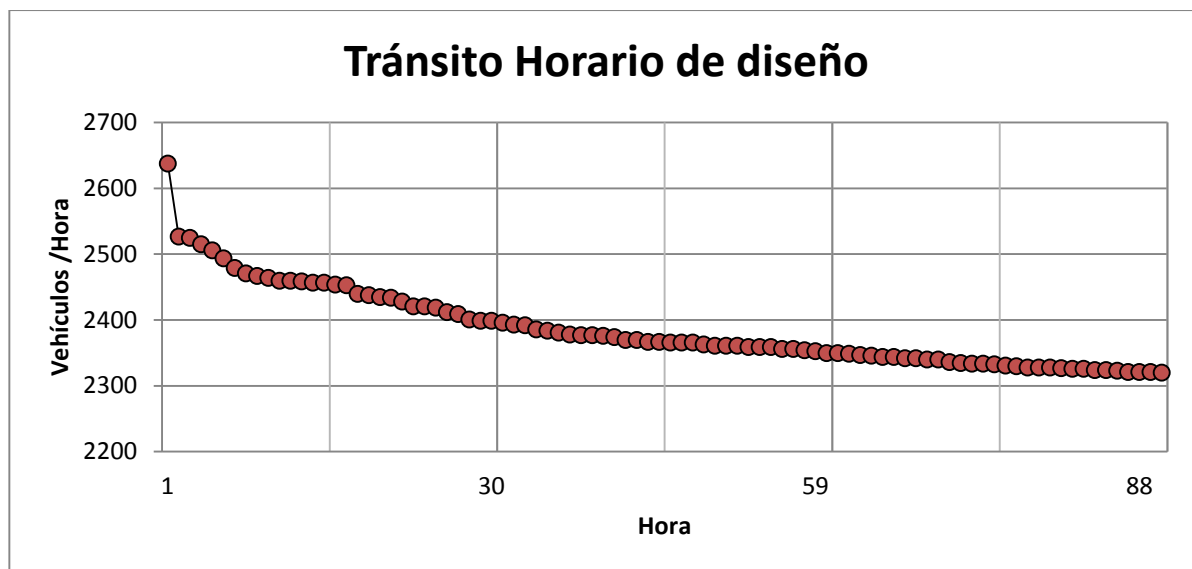


Figura 1.1 – Tránsito horario de diseño [veh/h]. Sentido Ascendente.

(Fuente: Bahamondes-Reyes (2015). Solución integral al flujo de tránsito en los accesos al barrio Villa Obrera, de la ciudad de Centenario, Pág. 28).

$$VH30 \text{ (sentido ascendente)} = 2399 \text{ veh/h}$$

VH30 Sentido Descendente

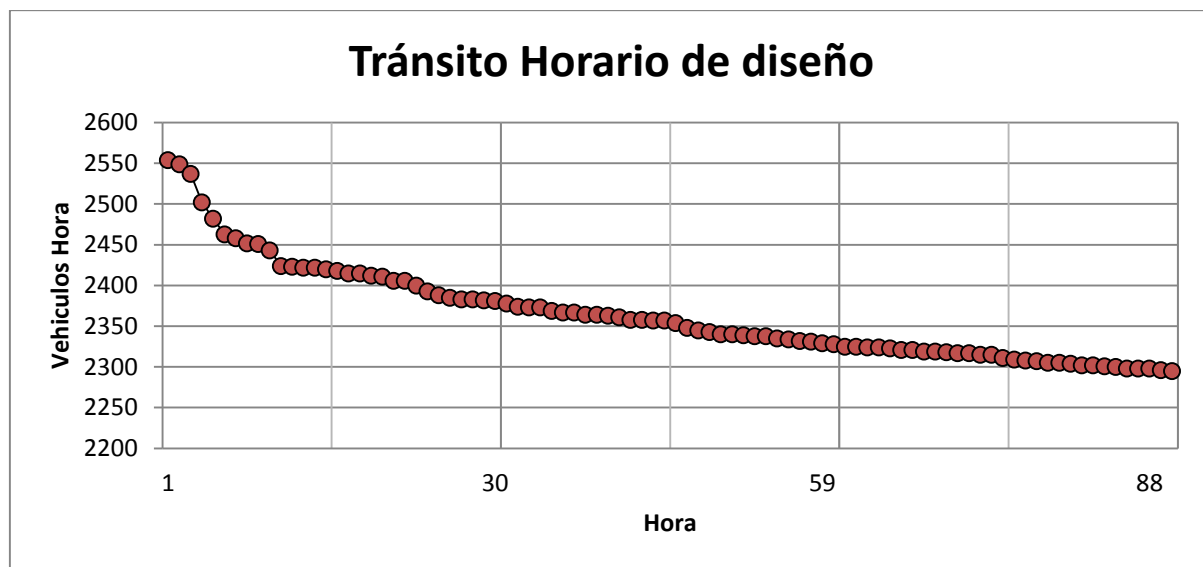


Figura 1.2 – Tránsito horario de diseño [veh/h]. Sentido Descendente.

(Fuente: Bahamondes-Reyes (2015). Solución integral al flujo de tránsito en los accesos al barrio Villa Obrera, de la ciudad de Centenario, Pág. 28).

$$VH30 \text{ (sentido descendente)} = 2381 \text{ veh/h}$$

1.2 Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) para la zona del ex-peaje.

Se determina el TMDA para el año 2012, presentado en la Tabla 1.2:

Datos de tránsito del Corredor N°29	
Días que cuentan con datos registrados [días]	357
Tránsito circulante sentido ascendente [veh]	8947590
Tránsito circulante sentido descendente [veh]	8808822
TMDA [veh/día]	49738

Tabla 1.3 – Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) para la zona del ex-peaje.

1.3 Factor K para la zona del ex-peaje.

Una vez obtenido el TMDA, se calcula el factor K aplicando la ecuación (1.1) para la zona del ex-peaje.

Por lo tanto, se tiene:

$$K = \frac{VH30}{TMDA} \quad (1.1)$$

$$K = \frac{2399 \text{ veh/h} + 2381 \text{ veh/h}}{49738 \text{ veh/día}} = 0.096 \approx \mathbf{0.1}$$

2 ANEXO II

2.1 Términos básicos.

En una intersección semaforizadas, el flujo de vehículos que llega a cada uno de sus accesos debe ser dividido en diferentes *fases* de movimiento, en las cuales se efectúa un desplazamiento específico de vehículos. Ciertos movimientos reciben el derecho al uso del espacio por medio de una señal *verde*, mientras que otros son detenidos con una señal de *rojo*.

En el análisis del control de intersecciones con semáforos y en la distribución de sus tiempos, es necesario describir algunos términos básicos o parámetros de tiempo, para evitar confusiones.

- **Indicación de señal:** es el encendido de una de las luces del semáforo o una combinación de varias luces al mismo tiempo.
- **Ciclo o longitud de ciclo:** tiempo necesario para que el disco indicador del semáforo efectúe una revolución completa.
- **Movimiento:** maniobra o conjunto de maniobras de un mismo acceso que tienen el derecho de paso simultáneamente y forman una misma fila.
- **Intervalo:** cualquiera de las diversas divisiones del ciclo, durante la cual no cambian las indicaciones de señal del semáforo.
- **Fase:** parte del ciclo asignada a cualquier combinación de uno o más movimientos (puede ser vehicular, peatonal o ambos) que reciben simultáneamente el derecho de paso. Una fase comienza con la pérdida de derecho de paso (en el momento de aparecer la indicación amarilla) de los movimientos que entran en conflicto con los que lo ganan.
- **Secuencia de fases:** orden predeterminado en que ocurren las fases del ciclo.
- **Reparto:** porcentaje de la longitud del ciclo asignado a cada una de las diversas fases.
- **Intervalo verde:** intervalo de derecho de paso durante el cual la indicación de señal es verde.
- **Intervalo de cambio:** tiempo de exposición de la indicación amarilla del semáforo que sigue al intervalo verde. Es un aviso de precaución para pasar de una fase a la siguiente.
- **Intervalo de despeje o todo rojo:** tiempo de exposición de una indicación roja para todo el tránsito que se prepara para entrar a la intersección. El fin es dar un tiempo adicional que permita a los vehículos, que pierden el derecho de paso, despejar la intersección antes de que los vehículos que lo ganan, reciban el verde. Muy utilizado en intersecciones excesivamente anchas.
- **Intervalo de cambio de fase:** es aquel que puede consistir solamente de un intervalo de cambio amarillo o que puede incluir un intervalo adicional de despeje todo rojo. También se conoce como entreverde o intermedio.

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (2007). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 8ª Edición. México, D.F.: Alfaomega grupo editor, Pág. 445 a Pág.446).

3 ANEXO III

3.1 Intersecciones con semáforos

3.1.1 Características generales

A diferencia de los sistemas viales de circulación continua, en las intersecciones con semáforos, la capacidad no está totalmente correlacionada con determinado nivel de servicio, por lo que ambos conceptos deben estudiarse separadamente. El análisis de capacidad, implica el cálculo de la relación volumen/capacidad para movimientos críticos en carriles simples o agrupados, mientras que el análisis del nivel de servicio se basa en la demora media de los vehículos detenidos por la acción de los semáforos.

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (1994). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 7ª Edición. México, D.F.: Alfaomega grupo editor, Pág. 363).

3.1.2 Capacidad de intersecciones con semáforo

La capacidad de una intersección con semáforo se define para *cada acceso*, como la tasa de flujo máxima que puede pasar a través de la intersección bajo *condiciones prevalecientes del tránsito, de la calle y del semáforo*. Se mide en vehículos por hora [vph] con base en flujos que tienen periodos pico de 15 minutos. En este sentido, se puede decir que las *condiciones prevalecientes del tránsito* incluyen los volúmenes por tipo de movimiento (izquierda, frente, derecha), su composición vehicular (automóviles, autobuses, camiones), maniobras de estacionamiento, conflictos peatonales y paradas de autobuses.

Por otra parte, las *condiciones prevalecientes de la calle* describen las características geométricas de los accesos en términos del número y ancho de carriles, pendientes y uso de carriles incluyendo carriles de estacionamiento.

Por último, las condiciones prevalecientes del *semáforo* incluyen la secuencia de fases, asignación de tiempos y el tipo de operación o control.

Entonces, para el análisis de la capacidad se debe calcular la *relación volumen-capacidad* (v/c) para los movimientos críticos en carriles simples o grupos de carriles en todo el acceso. La relación se determina dividiendo el flujo actual v del acceso o grupo de carriles entre su capacidad c , para los 15 minutos pico. Un *grupo de carriles* es un conjunto que carga flujos vehiculares formado por sus propias características y por las del acceso. Para determinar la capacidad de un grupo de carriles se usa el concepto de *flujo de saturación* “ s ”, que se define como la tasa máxima de flujo que puede pasar a través de la intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito y de la calle, suponiendo que el 100% del tiempo está disponible como verde efectivo. Se expresa en vehículos por hora de luz verde [vphv].

Por lo tanto, la capacidad para un acceso o grupo de carriles se define como:

$$c_i = s_i * \left(\frac{g_i}{C}\right) \quad (3.1)$$

Donde:

- c_i : capacidad del acceso o grupo de carriles i [vph]
- s_i : flujo de saturación del acceso o grupo de carriles i [vphv]
- g_i : tiempo verde efectivo para el acceso o grupo de carriles i [seg]
- C : ciclo del semáforo [seg]
- g_i/C : relación de verde para el acceso o grupo de carriles i .

Para un acceso o grupo de carriles i , la relación $(v/c)_i$ es denominada *grado de saturación* X_i , y se expresa como:

$$\left(\frac{v}{c}\right)_i = X_i = \frac{v_i}{s_i * (g_i/C)} \quad (3.2)$$

O también:

$$X_i = \frac{(v/s)_i}{(g_i/C)} \quad (3.3)$$

Donde al cociente $(v/s)_i$ se denomina *relación de flujo*.

Como observación se puede mencionar que cuando la tasa de flujo v_i es igual a la capacidad c_i , el grado de saturación X_i es igual a la unidad, y que cuando la tasa de flujo v_i es cero, X_i es igual a cero.

Además, para evaluar globalmente la intersección (su geometría y ciclo) se utiliza el concepto de *grado de saturación crítico* de la intersección X_c , que considera solamente los accesos o grupos de carriles críticos, con la relación $(v/s)_{ci}$ más alta para cada fase. Se define como:

$$X_c = \frac{C}{C - L} * \left[\sum_i (v/s)_{ci} \right] \quad (3.4)$$

Donde:

- L : tiempo total perdido por ciclo [s]
- $\sum_i (v/s)_{ci}$: suma de las relaciones de flujo de todos los accesos o grupos de carriles críticos

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (1994). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 7ª Edición. México, D.F.: Alfaomega grupo editor, Pág. 363 a Pág. 365).

3.1.3 Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas.

El nivel de servicio para éste tipo de intersecciones, se define a través de las *demoras*. Para el usuario, el concepto de demora se traduce en tiempo perdido de viaje, consumo de combustible, incomodidad y frustración. Específicamente, el nivel de servicio se expresa en términos de la demora media por vehículo debida a las detenciones para un período de análisis de 15 minutos (período de máxima demanda).

En la siguiente tabla se definen los seis niveles de servicio con sus características principales:

Nivel de servicio	Demora por control [seg/veh]
A	≤10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55
E	>55-80
F	>80

Tabla 3.1 – Niveles de servicio en intersecciones con semáforo.

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (2007). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 8ª Edición. México, D.F.: Alfaomega grupo editor, Pág. 410).

1. **Nivel de servicio A:** Operación con demoras muy bajas, menores a 10 seg/veh. La mayoría de los vehículos llega durante la fase verde y no se detienen del todo. Longitudes de ciclo corto pueden contribuir a demoras mínimas.
2. **Nivel de servicio B:** Operación con demoras entre 10 y 20 seg/veh. Algunos vehículos comienzan a detenerse.
3. **Nivel de servicio C:** Operación con demoras entre 20 y 35 seg/veh. La progresión del tránsito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse.
4. **Nivel de servicio D:** Operación con demoras entre 35 y 55 seg/veh. Existe mala progresión del tránsito o llegadas en la fase roja, longitudes de ciclo amplias, o relaciones v/c altas. Muchos vehículos se detienen y se hacen más notables los ciclos malogrados.
5. **Nivel de servicio E:** Operación con demoras entre 55 y 80 seg/veh y es el límite aceptable de demoras. En este caso, se tienen progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones v/c altas.
6. **Nivel de servicio F:** Operación con demoras superiores a los 80 seg/veh. Los flujos de llegada exceden la capacidad de los accesos de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada.

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (2007). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 8ª Edición. México, D.F.: Alfaomega grupo editor, Pág. 410 a Pág. 411).

3.1.4 Metodología de análisis operacional de intersecciones con semáforo

Mediante el análisis operacional se determina la capacidad y el nivel de servicio de cada grupo de carriles o acceso, lo mismo que el nivel de servicio de la intersección como un todo globalmente. Debido a la complejidad del análisis, el procedimiento para simplificar las actividades se divide en cinco módulos:

3.1.4.1 Módulo de entrada

- Condiciones geométricas.
- Condiciones del tránsito.
- Condiciones de los semáforos.

3.1.4.2 Módulo de ajuste de volúmenes

- Factor de la hora de máxima demanda.
- Establecimiento de grupos de carriles.
- Asignación de volúmenes a grupos de carriles.

3.1.4.3 Módulo de flujo de saturación

- Flujo de saturación ideal.
- Ajustes.

3.1.4.4 Módulo de análisis de capacidad

- Cálculo de demoras por grupos de carriles.
- Cálculo de la relación v/c por grupos de carriles.
- Resultados agregados.

3.1.4.5 Módulo de nivel de servicio

- Cálculo de demoras por grupos de carriles.
- Demoras agregadas.
- Determinación del nivel de servicio.

A continuación, se describe cada elemento con sus expresiones para desarrollado la metodología.

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (1994). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 7ª Edición. México, D.F.: Alfaomega grupo editor, Pág. 366 a Pág. 367).

3.1.4.6 Módulo de entrada

Las *condiciones geométricas* se refieren a la configuración física de la intersección en términos del número y anchos de carriles, movimientos por carril, ubicación de estacionamientos, longitudes de bahías para vueltas y pendientes de los accesos.

Para las *condiciones del tránsito* se debe disponer de los volúmenes de tránsito para cada movimiento en los accesos y su composición en términos de automóviles, autobuses y camiones. Además, se debe considerar el número de autobuses urbanos que realizan paradas, antes y después de la intersección, como así también, los flujos peatonales que entran en conflicto con los vehículos. Finalmente, se debe definir el tipo de llegadas a los accesos de la intersección, que indica el grado de progresión del flujo vehicular entre intersecciones, para ello se consideran cinco tipos, donde el tipo 1 define la condición de llegadas de grupos de vehículos al inicio de la fase roja y el tipo 5 las llegadas de densos grupos vehiculares al inicio de la fase verde.

En las *condiciones de los semáforos* deberán especificarse el diagrama de fases, el verde, el ámbar y las longitudes del ciclo, para cada uno de los movimientos dados.

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (1994). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 7ª Edición. México, D.F.: Alfaomega grupo editor, Pág. 367 a Pág. 368).

3.1.4.7 Módulo de ajuste de volúmenes

Es necesario convertir los volúmenes horarios a flujos durante 15 minutos, a través del *factor de la hora de máxima demanda*, tal como se muestra a continuación:

$$v_p = \frac{V}{FHMD} \quad (3.5)$$

Donde:

- v_p : *tasa de flujo durante los 15 minutos pico [vph]*
- V : *volumen horario [vph]*.

Para el análisis operacional se deben discriminar los distintos grupos de carriles, de manera que cuando se disponga de dársenas exclusivas de vuelta a la izquierda y a la derecha; los demás carriles directos se consideren en un grupo simple de carriles.

Cuando se tenga carriles de vuelta a la izquierda compartidos, se evalúa la operación en el carril compartido para determinar si efectivamente funciona como carril exclusivo de vuelta a la izquierda, debido a la presencia de altos volúmenes de esta maniobra.

Para un acceso, cuando el flujo de vuelta a la izquierda en el carril de la extrema izquierda es menor que el flujo promedio en los demás carriles, se supone que los vehículos directos comparten el carril izquierdo y todo el acceso puede suponerse en un grupo de carriles simple. En caso de ser mayor, el carril izquierdo se debe designar como un carril exclusivo de vuelta a la izquierda en un grupo de carriles separado. Matemáticamente esto se expresa como:

$$v_l < \frac{v_a - v_l}{N - 1} \quad (3.6)$$

$$v_l \geq \frac{v_a - v_l}{N - 1} \quad (3.7)$$

Donde:

- v_l : *flujo actual de vuelta a la izquierda, [vph]*.
- v_a : *flujo total en el acceso [vph]*
- N : *número de carriles del acceso*

Si se cumple la ecuación (3.6), el carril extremo izquierdo es un carril compartido y se usa un solo grupo de carriles para todo el acceso. Caso contrario, si se cumple la ecuación (3.7), el carril extremo izquierdo actúa como un carril exclusivo de vuelta a la izquierda y, por lo tanto, se debe establecer como un grupo separado de carriles.

En cuanto a la *asignación de volúmenes a grupos de carriles*, se sabe que cuando dos o más carriles sirven a un mismo movimiento vehicular, los volúmenes no se distribuyen de manera igual entre los

carriles. Por lo tanto, un carril carga un volumen de tránsito mayor que los demás. De donde el flujo ajustado para cualquier grupo de carriles es:

$$v_i = v_{gi} * U_i \tag{3.8}$$

Donde:

- v_i : flujo de demanda ajustado en el grupo de carriles i [vph]
- v_{gi} : flujo de demanda no ajustado en el grupo de carriles i [vph]
- U_i : factor de utilización de carril para el grupo de carriles i

El factor de utilización de carril U_i adopta los siguientes valores en función del número de carriles del grupo:

N° de carriles del grupo	U_i
1	1.00
2	1.05
3 o más	1.10

Tabla 3.2 – Factor de utilización de carril U_i en función del número de carriles del grupo.

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (1994). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 7ª Edición. México, D.F.: Alfaomega grupo editor, Pág. 368 a Pág. 369).

3.1.4.8 Módulo de flujo de saturación

El flujo de saturación puede determinarse mediante estudios de campo o calcularse con la siguiente expresión:

$$s_i = s_0 * (N) * (f_A) * (f_{VP}) * (f_P) * (f_E) * (f_B) * (f_L) * (F_{VD}) * (f_{VI}) \tag{3.9}$$

Donde:

- s_i : flujo de saturación del grupo de carriles, expresado como el total para todos los carriles del grupo, bajo condiciones prevalecientes [vphv].
- s_0 : flujo de saturación en condiciones ideales, tomado usualmente como 1900 vehículos ligeros por hora de luz verde por carril [vlphvpc].
- N : número de carriles del grupo.
- f_A : factor de ajuste por efecto de ancho de carril.
- f_{VP} : factor de ajuste por vehículos pesados.
- f_P : factor de ajuste por pendiente del acceso.
- f_E : factor de ajuste por la existencia de carriles de estacionamiento adyacentes al grupo de carriles, y a la actividad de estacionamiento en ese carril.
- f_B : factor de ajuste por paradas de autobuses.
- f_L : factor de ajuste por localización de la intersección.
- F_{VD} : factor de ajuste por vueltas a la derecha en el grupo de carriles.

- f_{VI} : factor de ajuste por vueltas a la izquierda en el grupo de carriles.

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (1994). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 7ª Edición. México, D.F.: Alfaomega grupo editor, Pág. 369 a Pág. 370).

En la Tabla 3.3 se presentan los factores de ajuste con sus fórmulas:

Factor	Fórmula	Definición	Notas
Ancho de carril	$f_A = 1 + \frac{W - 3.6}{9}$	W= ancho de carril [m].	W ≤ 2.4 m Si W ≥ 4.8 m, analizar como dos carriles.
Vehículos pesados	$f_{VP} = \frac{100}{100 + \%HV * (E_T - 1)}$	% HV= porcentaje de vehículos pesados del grupo.	$E_T=2.4$ autos/pesado
Pendiente	$f_P = 1 - \frac{\%G}{200}$	%G= porcentaje de pendiente del acceso.	-6 ≤ %G ≤ +10 Negativa en descensos
Estacionamiento	$f_E = \frac{N - 0.1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N}$	N= número de carriles del grupo. N _m = número de maniobras de estacionamiento/h.	0 ≤ N _m ≤ 180 $f_P ≥ 0.050$ $f_P = 1.000$ para sin estacionamiento.
Bloqueo de buses	$f_B = \frac{N - \frac{14.4 * N_B}{3600}}{N}$	N= número de carriles del grupo. N _B = número de buses que paran por hora.	0 ≤ N _B ≤ 250 $f_{bb} ≥ 0.050$
Tipo de área	$f_a = 0.900$ en CBD $f_a = 1.000$ en otras áreas	CBD= Distrito central de negocios (centro de la ciudad)	
Vueltas a la izquierda	Fase Protegida: Carril exclusivo: $f_{FL} = 0.95$ Carril compartido: $f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05 * P_{LT}}$	P_{LT} = proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles.	
Vueltas a la derecha	Carril exclusivo: $f_{RT} = 0.85$ Carril compartido: $f_{RT} = 1.0 - 0.15 * P_{RT}$ Carril simple: $1.0 - 0.135 * P_{RT}$	P_{RT} = proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles.	$f_{RT} ≥ 0.050$

Tabla 3.3 – Expresiones de cálculo para los distintos factores de ajuste.

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (2007). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 8ª Edición. México, D.F.: Alfaomega grupo editor, Pág. 417).

3.1.4.9 Módulo de análisis de capacidad

Los resultados obtenidos en los módulos anteriores se utilizan para determinar la capacidad de cada acceso o grupo de carriles a partir de la ecuación (3.1):

$$c_i = s_i * \left(\frac{g_i}{C}\right)$$

La relación volumen a capacidad v/c para cada acceso o grupo de carriles se determina con la ecuación (3.2) o (3.3).

$$\left(\frac{v}{c}\right)_i = X_i = \frac{v_i}{s_i * (g_i/C)}$$

O

$$X_i = \frac{(v/s)_i}{(g_i/C)}$$

De manera similar, se calcula el grado de saturación crítico de la intersección usando la ecuación (3.4):

$$X_c = \frac{C}{C - L} * \left[\sum_i (v/s)_{ci} \right]$$

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (1994). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 7ª Edición. México, D.F.: Alfaomega grupo editor, Pág. 370 a Pág. 371).

3.1.4.10 Módulo de nivel de servicio

El nivel de servicio para cada grupo de carriles, para cada acceso y para toda la intersección se define a través de la demora media por detenciones por vehículo.

La *demora total* para el grupo de carriles i se expresa como:

$$d_i = d_{1i} + d_{2i} \quad (3.10)$$

Donde:

- d_i : demora total para el grupo de carriles i [s/veh]
- d_{1i} : demora uniforme para el grupo de carriles i [s/veh]
- d_{2i} : demora incremental para el grupo de carriles i [s/veh]

La *demora uniforme* es la que ocurriría si los vehículos llegaran uniformemente distribuidos, tal que no exista saturación durante ningún ciclo. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$d_{1i} = 0.38 * C * \frac{\left[1 - \left(\frac{g_i}{C}\right)\right]^2}{\left[1 - \left(\frac{g_i}{C}\right) * X_i\right]} \quad (3.11)$$

La *demora incremental* considera las llegadas aleatorias, que ocasionan que algunos ciclos se sobresaturen y se expresa como:

$$d_{2i} = 173 * (X_i)^2 * \left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \left(\frac{16 * X_i}{c_i}\right)} \right] \quad (3.12)$$

En la mayoría de los casos las llegadas de vehículos no son del todo aleatorias, sino que lo hacen en forma agrupada como resultado de la progresión en los semáforos y otros factores. Por lo tanto, para tener en cuenta este efecto es necesario *ajustar la demora total*, tal como se muestra a continuación:

$$d_{ia} = d_i * (FP) \quad (3.13)$$

Donde:

- d_{ia} : demora ajustada para el grupo de carriles i [s/veh]
- FP : factor de ajuste por efecto de la progresión de los semáforos.

La demora en cualquier acceso d_A , se determina como un promedio ponderado de las demoras totales de todos los grupos de carriles del acceso, según:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} (d_{ia} * v_i)}{\sum_{i=1}^{n_A} v_i} \quad (3.14)$$

Donde:

- n_A : número de grupos de carriles en el acceso A .

La demora en la intersección d_I , igualmente se determina como un promedio ponderado de las demoras en todos los accesos de la intersección, según:

$$d_I = \frac{\sum_{A=1}^T (d_A * v_A)}{\sum_{A=1}^T v_A} \quad (3.15)$$

Donde:

- v_A : flujo ajustado del acceso A [vph]
- T : número de accesos de la intersección

(Fuente: Cal y Mayor, R. James Cárdenas G. (1994). Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones. 7ª Edición. México, D.F.: Alfaomega grupo editor, Pág. 371 a Pág. 373).

4 ANEXO IV

4.1 Modificaciones en la Intersección 1

4.1.1 Modificación N°1

Se eliminan los vehículos que circulan en contramano y la dársena izquierda del acceso Oeste se la hace descender por una rampa y realizar el cruce desde el acceso Sur. Redistribución del tiempo de semáforos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ACCESO	Movimiento	Volumen movimiento (V) [vph]	FHMD	Flujo (v_p) [vph] (3/4)	Grupo de carriles	Flujo por grupo v_{gi} [vph]	Número de carriles (N)	Factor de utilización (U_i)	Flujo ajustado (v_i) [vhp] (7*9)	Proporción de vueltas (Pvi; Pvd)
NORTE	I (80%)	172	0.85	202	-	-	-	-	-	-
	F (20%)	43	0.85	51	FI	253	2	1.05	265	4.00
	D	211	-	-	-	-	-	-	-	-
OESTE	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1010	0.85	1189	F	1189	2	1.05	1248	1
	D	13	0.85	15	D	15	1	1	15	1
SUR	I (20%)	6	0.85	7	-	-	-	-	-	-
	F (35%)	209	0.85	246	FI	253	1	1	253	0.03
	D (45%)	14	0.85	17	D	17	1	1	17	1
ESTE	I	36	0.85	42	I	42	1	1	42	1
	F	1070	0.85	1259	F	1259	2	1.05	1322	1
	D	209	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.1 – Módulo de ajuste de volúmenes.

1	Grupo de carriles			Factores de ajuste								13
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ACCESO	Movimientos	(s_0) [vlphv]	N	f_A	f_P	f_E	f_{VP}	f_B	f_L	f_{VD}	f_{VL}	(s_i) [vphv]
N	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FI	1900	2	0.95	0.99	1	0.97	1	1	1	0.83	2897
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1900	2	1.02	1	1	0.92	1	1	1	1	3564
	D	1900	1	0.83	1	1	1.00	1	1	0.85	1	1346
S	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FI	1900	1	1.02	0.95	1	1.00	1	1	1	1.00	1832
	D	1900	1	1.02	0.95	1	1.00	1	1	0.85	1	1560
E	I	1900	1	1.04	1	1	1.00	1	1	1	0.95	1890
	F	1900	2	0.99	1	1	0.92	1	1	1	1	3486
	-	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.2 – Módulo de flujo de saturación.

Tesis: “SOLUCIÓN INTEGRAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO EN RUTA NACIONAL N°22 POR EL EMPLAZAMIENTO DE LA CIUDAD SANITARIA”

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ACCESO	Movimiento por grupo de carriles	Flujo ajustado (v_i) [vph]	Flujo de saturación ajustado (s_i) [vphv]	Relación de flujo ($\frac{v}{s}$)_i (3/4)	Relación de verde ($\frac{g_i}{C}$)	Capacidad del grupo de carriles (c_i) [vph] (4*6)	Relación ($X_i = (\frac{v}{c})_i$) (3/7)	Grupo de carril crítico
N	-	-	-	-	-	-	-	-
	FI	265	2897	0.09	0.12	338	0.78	*
	-	-	-	-	-	-	-	-
O	F	1248	3564	0.35	0.42	1485	0.84	*
	D	15	1346	0.01	0.42	561	0.03	-
S	-	-	-	-	-	-	-	-
	FI	253	1832	0.14	0.18	336	0.75	*
	D	17	1560	0.01	0.18	286	0.06	-
E	I	42	1890	0.02	0.08	157	0.27	-
	F	1322	3486	0.38	0.42	1453	0.91	*
	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.3 – Módulo de análisis de capacidad.

Grupo de carriles		1 ^{er} término de la demora				2 ^{do} término de la demora		Demora por grupo		Demoras totales y niveles de servicio		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ACCESO	Movimiento	$X_i = (\frac{v}{c})_i$	$(\frac{g_i}{C})$	Long. ciclo C [s]	(d_{1i}) [s/veh]	(c_i) [vph]	(d_{2i}) [s/veh]	(FP)	d_{ia} [s/veh]	NS	d_A [s/veh]	NS
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FI	0.78	0.12	120	39.17	338	7.84	1	47.00	D	47.00	D
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O	F	0.84	0.42	120	23.88	1485	3.21	1	27.09	C	26.95	C
	D	0.03	0.42	120	15.70	561	0.00005	1	15.70	B	-	-
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FI	0.75	0.18	120	35.29	336	6.33	1	41.62	D	40.95	D
	D	0.06	0.18	120	30.74	286	0.000993	1	30.74	C	-	-
E	I	0.27	0.08	120	39.18	157	0.22	1	39.40	D	-	-
	F	0.91	0.42	120	24.99	1453	6.39	1	31.38	C	31.63	C
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.4 – Módulo de nivel de servicio.

4.1.2 Modificación N°2

A la modificación anterior se le agrega la eliminación de la dársena del Este, obligando a los vehículos que requieren realizar el giro a la derecha que ingresen por la rama derecha hasta la rotonda y de ahí realicen el giro mediante el acceso Norte.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ACCESO	Movimiento	Volumen movimiento (V) [vph]	FHMD	Flujo (v_p) [vph] (3/4)	Grupo de carriles	Flujo por grupo v_{gi} [vph]	Número de carriles (N)	Factor de utilización (U_i)	Flujo ajustado (v_i) [vhp] (7*9)	Proporción de vueltas (P_{vi} ; P_{vd})
NORTE	I (80%)	172	0.85	202	-	-	-	-	-	-
	F (20%)	78	0.85	92	FI	294	2	1.05	309	2.19
	D	211	-	-	-	-	-	-	-	-
OESTE	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1010	0.85	1189	F	1189	2	1.05	1248	1
	D	13	0.85	15	D	15	1	1	15	1
SUR	I (20%)	6	0.85	7	-	-	-	-	-	-
	F (35%)	209	0.85	246	FI	253	1	1	253	0.03
	D (45%)	14	0.85	17	D	17	1	1	17	1
ESTE	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1070	0.85	1259	F	1259	2	1.05	1322	1
	D	209	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.5 – Módulo de ajuste de volúmenes.

1	Grupo de carriles			Factores de ajuste								13
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Acceso	Movimientos	(s_0) [vlphv]	N	f_A	f_P	f_E	f_{VP}	f_B	f_L	f_{VD}	f_{VL}	(s_i) [vphv]
N	I (80%)	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F (20%)	1900	2	0.95	0.99	1	0.97	1	1	1	0.90	3134
	D	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O	I	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1900	2	1.02	1	1	0.92	1	1	1	1	3564
	D	1900	1	0.83	1	1	1.00	1	1	0.85	1	1346
S	I	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F (35%)	1900	1	1.02	0.95	1	1.00	1	1	1	0.95	1748
	D (45%)	1900	1	1.02	0.95	1	1.00	1	1	0.85	1	1560
E	I	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1900	2	0.99	1	1	0.92	1	1	1	1	3486
	D	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.6 – Módulo de flujo de saturación.

Tesis: “SOLUCIÓN INTEGRAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO EN RUTA NACIONAL N°22 POR EL EMPLAZAMIENTO DE LA CIUDAD SANITARIA”

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ACCESO	Movimiento por grupo de carriles	Flujo ajustado (v_i) [vph]	Flujo de saturación ajustado (s_i) [vphv]	Relación de flujo $\left(\frac{v}{s}\right)_i$ (3/4)	Relación de verde $\left(\frac{g_i}{C}\right)$	Capacidad del grupo de carriles (c_i) [vph] (4*6)	Relación $\left(X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i\right)$ (3/7)	Grupo de carril crítico
N	I (80%)	-	-	-	-	-	-	-
	F (20%)	309	3134	0.10	0.18	574	0.54	*
	D	-	-	-	-	-	-	-
O	I	-	-	-	-	-	-	-
	F	1248	3564	0.35	0.42	1485	0.84	*
	D	15	1346	0.01	0.42	561	0.03	-
S	I	-	-	-	-	-	-	-
	F (35%)	253	1748	0.14	0.25	437	0.58	*
	D (45%)	17	1560	0.01	0.25	390	0.04	-
E	I	-	-	-	-	-	-	-
	F	1322	3486	0.38	0.42	1453	0.91	*
	D	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.7 – Módulo de análisis de capacidad.

Grupo de carriles		1er término de la demora				2do término de la demora		Demora por grupo		Demoras totales y niveles de servicio		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ACCESO	Movimiento	$X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i$	$\left(\frac{g_i}{C}\right)$	Long. ciclo C [s]	(d_{1i}) [s/veh]	(c_i) [vph]	(d_{2i}) [s/veh]	(FP)	d_{ia} [s/veh]	NS	d_A [s/veh]	NS
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34.54	C
	FI	0.54	0.18	120	33.74	574	0.80	1	34.54	C		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.95	C
	F	0.84	0.42	120	23.88	1485	3.21	1	27.09	C		
	D	0.03	0.42	120	15.70	561	0.00005	1	15.70	B		
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.08	C
	FI	0.58	0.25	120	29.99	437	1.42	1	31.42	C		
	D	0.04	0.25	120	25.92	390	0.000283	1	25.93	C		
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.38	C
	F	0.91	0.42	120	24.99	1453	6.39	1	31.38	C		
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Tabla 4.8 – Módulo de nivel de servicio.

4.1.3 Modificación N°3

Se toman los resultados de la modificación N°3 y se le agrega el volumen que generaría el pleno funcionamiento de la Ciudad Sanitaria, obteniendo los siguientes resultados:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ACCESO	Movimiento	Volumen movimiento (V) [vph]	FHMD	Flujo (v_p) [vph] (3/4)	Grupo de carriles	Flujo por grupo v_{gi} [vph]	Número de carriles (N)	Factor de utilización (U_i)	Flujo ajustado (v_i) [vhp] (7*9)	Proporción de vueltas (Pvi; Pvd)
NORTE	I (80%)	172	0.85	202	-	-	-	-	-	-
	F (20%)	78	0.85	92	FI	294	2	1.05	309	2.19
	D	394	-	-	-	-	-	-	-	-
OESTE	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1155	0.85	1359	F	1359	2	1.05	1427	1
	D	13	0.85	15	D	15	1	1	15	1
SUR	I (20%)	90	0.85	106	-	-	-	-	-	-
	F (35%)	392	0.85	461	FI	567	1	1	567	0.23
	D (45%)	203	0.85	239	D	239	1	1	239	1
ESTE	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1404	0.85	1651	F	1651	2	1.05	1734	1
	D	209	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.9 – Módulo de ajuste de volúmenes.

1	Grupo de carriles			Factores de ajuste								13
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Acceso	Movimientos	(s_0) [vlphv]	N	f_A	f_P	f_E	f_{VP}	f_B	f_L	f_{VD}	f_{VL}	(s_i) [vphv]
N	I (80%)	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F (20%)	1900	2	0.95	0.99	1	0.97	1	1	1	0.90	3134
	D	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O	I	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1900	2	1.02	1	1	0.92	1	1	1	1	3564
	D	1900	1	0.83	1	1	1.00	1	1	0.85	1	1346
S	I	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F (35%)	1900	1	1.02	0.95	1	1.00	1	1	1	0.95	1748
	D (45%)	1900	1	1.02	0.95	1	1.00	1	1	0.85	1	1560
E	I	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1900	2	0.99	1	1	0.92	1	1	1	1	3486
	D	1900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.10 – Módulo de flujo de saturación.

Tesis: “SOLUCIÓN INTEGRAL DEL FLUJO DEL TRÁNSITO EN RUTA NACIONAL N°22 POR EL EMPLAZAMIENTO DE LA CIUDAD SANITARIA”

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ACCESO	Movimiento por grupo de carriles	Flujo ajustado (v_i) [vph]	Flujo de saturación ajustado (s_i) [vphv]	Relación de flujo $\left(\frac{v}{s}\right)_i$ (3/4)	Relación de verde $\left(\frac{g_i}{C}\right)$	Capacidad del grupo de carriles (c_i) [vph] (4*6)	Relación $\left(X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i\right)$ (3/7)	Grupo de carril crítico
N	I (80%)	-	-	-	-	-	-	-
	F (20%)	309	3134	0.10	0.10	313	0.99	*
	D	-	-	-	-	-	-	-
O	I	-	-	-	-	-	-	-
	F	1427	3564	0.40	0.44	1574	0.91	*
	D	15	1346	0.01	0.44	594	0.03	-
S	I	-	0	-	-	-	-	-
	F (35%)	567	1748	0.32	0.31	539	1.05	*
	D (45%)	239	1560	0.15	0.31	481	0.50	-
E	I	-	-	-	-	-	-	-
	F	1734	3486	0.50	0.44	1540	1.13	*
	D	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.11 – Módulo de análisis de capacidad.

Grupo de carriles		1er término de la demora				2do término de la demora		Demora por grupo		Demoras totales y niveles de servicio		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ACCESO	Movimiento	$X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i$	$\left(\frac{g_i}{C}\right)$	Long. ciclo C [s]	(d_{1i}) [s/veh]	(c_i) [vph]	(d_{2i}) [s/veh]	(FP)	d_{ia} [s/veh]	NS	d_A [s/veh]	NS
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FI	0.99	0.10	120	40.98	313	35.52	1	76.50	E	76.50	E
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	0.91	0.44	120	23.71	1574	5.75	1	29.46	C	29.30	C
	D	0.03	0.44	120	14.38	594	0.00004	1	14.38	B	-	-
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FI	1.05	0.31	120	32.30	539	45.59	1	77.90	E	62.65	E
	D	0.50	0.31	120	25.76	481	0.689637	1	26.45	C	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	F	1.13	0.44	120	28.28	1540	64.14	1	92.42	F	92.42	F
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4.12 – Módulo de nivel de servicio.

5 ANEXO V

5.1 Rotondas Modernas (RM)

5.1.1 Definición

Se definen como: “Intersecciones que se basan en la circulación de todos los vehículos por una calzada anular, en la que confluyen las diferentes vías, que discurre en torno a un islote central, y que funcionan con prioridad a los vehículos de la calzada anular”.

(Fuente: Dirección General de Transporte (1989). Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas. Editorial: Comunidad de Madrid. Pág. 25).

5.1.2 Introducción a la RM

Las RM presentan las siguientes características fundamentales:

- Requerimientos simples y claros para la toma de decisiones de los conductores.
- Velocidades relativas de los vehículos reducidas mediante la implementación de dos aspectos, uno reglamentario (ceder el paso) y el otro geométrico (deflexión de la entrada y trayectoria).

En general, una rotonda bien diseñada es el tipo más seguro de control de intersección. La razón principal es que las velocidades relativas de los vehículos son considerablemente más bajas en las rotondas que en otros tipos de intersecciones a nivel. Las velocidades más bajas dan a los conductores más tiempo para tomar decisiones y, si toman una mala, pueden corregirla. También pueden tener un efecto apaciguador del tránsito logrando una importante ventaja en seguridad y disminución de accidentes respecto a otros tipos de intersección a nivel.

Para que se comporten efectivamente, las RM deben identificarse fácilmente en el sistema vial.

(Fuente: DNV- Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial. (2010). Pág. 60 a Pág. 63).

5.1.3 Utilidad de las RM

La generalización del uso de intersecciones giratorias o RM para resolver determinados tipos de intersecciones se debe fundamentalmente a sus ventajas frente a otro tipo de soluciones.

Tal vez, la principal ventaja de las RM es la variedad de objetivos para los que pueden ser de utilidad, es decir, el hecho de que las RM pueden ser ventajosas frente a otras soluciones, no sólo desde el punto de vista del tráfico, por ejemplo, sino desde perspectivas tan diferentes como la seguridad, los costos, el impacto ambiental, etc. Su competitividad reside, fundamentalmente, en las grandes prestaciones y posibilidades que permiten, dentro de un costo y una ocupación del suelo relativamente reducidos.

En la Tabla 5.1 se presentan las ventajas que presentan las RM frente a distintos aspectos que hacen a una intersección a nivel.

ASPECTO	DESCRIPCIÓN DE LA VENTAJA
Tratamiento del tráfico	<ul style="list-style-type: none"> - En primer lugar, el hecho de que se trata de un diseño que resuelve automáticamente todos los movimientos posibles en una intersección, incluidos los cambios de sentido en toda las vías y la rectificación de errores. - En segundo lugar, puede decirse que las RM permiten capacidades altas de tráfico sin regulación semafórica. - En tercer lugar, por su propio funcionamiento, y en comparación, por ejemplo, a las intersecciones semaforizadas, las RM tienen la ventaja de que reducen los tiempos de espera fuera de las horas punta. - En cuarto lugar, las RM son un tipo de intersección especialmente adecuada como instrumento para la regulación del tráfico. - En quinto lugar, las RM son el único tipo de intersección que resuelve satisfactoriamente un encuentro de más de 4 brazos. - En sexto lugar y frente a los enlaces, las RM permiten crear una mayor permeabilidad en la malla viaria de una zona, al no precisar distancias largas entre ellas, y lograr una buena soldadura con las redes secundarias.
Facilidad de comprensión	<p>Una de las más importantes ventajas de las RM frente a cualquier tipo de intersección es que todas ellas tienen la misma estructura y funcionan de igual modo. Frente a otros tipos de intersecciones que no responden a un esquema común (canalizadas, enlaces, etc.), esta característica dota a las RM de mayor seguridad y fluidez.</p>
Económicas	<p>Las ventajas económicas de las RM son claras respecto a algunos tipos de intersecciones, mientras, respecto a otros, es difícil un pronunciamiento definitivo. Respecto al tipo de intersección mediante enlaces a distinto nivel, tanto el costo de construcción como el de adquisición de suelo son inferiores en las RM.</p> <p>Para el caso de las intersecciones semaforizadas, el coste de construcción, sobre todo en lo referente a la adquisición del suelo, puede ser superior en las RM, aunque la instalación de los sistemas de control semafórico puede a veces resultar muy costoso. Por el contrario, las RM apenas provocan gastos de mantenimiento, mientras el control semafórico implica gastos y atención constantes.</p>
Flexibilidad o ductilidad	<p>Otro aspecto importante respecto a las ventajas de las soluciones en RM es su gran ductilidad, el hecho de ser una solución “blanda”, fácilmente modificable. Admiten la incorporación de nuevas vías a una estructura ya existente y porque, dada la reserva de suelo que suponen, pueden garantizar la construcción en el futuro de enlaces a distinto nivel para solucionar la intersección, en el caso de que los tráficos aumenten fuera de sus márgenes de capacidad.</p>
Seguridad	<p>Las RM resultan marcadamente más seguras para el automóvil que el resto de las intersecciones a nivel, mostrando reducciones de accidentes entre el 40% y el 70% tras su construcción, y porcentajes que se elevan hasta el 90% cuando se consideran únicamente los accidentes mortales.</p> <p>La reducción en el número y la gravedad de los accidentes de automóvil que experimenta una intersección tras la construcción de una RM, se debe fundamentalmente a sus características ya mencionadas.</p>
Paisajismo	<p>Finalmente, una ventaja clara de las RM frente a otro tipo de intersecciones es que permiten un tratamiento paisajístico o monumental mediante la utilización de su espacio y, concretamente, de su isleta central.</p>

Tabla 5.1 – Ventajas de la utilización de RM.

(Fuente: Dirección General de Transporte (1989). *Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas*. Editorial: Comunidad de Madrid. Pág. 26 a Pág.32).

5.1.4 Limitaciones

Aun cuando las RM aparezcan como una de las mejores y más sugestivas soluciones de que dispone el proyectista para resolver cierto tipo de intersecciones, conviene exponer también sus limitaciones.

- Desde el punto de vista del tráfico, las RM suponen la pérdida de prioridad de todas las vías que en ellas confluyen, imponen un cierto retraso a todos los conductores y no permiten el establecimiento de jerarquías viarias en su funcionamiento.
- Desde el punto de vista del transporte público, las RM no permiten una regulación especial y plantean el problema de la localización de las paradas de autobuses, que resultan inconvenientes tanto inmediatamente antes de una entrada como inmediatamente después.
- Desde el punto de vista de los peatones, su principal inconveniente es que se traducen en un alargamiento de los recorridos a pie, ya que la travesía de la calzada anular está totalmente desaconsejada, y los itinerarios peatonales deben seguir una trayectoria circular más larga.

(Fuente: Dirección General de Transporte (1989). Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas. Editorial: Comunidad de Madrid. Pág. 33).

5.2 Elementos de una RM.

A continuación, en la Tabla 5.2 se presenta una descripción de cada uno de los elementos de una RM, los cuales deben analizarse en cada situación para un correcto diseño.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
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 RM.
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 elevada	La zona elevada en el centro de una RM, 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.
Plataforma de circulación, Anillo, Calzada anular	Plataforma curvada de un sentido usada por los vehículos para viajar en sentido anti horario alrededor de la isleta central.
Delantal de camiones	Parte curvada de la isleta central adyacente a la plataforma circulatoria. Se la requiere para acomodar las huellas de las ruedas traseras de grandes vehículos.
Carril de desvío, Bypass giro a la derecha	Carril de giro derecha que se desvía de la RM, físicamente separado de la plataforma circulatoria. Los carriles de desvío no intersectan la rotonda y no tienen conflictos de tránsito.
Línea de Ceda el Paso	Línea marcada en el pavimento que separa el tránsito que se aproxima a la RM del tránsito ya en la calzada circulatoria.
Cruces peatonales	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 RM proveen la opción de viajar a través de ella montado en 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 RM 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.

Tabla 5.2 – Descripción de los elementos de una RM.

(Fuente: DNV- Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial. (2010). Pág. 70 a Pág. 71).

En la Figura 5.2 se indican cada uno de los elementos que forman parte de una RM.



Figura 5.2 – Elementos que forman parte de una Rotonda Moderna.

(Fuente: DNV- Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial. (2010). Pág. 70).

5.3 Capacidad en Rotondas Modernas (RM)

En las RM se sustituye el concepto global de “capacidad de la intersección” por “capacidad de una entrada”.

El abandono del concepto de capacidad global de una RM se produjo tras el descubrimiento de que la calzada anular no se comportaba como una serie de tramos de trenzado, sino que se comportaba como

una suma de intersecciones en “T”. En cada una de éstas intersecciones en que se descompone la RM, existen dos magnitudes de tránsito interrelacionadas: por una parte, el tránsito que circula por el anillo y por otra, el tránsito entrante. Dicha relación se supone inversa, ya que (considerando invariables las características geométricas de la intersección y se mantiene la prioridad al tránsito anular) resulta evidente que a medida que aumenta el tránsito circulante por el anillo, debe disminuir el máximo que podría incorporarse en una entrada.

De acuerdo con lo indicado, los métodos de cálculo de la capacidad de una entrada se basan en la obtención de una fórmula o sistema de ábacos que represente la relación inversa entre éstas dos variables. Existen básicamente dos tipos de métodos, los que tratan de establecer los parámetros de esta relación de forma empírica y los que intentan hacerlo a través de distintos modelos teóricos de tipo probabilístico.

(Fuente: Dirección General de Transporte (1989). Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas. Editorial: Comunidad de Madrid. Pág. 43).

5.3.1 Los métodos empíricos

Se ha seleccionado para su exposición el método inglés. Se elige éste método por tratarse de la técnica probablemente más afinada de las existentes, dada la larga experiencia e investigación inglesa.

5.3.1.1 El método del TRRL¹

Este método parte de la hipótesis de que la relación entre los dos tráficos, el que circula por el anillo y el entrante (ver Figura 5.3), es una relación lineal o casi lineal, del tipo:

$$Q_e = K * (F - f_c * Q_c) \quad (5.1)$$

Donde:

- Q_e es la capacidad de una entrada, en $[veh/h]$.
- Q_c es el tráfico que circula por el anillo, en $[veh/h]$.
- K, F y f_c son parámetros dependientes de las características geométricas de la entrada y de la glorieta.

¹ Método del TRRL (Transport Road and Research Laboratory).

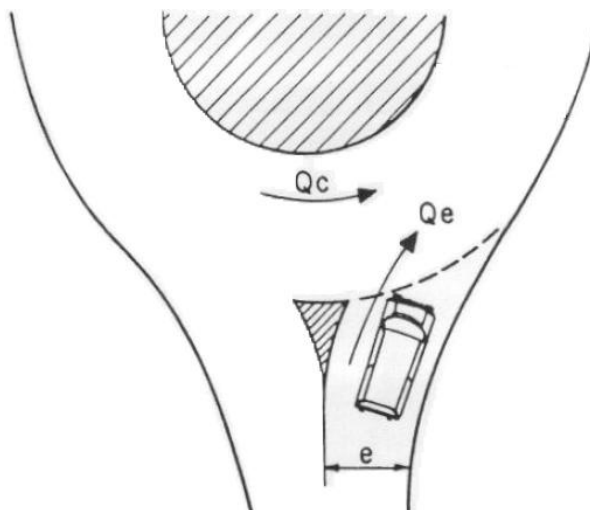


Figura 5.3 – Conflicto entre el tránsito que circula por el anillo y el tránsito que desea ingresar a la RM.
(Fuente: MOPU. Recomendaciones sobre glorietas. Tecnología carreteras MOPU. Mayo 1989. Pág. 10).

Para el cálculo de las constantes K, F y f_c de la ecuación (5.1) se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$K = l - 0.00437 * (\phi - 30) - 0.978 * \left(\frac{l}{r} - 0.05\right) \quad (5.2)$$

$$F = 303 * x^2 \quad (5.3)$$

$$f_c = 0.210 * t * (l + 0.2 * x^2) \quad (5.4)$$

$$t = 1 + \frac{0.5}{(1 + M)} \quad (5.5)$$

$$M = \exp\left[\frac{(D-60)}{10}\right] \quad (5.6)$$

$$x = V + \frac{(e - V)}{(l + 25)} \quad (5.7)$$

$$S = 1.6 * \frac{(e - V)}{l} \quad (5.8)$$

Donde:

- e : ancho de la entrada [m].
- V : mitad de la anchura de la vía de aproximación [m].
- l : longitud media efectiva del abocinamiento en la entrada [m].
- S : agudeza del abocinamiento.
- D : diámetro del círculo inscripto, en [m].
- ϕ : ángulo de entrada, en grados sexagesimales.
- r : radio de entrada [m].

La definición de cada uno de los parámetros se presenta en la Tabla 5.3 y se indican gráficamente en la Figura 5.4.

Parámetros clave de diseño de la RM

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
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, desde la cara del cordón en el lado derecho hasta el cordón de la isleta partidora, o línea del 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 inscripto. 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, l'.	Típicamente, la mitad de la distancia entre V y E. En esta distancia, el ancho de la calzada de aproximación iguala el promedio de V y E. El abocinamiento debe desarrollarse uniformemente y evitar un quiebre brusco donde comienza el abocinamiento. La longitud total del abocinamiento es el doble que la longitud efectiva de abocinamiento.
Radio de entrada, r.	El radio de entrada es el radio mínimo de curvatura del cordón exterior en una aproximación de entrada.
Ángulo de entrada, ϕ.	El ángulo ϕ (Phi) representa el ángulo de conflicto entre las corrientes de tránsito entrante y circulante.
Diámetro círculo inscripto, D.	El diámetro del círculo inscripto 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.

Tabla 5.3 – Descripción de los parámetros clave para el diseño de una RM.

(Fuente: DNV- Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial. (2010). Pág. 71 a Pág. 72).

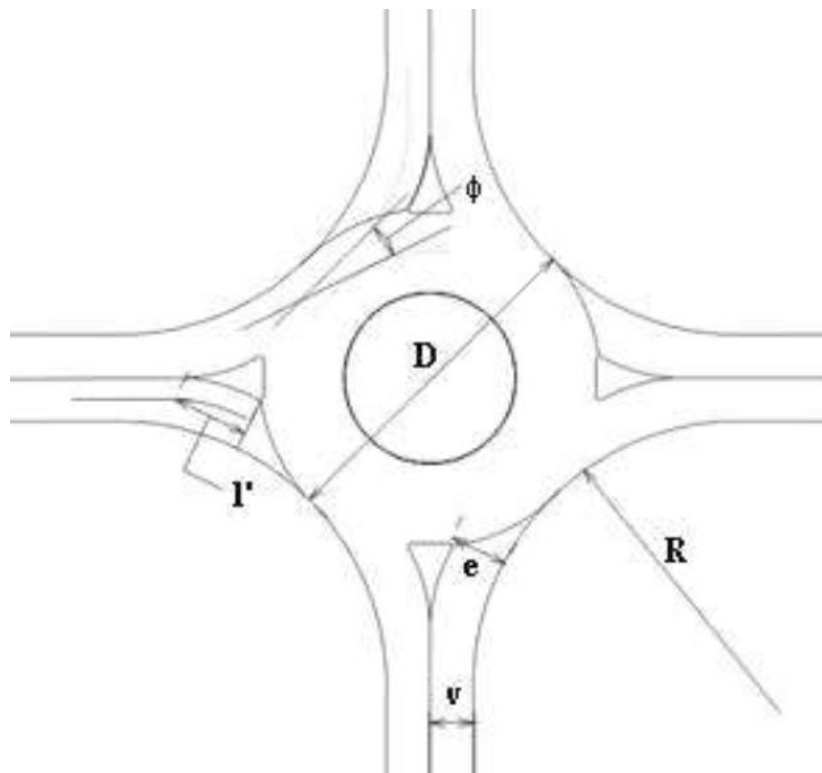


Figura 5.4 – Parámetros geométricos básicos para el cálculo de la capacidad por el Método TRRL.

(Fuente: Torres, A. (2015). Análisis y comparación de criterios de diseño geométrico en las rotondas modernas (Tesis de pregrado en Ingeniería Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú. Pág. 19).

5.4 Recomendaciones sobre capacidad

Como se ha visto, el cálculo de capacidad de una RM, o de una de sus entradas, no resulta nada sencillo. De hecho, existen diferentes aproximaciones al tema que desembocan en ábacos o fórmulas también diferentes.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que, en todos los métodos existentes influye de alguna forma el comportamiento de los conductores, lo que no hace recomendable la importación de fórmulas de otros países, sin alguna contrastación.

No obstante, la coincidencia que en cuanto a órdenes de magnitud se observa en la mayoría de los métodos extranjeros en uso y el hecho de que, en todo caso, la aplicación de estos supondría contar con una reserva de capacidad sobre la teórica, animan a recomendar al proyectista un procedimiento que le permita orientarse en esa cuestión, utilizando con cierta prudencia los métodos extranjeros.

(Fuente: Dirección General de Transporte (1989). Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas. Editorial: Comunidad de Madrid. Pág. 55 a Pág. 56).

5.5 Requerimientos de datos

El método de análisis descrito en la Sección 5.3.1.1 requiere la especificación de volúmenes de tránsito para cada aproximación a la rotonda, incluyendo el índice de flujo por cada movimiento direccional.

Los datos de volumen de tránsito para una rotonda urbana deben colectarse para cada movimiento direccional por lo menos en los períodos pico de la mañana y de la noche, dado que los diferentes

movimientos, y así los volúmenes de aproximación (entrada a la RM) y circulación, pueden tener picos en tiempos diferentes.

Para las RM los datos de flujo de tránsito que interesan en cada aproximación son el volumen entrante (Q_e) y el volumen circulante (Q_c).

- Q_e : suma de los movimientos directo y giros izquierda y derecha de cada aproximación.
- Q_c : suma de los vehículos de diferentes movimientos que pasan en frente de la adyacente isleta partidora corriente arriba.

Los giros derecha se incluyen en los volúmenes de aproximación y requieren capacidad, pero no se incluyen en los volúmenes que circulan corriente abajo porque salen antes de la entrada siguiente.

Para rotondas de cuatro ramales propuestas o planteadas, pueden aplicarse las siguientes ecuaciones para determinar los índices de flujo conflictivos (circulantes), como se muestra gráficamente en la Figura 5.5 siguiente:

$$V_{Este\ circ.} = V_{Oeste; VI} + V_{Sur; VI} + V_{Sur; F} \quad (5.12)$$

$$V_{Oeste\ circ.} = V_{Este; VI} + V_{Norte; VI} + V_{Norte; F} \quad (5.13)$$

$$V_{Norte\ circ.} = V_{Este; VI} + V_{Este; F} + V_{Sur; VI} \quad (5.14)$$

$$V_{Sur\ circ.} = V_{Oeste; VI} + V_{Oeste; F} + V_{Oeste; VD} + V_{Norte; VI} + V_{Norte; F} + V_{Este; VI} \quad (5.15)$$

Donde:

- VI: vueltas a la izquierda.
- VD: vueltas a la derecha.
- F: pasante a través de la RM.

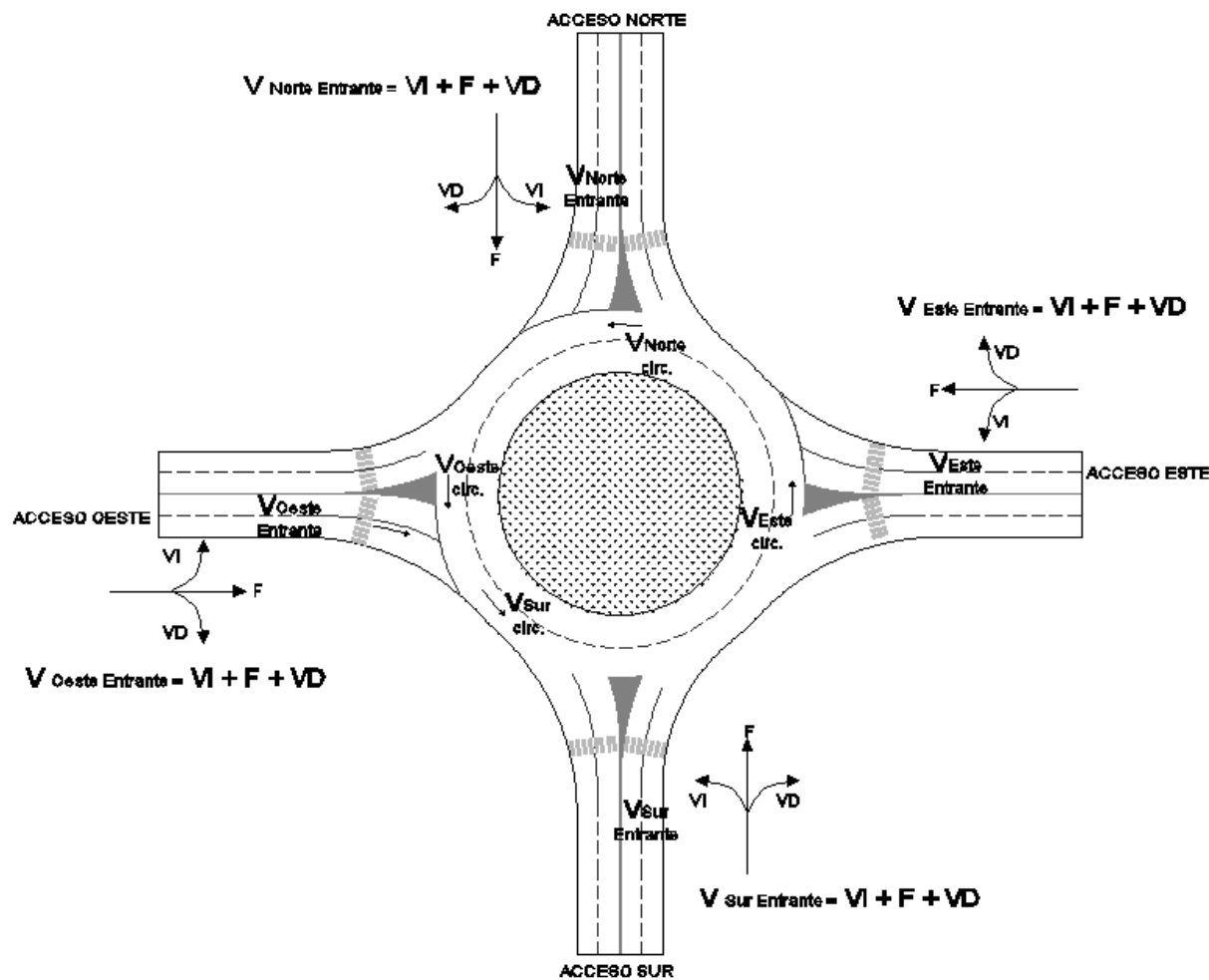


Figura 5.5 – Volúmenes necesarios para el cálculo de los volúmenes circulantes (Q_c) en la RM.

En tanto este método es matemáticamente correcto, es algo sensible a errores e incoherencias en los datos de entrada. Como mínimo debiera chequearse la suma de los volúmenes que entran y salen, y debieran hacerse ajustes necesarios para asegurar que sea igual la cantidad de tránsito que entra y deja la RM.

(Fuente: Administración Federal de Vialidad – EUA. Rotondas Modernas: Guía informativa. Traducción: Francisco Justo Sierra. Ingeniero Civil UBA Managua. Junio 2006. Pág. 83-85).

5.6 Procedimiento de análisis del comportamiento de una RM

El procedimiento para garantizar un diseño adecuado en un proyecto de una RM sería el siguiente:

1. Obtener o estimar los tráficos en torno a cada entrada (el que circula por el anillo delante de la entrada, Q_c , y el tráfico entrante, Q_e) para el año horizonte de proyecto.
2. Comprobar si el tránsito esperado es inferior al tránsito obtenido aplicando la fórmula del TRRL (5.1):

$$Q_e = K * (F - f_c * Q_c)$$

(Donde todos los tráficos se miden en vehículos por hora), resulta una capacidad en la entrada, Q_e ,

- Si dicha capacidad de entrada es superior al tránsito de entrada previsto, se debe realizar el análisis de comportamiento (Grado de saturación, demora y longitud de fila) y podría adoptarse una geometría de glorieta con accesos y anillos como se supuso para el cálculo.
- En el caso de que la capacidad de entrada hallada mediante la fórmula (5.1), fuera inferior al tráfico de entrada previsto, debería procederse a recalcularla modificando los parámetros clave de diseño de la rotonda, hasta llegar a una capacidad suficiente para el tráfico de entrada previsto al año de horizonte de proyecto.²

(Fuente: Dirección General de Transporte (1989). Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas. Editorial: Comunidad de Madrid. Pág. 56 a Pág. 57).

5.7 Análisis de comportamiento

Para estimar el comportamiento de un dado diseño de RM, típicamente se usan tres medidas:

- Grado de Saturación;
- Demora;
- Longitud de fila.

Cada medida da una única perspectiva sobre la calidad del servicio al cual una RM se comportará bajo un dado conjunto de condiciones de tránsito y geométricas. El análisis debería estimar tantos de estos parámetros como fuese posible para obtener la más amplia evaluación sobre el comportamiento de una RM dada. En todos los casos debe obtenerse una estimación de capacidad para una entrada, antes de poder calcular una medida específica de comportamiento.

(Fuente: Administración Federal de Vialidad – EUA. Rotondas Modernas: Guía informativa. Traducción: Francisco Justo Sierra. Ingeniero Civil UBA Managua. Junio 2006. Pág. 91).

5.7.1 Grado de saturación

La relación volumen-capacidad (grado de saturación) es una comparación de la demanda en la entrada de la RM con la capacidad de la misma y proporciona una evaluación directa de la eficacia de un diseño dado. Para un carril determinado, la relación volumen-capacidad, x , se determina dividiendo la capacidad calculada del carril por su tasa de demanda, como se muestra en la Ecuación (5.9).

$$x = \frac{V}{c} \quad (5.9)$$

² Una forma eficaz de aumentar considerablemente la capacidad real de una rotonda es dotarla de ramales de giro a la derecha, fuera de la calzada anular. De esta manera, se reduce el tráfico circulante y la capacidad se ve favorecida. Concepto desarrollado en Sección 5.8 del presente Anexo.

Donde:

- V : volumen, $[veh/h]$
- C : capacidad $[veh/h]$

Mientras que el HCM no define un estándar para la relación volumen a capacidad, la experiencia internacional sugiere que las tasas de volumen-capacidad en el rango de 0.85 a 0.90 representan un umbral aproximado para un funcionamiento satisfactorio. Cuando el grado de saturación supera este rango, la operación de la rotonda probablemente se deteriore rápidamente.

(Fuente: Administración Federal de Vialidad – EUA. Rotondas Modernas: Guía informativa. Traducción: Francisco Justo Sierra. Ingeniero Civil UBA Managua. Junio 2006. Pág. 92).

5.7.2 Demoras

La demora es un parámetro estándar para medir el comportamiento de una intersección.

Hay dos componentes de las demoras experimentadas en las RM: de fila y geométricas. La de fila es la demora de los conductores que esperan hasta aceptar un claro en el tránsito circulante. La geométrica es:

- La demora de los conductores para desacelerar hasta la velocidad de maniobra, seguir a través de la RM y después acelerar hasta la velocidad normal de operación.
- La demora de los conductores para desacelerar hasta detenerse en el extremo de la fila y, después de aceptar un claro, acelerar hasta la velocidad de maniobra, siguiendo a través de la RM y luego finalmente acelerar más para alcanzar la velocidad normal de operación.
- Excluye el tiempo para esperar un claro aceptable.

En la mayoría de los casos, puede ser deseable considerar la demora total, por ejemplo, cuando los resultados se requieran para una comparación con semáforos o en un análisis económico. La demora total es la suma de la demora de fila y la demora geométrica. La demora se calcula mediante la Ecuación (5.19).

$$d = \frac{3600}{c} + 900 * T * \left[x - 1 + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{(3600)}{c} * x} \right] + 5 * \min[x, 1] \quad (5.10)$$

Donde:

- d : promedio de control de demora $[s/veh]$
- x : relación de volumen a la capacidad del carril
- c : capacidad del carril $[veh/h]$
- T : período de tiempo, ($T = 1$ para 1 hora, $T = 0.25$ para 15 minutos)

(Fuente: Administración Federal de Vialidad – EUA. Rotondas Modernas: Guía informativa. Traducción: Francisco Justo Sierra. Ingeniero Civil UBA Managua. Junio 2006. Pág. 92).

5.7.3 Nivel de Servicio (NS)

El HCM define calidad de servicio como cuán bien funciona una instalación de transporte o servicio desde la perspectiva de un viajero. Y define los Niveles de Servicio (NS) como una estratificación cuantitativa de una medida del funcionamiento o medidas que representan la calidad del servicio.

Como señala la Tabla 5.4, se asigna NS F si la relación de volumen-capacidad de un carril es superior a 1.0 independientemente del control de la demora. Para evaluar los NS en la aproximación y en la intersección, los NS se basan únicamente en el control de demora.

CONTROL DE DEMORA [s/veh]	NIVEL DE SERVICIO POR LA RELACIÓN VOLUMEN-CAPACIDAD	
	$\frac{V}{c} \leq 1.0$	$\frac{V}{c} > 1.0$
≤10	A	F
>10-20	B	F
>20-35	C	F
>35-55	D	F
>55-80	E	F
>80	F	F

Tabla 5.4 – Criterios de Niveles de Servicio.

(Fuente: US Department of Transportation, Federal Highway Administration (2011)).

5.7.4 Longitud de fila

La longitud de cola es aquel parámetro que permite medir el flujo de saturación en cada intersección, por tal motivo es importante al evaluar la adecuación del diseño geométrico de las aproximaciones de la rotonda. La duración estimada de una cola también proporciona información adicional sobre las prestaciones de funcionamiento de una RM. La cola de 95 percentil de un carril en una aproximación determinada se calcula utilizando la Ecuación (5.11).

$$Q_{95} = 900 * T * \left[x - 1 + \sqrt{(1 - x)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c}\right) * x}{150 * T}} \right] * \left(\frac{c}{3600}\right) \quad (5.11)$$

Donde:

- Q_{95} : cola de 95 percentil [veh]
- x : relación de volumen y capacidad del carril
- c : capacidad del carril [veh/h]
- T : período de tiempo [h] ($T = 1$ para 1 hora).

(Fuente: Administración Federal de Vialidad – EUA. Rotondas Modernas: Guía informativa. Traducción: Francisco Justo Sierra. Ingeniero Civil UBA Managua. Junio 2006. Pág. 94 a Pág. 95).

5.8 Carril auxiliar para giro a la derecha

Una de las formas de mejorar el rendimiento de las rotondas es la construcción de un carril auxiliar de giro a la derecha, que une una entrada con la siguiente salida, a la que se incorporan los vehículos que realizan el movimiento cediendo la prioridad.

Este tipo de elementos tienen como función facilitar este movimiento, evitando el paso de estos vehículos por la plataforma circulatoria. Su construcción se justifica cuando el porcentaje de giros es importante y se presentan problemas de capacidad en la rotonda.

Si bien este carril especial podría separarse solamente con demarcación, se recomienda separar físicamente los ramales de giro a la derecha de la calzada anular en todo su desarrollo, mediante isletas de anchura mayor o igual a 2 metros.

El ancho del carril auxiliar se fijará en función de su radio interno y del vehículo tipo.

Los problemas principales que plantean estos carriles auxiliares son:

- Conflictos en su incorporación al ramal de salida, en un punto en que los vehículos salientes de la rotonda aumentan su velocidad. De ahí la recomendación de carriles de aceleración o la alternativa de recomendar que su incorporación se produzca antes de los 50 metros para evitar velocidades excesivas.
- Suelen complicar la ubicación de los pasos peatonales.
- Necesitan de una señalización compleja, no siempre de fácil comprensión.

(Fuente: Administración Federal de Vialidad – EUA. Rotondas Modernas: Guía informativa. Traducción: Francisco Justo Sierra. Ingeniero Civil UBA Managua. Junio 2006. Pág. 170).

6 Anexo VI

6.1 Tabla 6.1- Evolución de la Demora (nivel de servicio) para cada uno de los años del período de diseño.

AÑO		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
ACCESO		AÑO																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ACCESO NORTE	VD [Veh/h]	414	414	419	425	430	436	442	448	454	460	467	473	480	487	494	501	509	516	524	532	540
	F [Veh/h]	43	43	44	45	46	47	49	50	51	52	54	55	56	58	59	61	62	64	65	67	69
	VI [Veh/h]	172	172	176	181	185	190	195	199	204	210	215	220	226	231	237	243	249	255	262	268	275
	Qc [Veh/h]	1589	1589	1617	1645	1675	1704	1735	1767	1799	1832	1866	1900	1936	1973	2010	2048	2088	2128	2169	2211	2255
	Qe [veh/h]	629	629	640	651	662	673	685	697	709	722	735	748	762	776	790	805	820	835	851	867	884
	Qe máx [veh/h]= c [veh/h]	1564	1564	1543	1522	1500	1477	1454	1431	1406	1382	1356	1330	1303	1276	1248	1219	1190	1159	1128	1097	1064
	x	0.40	0.40	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.61	0.63	0.66	0.69	0.72	0.75	0.79	0.83
	T [para 1 hora]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demora [seg/veh]	5.9	5.9	6.1	6.3	6.5	6.8	7.0	7.3	7.7	8.1	8.5	9.0	9.6	10.2	11.0	11.9	13.1	14.6	16.6	19.3	23.3	
ACCESO ESTE	VD [Veh/h]	209	209	214	220	225	231	236	242	248	255	261	268	274	281	288	295	303	310	318	326	334
	F [Veh/h]	1411	1411	1438	1465	1493	1522	1552	1582	1613	1645	1677	1711	1745	1780	1816	1853	1891	1929	1969	2010	2052
	VI [Veh/h]	36	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	50	51	52	53	55	56	58
	Qc [Veh/h]	554	554	559	565	571	576	582	588	595	601	608	614	621	628	635	643	650	658	666	674	683
	Qe [veh/h]	1656	1656	1689	1723	1757	1793	1829	1866	1904	1943	1983	2024	2066	2110	2154	2199	2246	2293	2342	2392	2443
	Qe máx [veh/h]= c [veh/h]	2326	2326	2322	2318	2314	2309	2305	2300	2296	2291	2286	2281	2276	2271	2265	2260	2254	2248	2242	2236	2230
	x	0.71	0.71	0.73	0.74	0.76	0.78	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	1.00	1.02	1.04	1.07	1.10
	T [para 1 hora]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demora [seg/veh]	8.9	8.9	9.3	9.7	10.2	10.8	11.4	12.2	13.2	14.3	15.8	17.8	20.5	24.4	30.5	40.4	56.8	81.7	114.5	153.1	195.6	
ACCESO SUR	VD [Veh/h]	355	355	355	356	356	356	357	357	358	358	358	359	359	360	360	361	361	362	362	363	363
	F [Veh/h]	214	214	214	215	215	215	215	216	216	216	217	217	217	218	218	219	219	219	220	220	221
	VI [Veh/h]	142	142	142	142	142	143	143	143	143	143	143	144	144	144	144	144	145	145	145	145	146
	Qc [Veh/h]	1472	1472	1509	1547	1585	1625	1665	1707	1750	1793	1838	1884	1931	1980	2029	2080	2132	2185	2240	2296	2353
	Qe [veh/h]	711	711	712	713	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	730
	Qe máx [veh/h]= c [veh/h]	1669	1669	1641	1613	1583	1553	1522	1491	1458	1425	1391	1356	1321	1284	1246	1208	1168	1128	1086	1044	1000
	x	0.43	0.43	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.67	0.70	0.73
	T [para 1 hora]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demora [seg/veh]	5.9	5.9	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.3	7.6	7.9	8.3	8.7	9.2	9.8	10.4	11.2	12.1	13.3	14.8	16.8	
ACCESO OESTE	VD [Veh/h]	13	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16	17	17	17	18	18	19	19	20	20	21
	F [Veh/h]	1010	1010	1035	1061	1088	1115	1143	1171	1201	1231	1261	1293	1325	1358	1392	1427	1463	1499	1537	1575	1615
	VI [Veh/h]	198	198	203	208	213	219	224	230	235	241	247	253	260	266	273	280	287	294	301	309	317
	Qc [Veh/h]	251	251	257	264	270	277	284	291	298	306	313	321	329	338	346	355	364	373	382	391	401
	Qe [veh/h]	1221	1221	1252	1283	1315	1348	1381	1416	1451	1488	1525	1563	1602	1642	1683	1725	1768	1813	1858	1904	1952
	Qe máx [veh/h]= c [veh/h]	2544	2544	2539	2534	2529	2524	2519	2514	2508	2503	2497	2491	2485	2479	2473	2466	2460	2453	2446	2439	2432
	x	0.48	0.48	0.49	0.51	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	0.61	0.63	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80
	T [para 1 hora]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demora [seg/veh]	5.1	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	7.0	7.3	7.6	7.9	8.3	8.8	9.3	9.9	10.6	11.4	

6.2 Tabla 6.2- Evolución de la Demora (nivel de servicio) para cada uno de los años del período de diseño.

AÑO		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
ACCESO		AÑO																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ACCESO NORTE	VD [Veh/h]	414	414	419	425	430	436	442	448	454	460	467	473	480	487	494	501	509	516	524	532	540
	F [Veh/h]	43	43	44	45	46	47	49	50	51	52	54	55	56	58	59	61	62	64	65	67	69
	VI [Veh/h]	172	172	176	181	185	190	195	199	204	210	215	220	226	231	237	243	249	255	262	268	275
	Qc [Veh/h]	1589	1589	1617	1645	1675	1704	1735	1767	1799	1832	1866	1900	1936	1973	2010	2048	2088	2128	2169	2211	2255
	Qe [veh/h]	629	629	640	651	662	673	685	697	709	722	735	748	762	776	790	805	820	835	851	867	884
	Qe máx [veh/h]= c [veh/h]	1564	1564	1543	1522	1500	1477	1454	1431	1406	1382	1356	1330	1303	1276	1248	1219	1190	1159	1128	1097	1064
	x	0.40	0.40	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.61	0.63	0.66	0.69	0.72	0.75	0.79	0.83
	T [para 1 hora]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demora [seg/veh]	5.9	5.9	6.1	6.3	6.5	6.8	7.0	7.3	7.7	8.1	8.5	9.0	9.6	10.2	11.0	11.9	13.1	14.6	16.6	19.3	23.3	
ACCESO ESTE	VD [Veh/h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F [Veh/h]	1411	1411	1438	1465	1493	1522	1552	1582	1613	1645	1677	1711	1745	1780	1816	1853	1891	1929	1969	2010	2052
	VI [Veh/h]	36	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	50	51	52	53	55	56	58
	Qc [Veh/h]	554	554	559	565	571	576	582	588	595	601	608	614	621	628	635	643	650	658	666	674	683
	Qe [veh/h]	1447	1447	1475	1503	1532	1562	1592	1624	1656	1689	1722	1757	1792	1828	1866	1904	1943	1983	2024	2066	2109
	Qe máx [veh/h]= c [veh/h]	2326	2326	2322	2318	2314	2309	2305	2300	2296	2291	2286	2281	2276	2271	2265	2260	2254	2248	2242	2236	2230
	x	0.62	0.62	0.64	0.65	0.66	0.68	0.69	0.71	0.72	0.74	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.95
	T [para 1 hora]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demora [seg/veh]	7.2	7.2	7.4	7.6	7.9	8.2	8.5	8.8	9.2	9.6	10.1	10.7	11.3	12.0	13.0	14.1	15.5	17.4	19.9	23.6	29.2	
ACCESO SUR	VD [Veh/h]	355	355	355	356	356	356	357	357	358	358	358	359	359	360	360	361	361	362	362	363	363
	F [Veh/h]	214	214	214	215	215	215	215	216	216	217	217	217	218	218	219	219	219	220	220	221	221
	VI [Veh/h]	142	142	142	142	142	143	143	143	143	143	143	144	144	144	144	144	145	145	145	145	146
	Qc [Veh/h]	1472	1472	1509	1547	1585	1625	1665	1707	1750	1793	1838	1884	1931	1980	2029	2080	2132	2185	2240	2296	2353
	Qe [veh/h]	711	711	712	713	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	730
	Qe máx [veh/h]= c [veh/h]	1669	1669	1641	1613	1583	1553	1522	1491	1458	1425	1391	1356	1321	1284	1246	1208	1168	1128	1086	1044	1000
	x	0.43	0.43	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.67	0.70	0.73
	T [para 1 hora]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demora [seg/veh]	5.9	5.9	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.3	7.6	7.9	8.3	8.7	9.2	9.8	10.4	11.2	12.1	13.3	14.8	16.8	
ACCESO OESTE	VD [Veh/h]	13	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16	17	17	17	18	18	19	19	20	20	21
	F [Veh/h]	1010	1010	1035	1061	1088	1115	1143	1171	1201	1231	1261	1293	1325	1358	1392	1427	1463	1499	1537	1575	1615
	VI [Veh/h]	198	198	203	208	213	219	224	230	235	241	247	253	260	266	273	280	287	294	301	309	317
	Qc [Veh/h]	251	251	257	264	270	277	284	291	298	306	313	321	329	338	346	355	364	373	382	391	401
	Qe [veh/h]	1221	1221	1252	1283	1315	1348	1381	1416	1451	1488	1525	1563	1602	1642	1683	1725	1768	1813	1858	1904	1952
	Qe máx [veh/h]= c [veh/h]	2544	2544	2539	2534	2529	2524	2519	2514	2508	2503	2497	2491	2485	2479	2473	2466	2460	2453	2446	2439	2432
	x	0.48	0.48	0.49	0.51	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	0.61	0.63	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80
	T [para 1 hora]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Demora [seg/veh]	5.1	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	7.0	7.3	7.6	7.9	8.3	8.8	9.3	9.9	10.6	11.4	

7 Anexo VII

7.1 Análisis de sensibilidad

Para poder apreciar cuanto afecta la variación en la tasa de crecimiento del tránsito adoptado, se considera una tasa de crecimiento ligeramente inferior y ligeramente superior a la adoptada en el trabajo analizando el comportamiento de la intersección en cada uno de los casos. Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 7.1 y en la Figura 7.1.

Tasa de crecimiento [%]	Demora [s]			
	Acceso Norte	Acceso Este	Acceso Sur	Acceso Oeste
2	13.43	15.90	11.39	8.89
2.1	14.58	17.35	12.12	9.27
2.2	15.99	19.17	12.97	9.71
2.3	17.79	21.55	13.99	10.20
2.4	20.13	24.74	15.22	10.76
2.5	23.34	29.17	16.76	11.42
2.6	27.96	35.55	18.72	12.19
2.7	35.15	44.92	21.31	13.11
2.8	47.31	58.53	24.92	14.24
2.9	69.47	77.08	30.23	15.67
3	108.86	100.43	38.74	17.52

Tabla 7.1- Sensibilidad de la demora en función de la tasa de crecimiento para cada uno de los accesos.

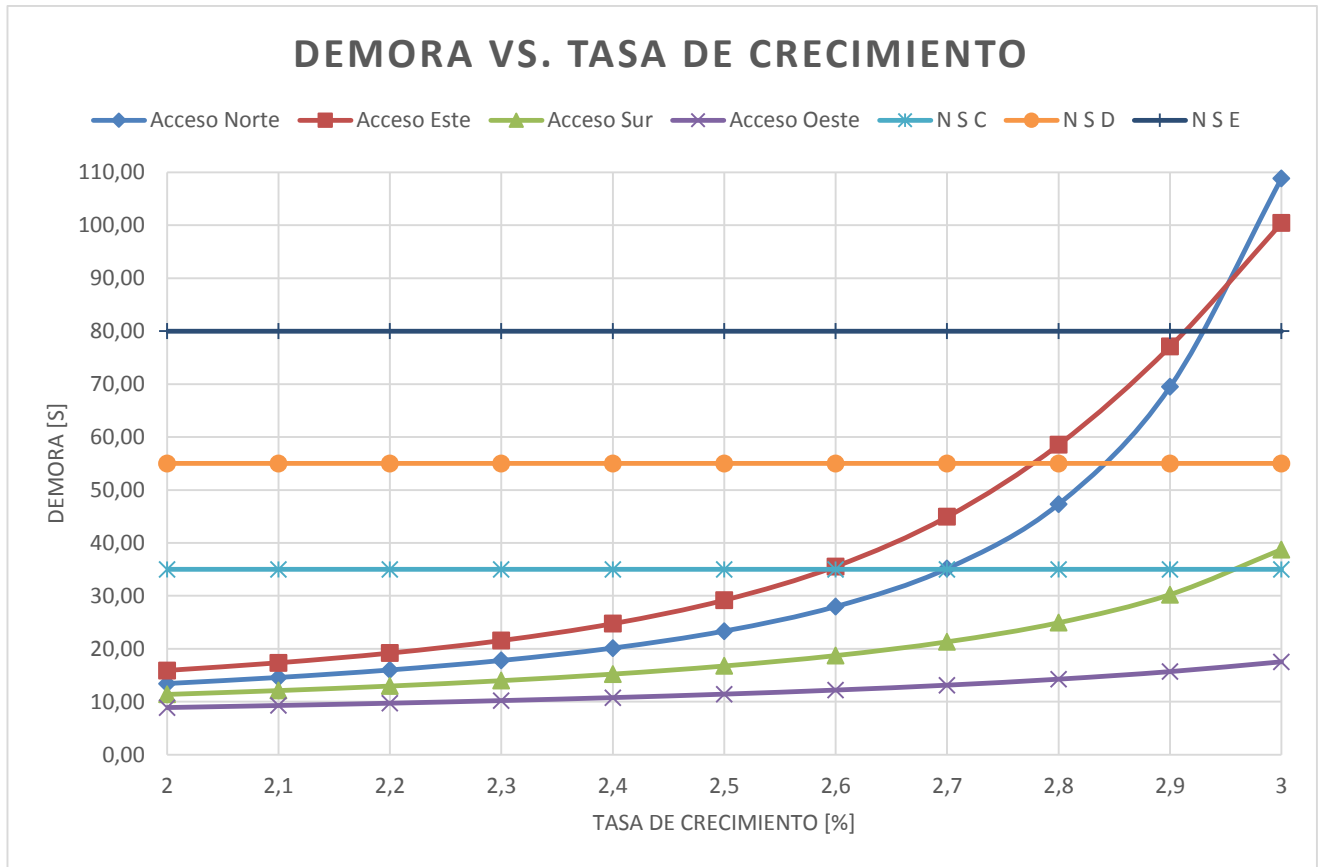


Figura 7.1- Sensibilidad de la demora en función de la tasa de crecimiento para cada uno de los accesos.

Del anterior análisis se concluye que el valor adoptado de 2.5% para la tasa de crecimiento (recomendado por Vialidad Nacional para cálculos a futuro) presenta resultados favorables. Ahora bien, si se aumenta el valor de la tasa a 2.7%, la demora aumenta, pero el nivel de servicio continúa siendo aceptable (nivel de servicio D en Acceso Este). Sin embargo, para el caso de tener una tasa de 2.9%, los resultados obtenidos no se consideran aceptables (nivel de servicio E en Accesos Norte y Este).

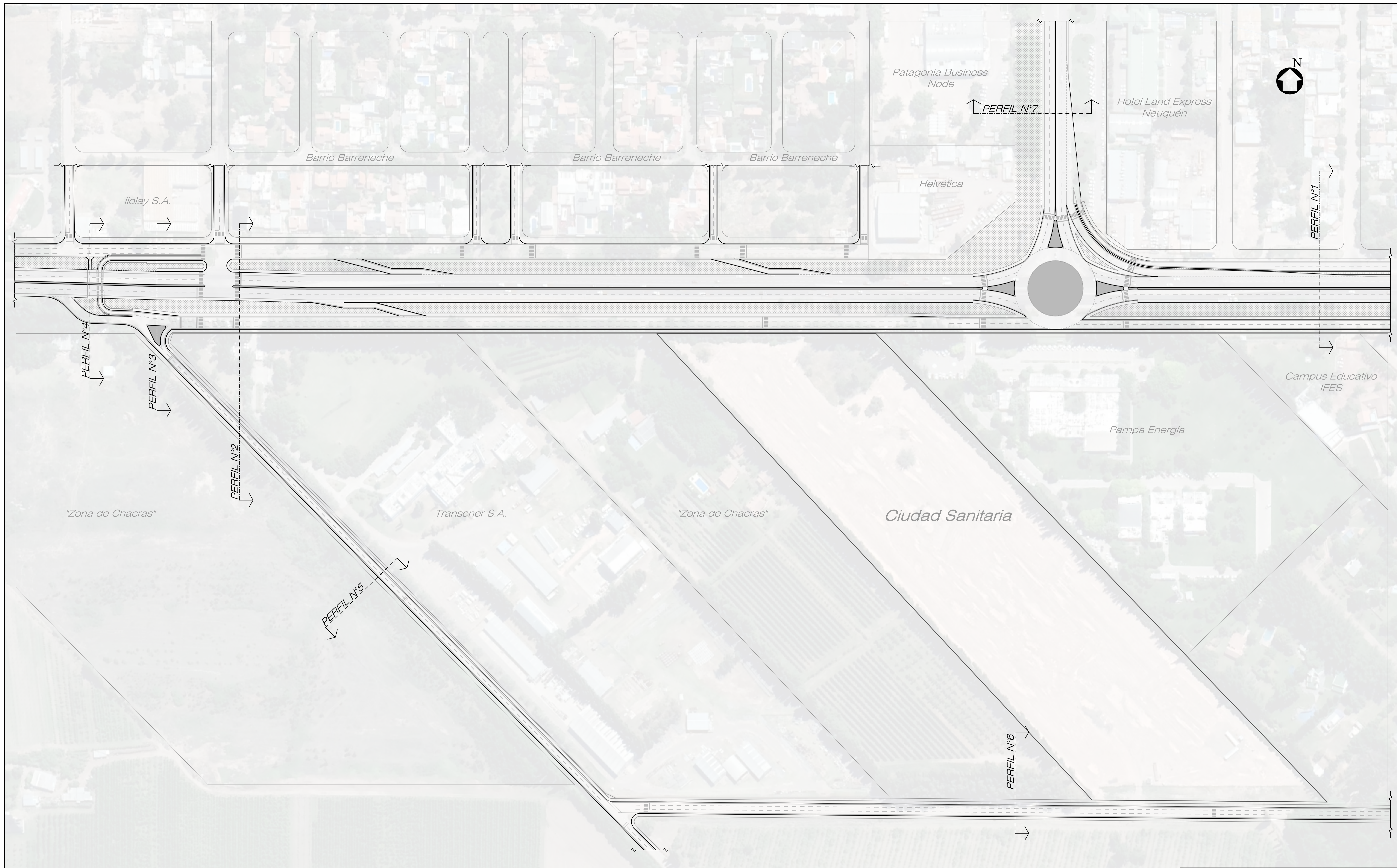
Por lo tanto, se cuenta con un margen de capacidad frente a un aumento en la tasa de crecimiento hasta un valor de 2.7%.


8 Anexo VIII

8.1 ITEMIZADO

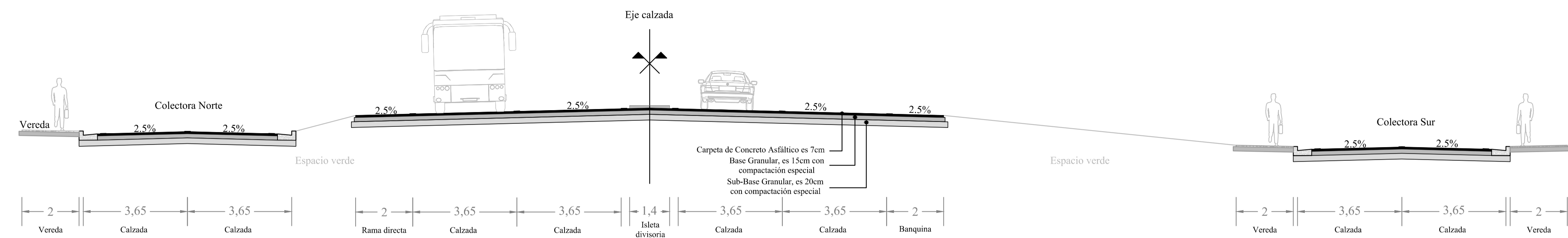
Se realiza el listado de las tareas involucradas para llevar a cabo el proyecto.

N° ITEM	DESIGNACIÓN DE LAS OBRAS	UNIDAD
1	Movilización de obra	[gl]
2	Corrimiento de postes de luz	[un]
3	Excavación no clasificada	[m3]
4	Terraplén con compactación especial	[m3]
5	Relleno con material de Subbase calcárea e= 20 cm	[m3]
6	Preparación de la Subbase	[m3]
7	Compactación de la Subbase	[m3]
8	Relleno con material de Subbase calcárea e= 15 cm	[m3]
9	Preparación de la Base	[m3]
10	Compactación de la Base	[m3]
11	Riego de imprimación	[m2]
12	Construcción de Carpeta asfáltica , e= 7 cm	[m2]
13	Demolición de cordón cuneta existente	[m]
14	Construcción de cordón cuneta y triángulos de transición H25	[m]
15	Construcción de cordón H25 (sólo el emergente)	[m]
16	Construcción de badenes de Hormigón H25	[m2]
17	Demolición de carpeta asfáltica RN 22 en zona de túnel	[m2]
18	Relleno con material de base calcárea para túnel e=50 cm	[m3]
19	Colocación de muros premoldeados de H°A° de paredes del túnel	[un]
20	Colocación de losa premoldeada de H°A° para el túnel	[un]
21	Construcción de carpeta asfáltica RN 22 en zona del túnel	[m2]
22	Señalización horizontal	[gl]
23	Señalización vertical	[gl]

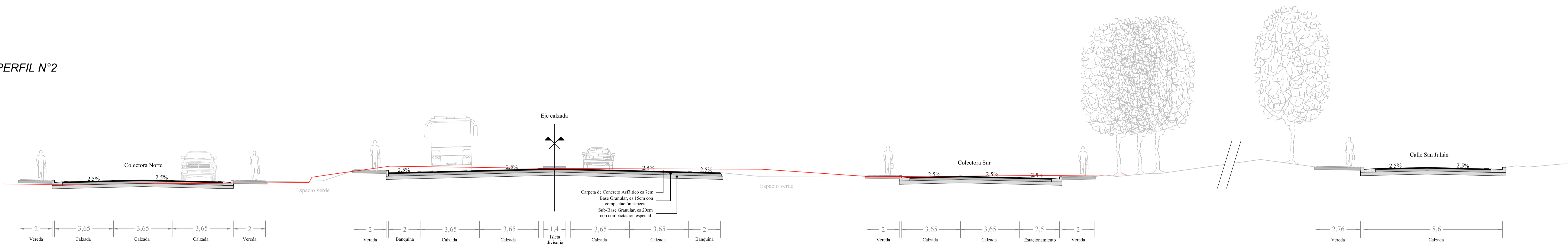


 TESIS DE GRADO - INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE FACULTAD DE INGENIERÍA		
AUTORES:	SÁNCHEZ SCHÜTZE, DÉBORA NOEMÍ, VARAS, FENANDO EMANUEL JAVIER	PLANO N°:
PLANO:	PLANIMETRÍA GENERAL	PL - 01
FECHA:	Marzo 2020	TUTOR: Ing. Luis Quidel
		ESCALA: 1 : 1000

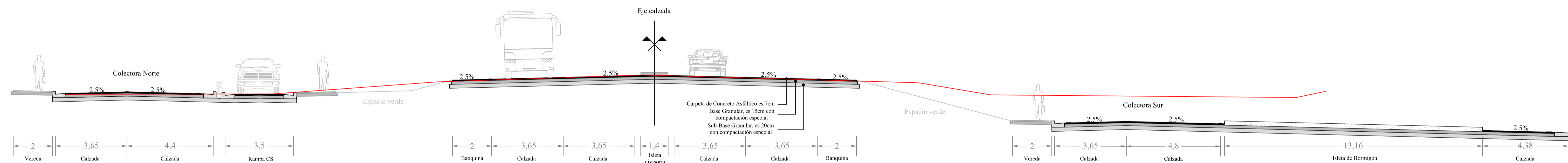
PERFIL N°1



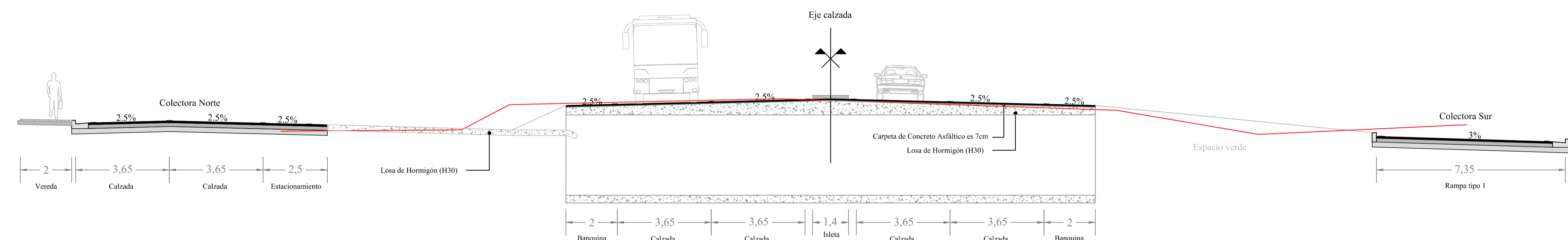
PERFIL N°2



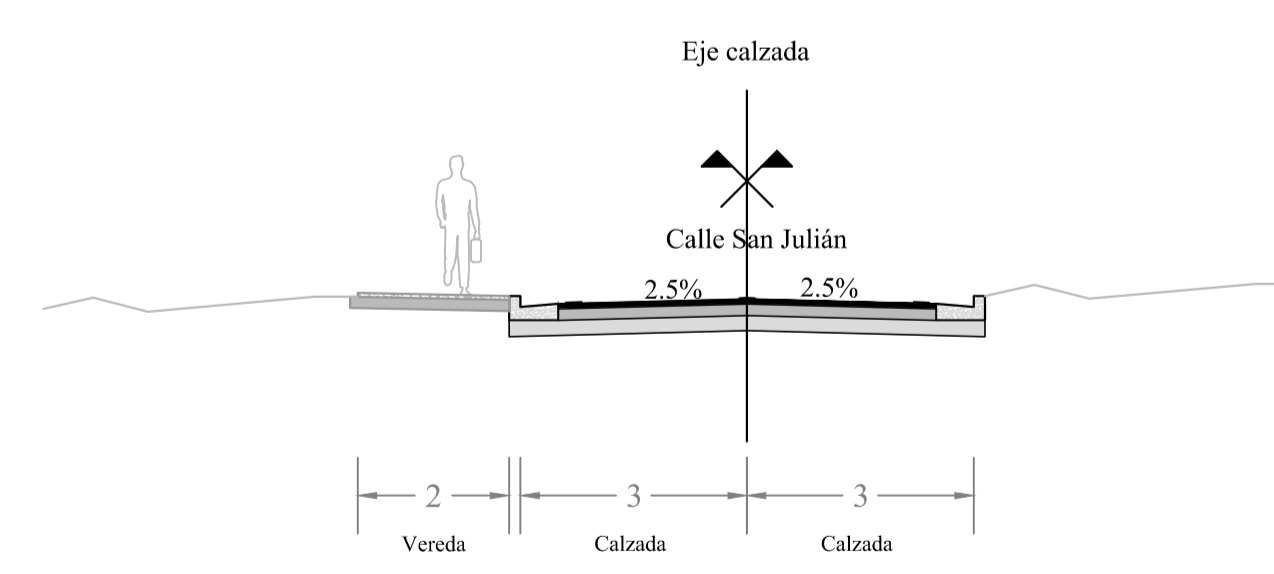
PERFIL N°3



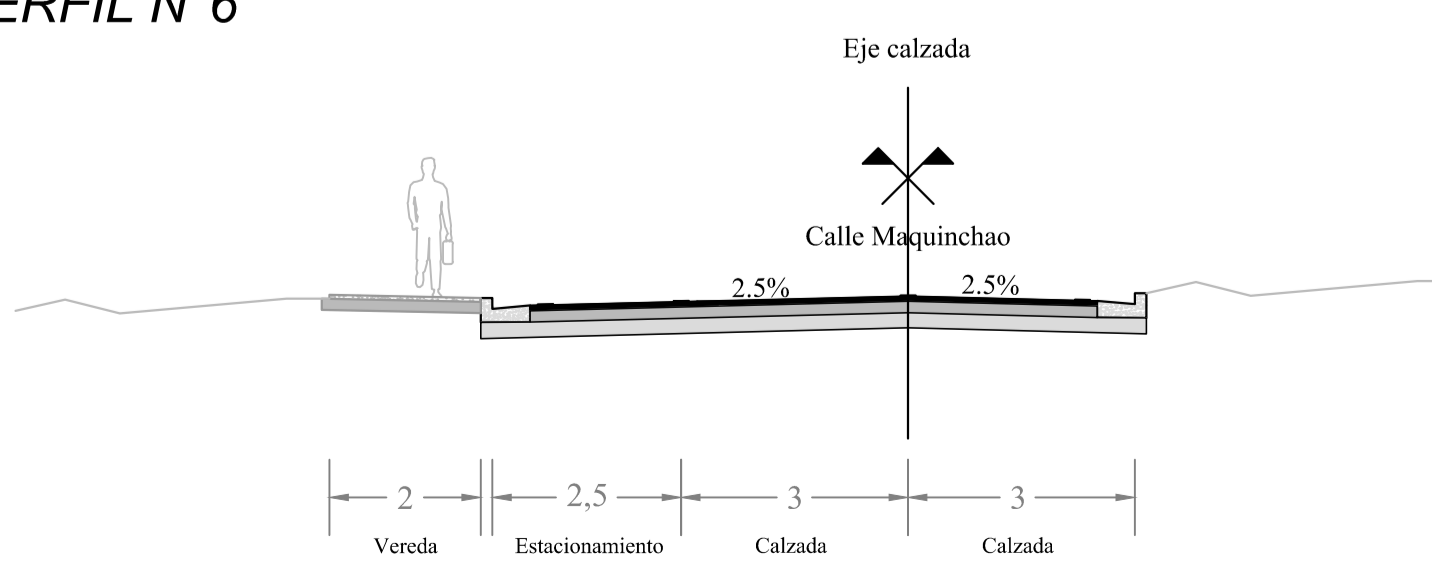
PERFIL N°4



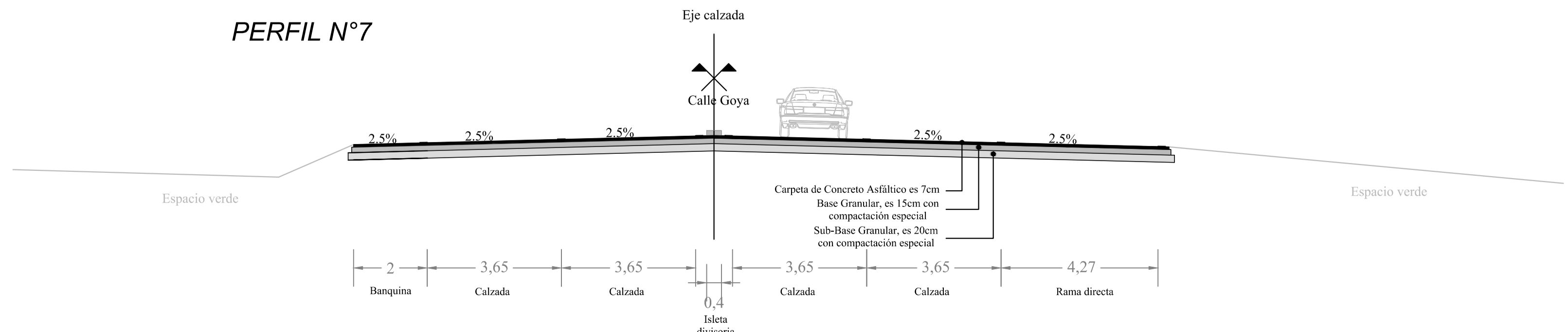
PERFIL N°5



PERFIL N°6

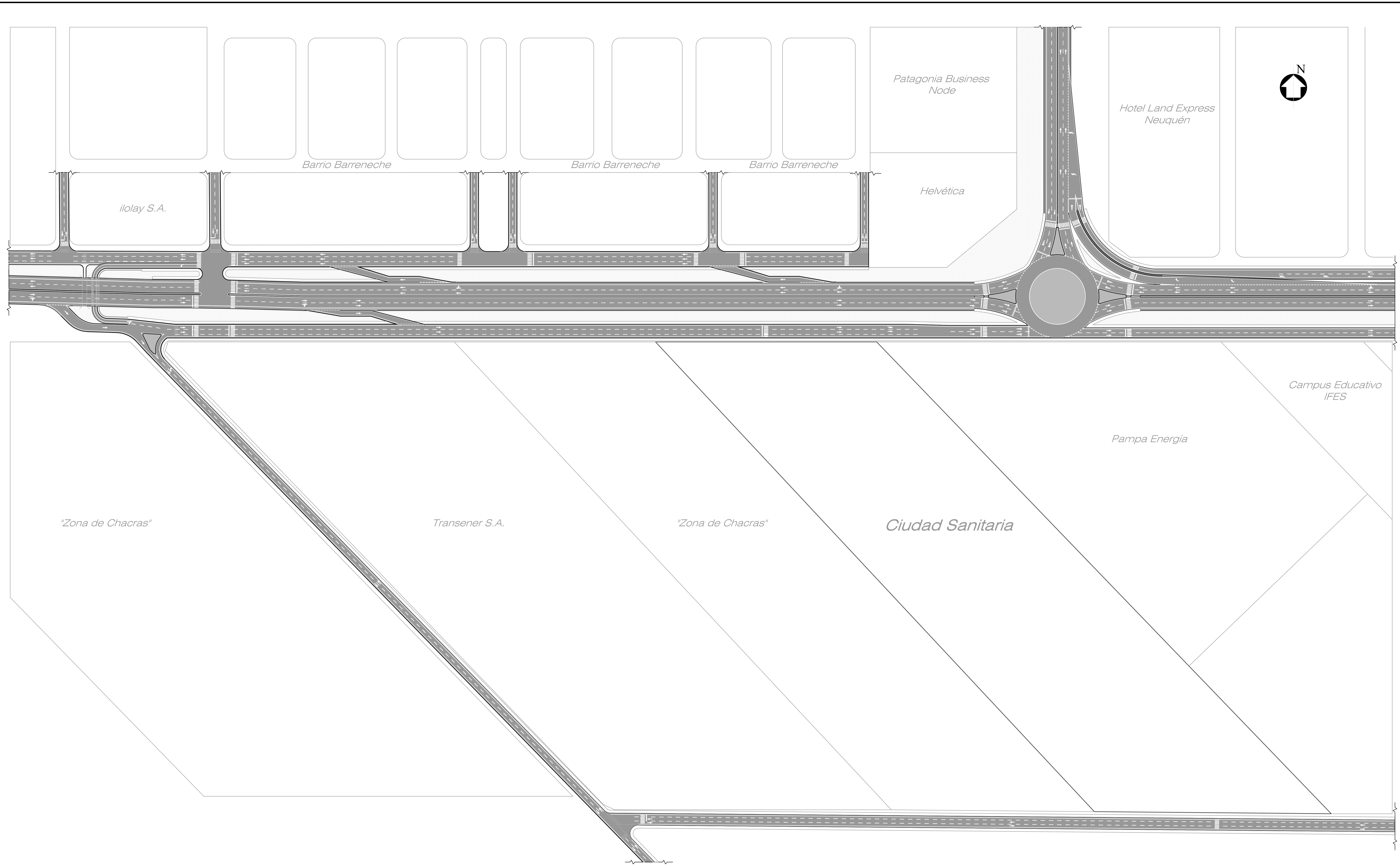



PERFIL N°7

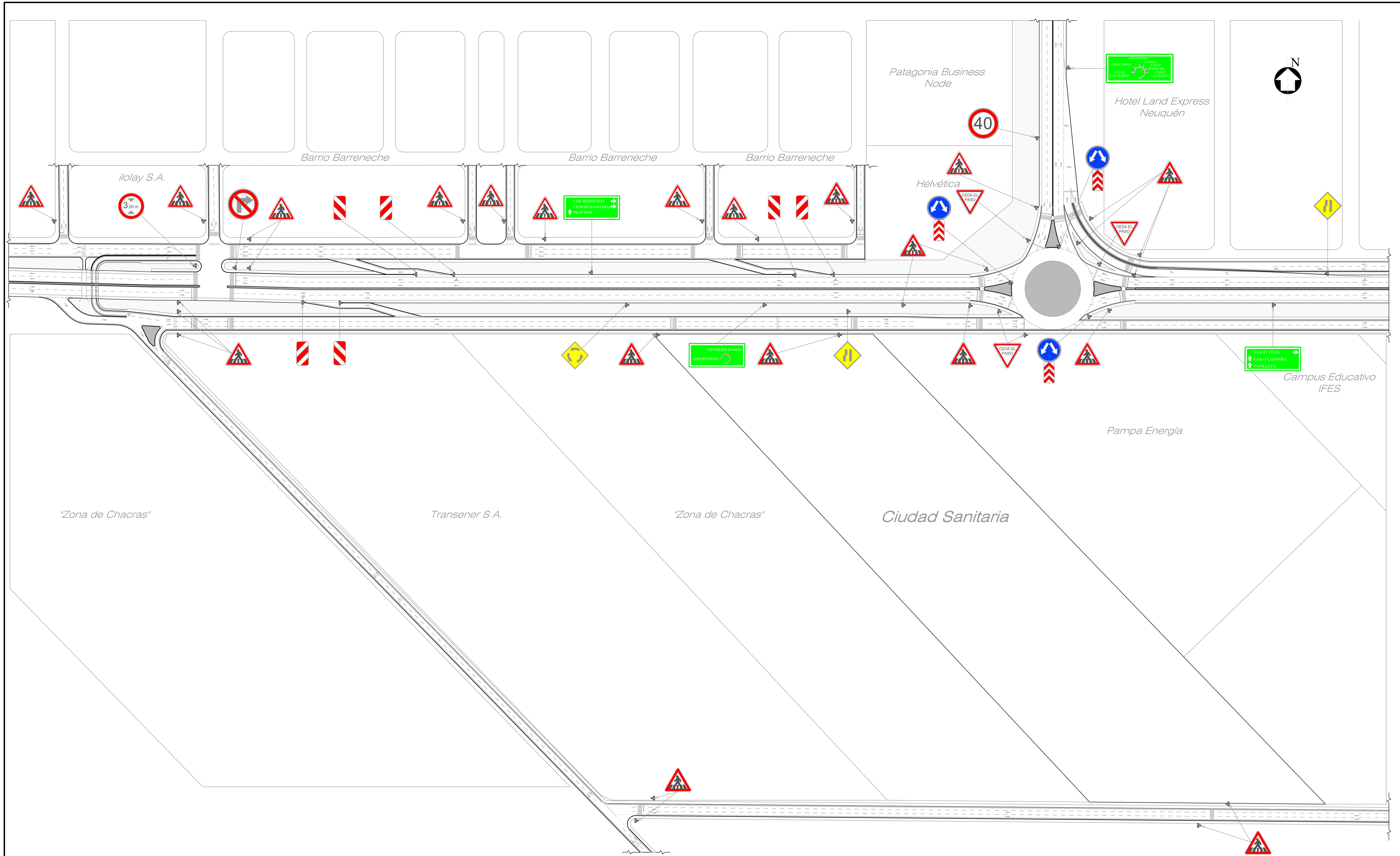



— TERRENO NATURAL

TESIS DE GRADO - INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE FACULTAD DE INGENIERÍA		
AUTORES:	SÁNCHEZ SCHÜTZE, DÉBORA NOEMÍ, VARAS, FENANDO EMANUEL JAVIER	PLANO N°:
PLANO:	PERFILES TRANSVERSALES	PL - 02
FECHA:	Marzo 2020	TUTOR:
		Ing. Luis Quidel
		ESCALA:
		1 : 100



 TESIS DE GRADO - INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE FACULTAD DE INGENIERÍA		
AUTORES: SÁNCHEZ SCHÜTZE, DÉBORA NOEMÍ, VARAS, FENANDO EMANUEL JAVIER	PLANO N°: PL - 03	
PLANO: SEÑALAMIENTO HORIZONTAL		
FECHA: Marzo 2020	TUTOR: Ing. Luis Quidel	ESCALA: 1 : 1000



 TESIS DE GRADO - INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE FACULTAD DE INGENIERÍA		
AUTORES:	SÁNCHEZ SCHÜTZE, DÉBORA NOEMÍ, VARAS, FENANDO EMANUEL JAVIER	PLANO N°:
PLANO:	SEÑALAMIENTO VERTICAL	PL - 04
FECHA:	Marzo 2020	TUTOR: Ing. Luis Quidel
		ESCALA: 1 : 1000