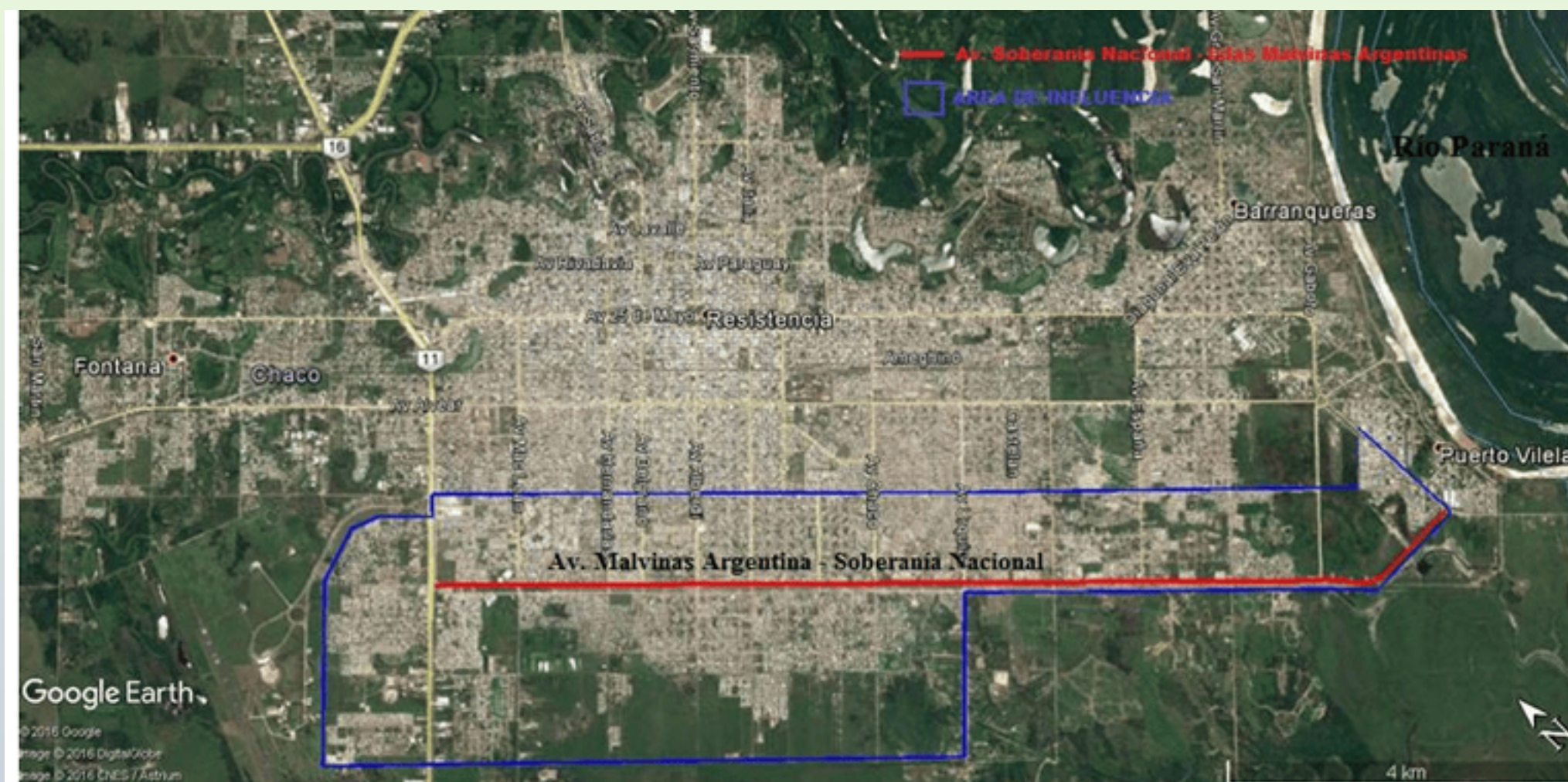


Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Ingeniería



Trabajo Final de Grado

ANTEPROYECTO DE ACONDICIONAMIENTO Y ADECUACION DE LA AVENIDA SOBERANIA NACIONAL - MALVINAS ARGENTINAS



Autores:
Juan Pablo CEBALLOS
V́ctor Andŕs COMISSO
Maximiliano Andŕs MARTINA

2017



ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1) Fundamentos y objetivos	1
1.2) Ubicación geográfica	2
1.3) Análisis demográfico	6
1.4) Situación actual	16
CAPITULO 2: TRÁNSITO	22
2.1) Generalidades	22
2.2) Determinación del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA)	22
2.3) Determinación del tránsito derivado, inducido y generado	30
2.4) Tasa de crecimiento (exponencial)	33
2.4.1) Población	34
2.4.2) Parque automotor	34
2.4.3) Consumo de combustible	35
2.4.4) TMDA	36
2.4.5) Producción	36
2.5) Análisis de accidentes en el área de estudio	38
2.5.1) Metodología de análisis	43
2.6) Conclusiones	48
CAPÍTULO 3: MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA	50
MECÁNICA DE SUELOS	50
3.1) Características generales	50
3.2) Antecedentes	50
3.3) Ensayo de Compactación Proctor	54
3.4) Correlaciones	55
3.5) Suelos mejorados con cal	59
3.6) Conclusiones del estudio de suelos	60
TOPOGRAFIA	60
3.7) Generalidades	60
3.9) Recopilación de información	61
3.9.1) Trabajo del campo	62
3.9.2) Relevamiento	66



CAPÍTULO 4: DISEÑO GEOMÉTRICO	67
4.1) Generalidades	67
4.2) Metodología	67
4.3) Factores influyentes en el diseño	68
4.4) Clasificación de la vía	69
4.5) Velocidad de diseño	74
4.6) Vehículo de diseño	75
4.7) Capacidad de la vía y niveles de servicio (NDS)	80
4.8) Alineamiento horizontal	83
4.9) Alineamiento vertical (pendientes longitudinales)	84
4.10) Características geométricas de la sección transversal y de la calzada	85
4.11) Intersecciones	87
4.11.1) Factores que influyen en la elección del tipo de intersección	88
4.11.2) Aforo: cruce con Av. McLean e ingreso a la Terminal de Ómnibus de Resistencia	89
4.11.3) Elección del tipo de intersección	92
4.12) Accesos e intercambios	94
4.13) Facilidades para los peatones	96
Verificación curva circular existente	98
CAPÍTULO 5. DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL	100
5.1) Introducción	100
5.2) Procedimiento de cálculo	101
5.2.1) Determinación de los ejes equivalentes (ESAL's)	101
5.2.2) Módulo Resiliente (Mr)	103
5.2.3) Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI)	103
5.2.4) Confiabilidad (R)	104
5.2.4) Desvío Estándar (So)	106
5.2.5) Módulo compuesto de reacción de la subrasante/base (K_{comb})	106
5.2.6) Módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (K)	107
5.2.7) Módulo de elasticidad del hormigón (Ec)	108
5.2.7) Módulo de rotura del hormigón (fr)	109
5.2.8) Coeficiente de transferencia de carga (J)	109
5.2.9) Coeficiente de drenaje (Cd)	110
5.2.10) Número estructural necesario	112



5.3) Paquete estructural propuesto	114
5.4) Verificación mediante el método de la PCA	114
5.4.1) Análisis de fatiga	117
5.4.2) Análisis de erosión	119
5.4.3) Número de repeticiones esperadas	120
5.4.4) Verificación del espesor de pavimento	121
5.5) Juntas, pasadores y barras de unión	122
5.5.1) Juntas transversales de contracción	122
5.5.2) Juntas longitudinales de contracción	124
5.5.3) Juntas transversales de construcción	126
5.6) Conclusión	128
CAPITULO 6: DRENAJE	129
6.1) Generalidades	129
6.2) Desagües de las calzadas	131
6.2.1) Método Racional.....	131
6.2.2) Cordón cuneta	135
6.2.3) Imbornales.....	138
6.2.4) Conductos de Vinculación	140
6.2.5) Conductos secundarios.....	141
6.3) Ex brazo del riacho Arazá en calle Duvivier (progresiva 4750)	142
CAPITULO 7. SEGURIDAD VIAL	145
SEÑALIZACIÓN	145
7.1) Señalización vertical	145
7.1.1) Emplazamiento de señales laterales.....	146
7.1.2) Emplazamientos de señales aéreas.....	147
7.1.3) Materiales de la señalización vertical	148
7.2) Señalización horizontal	149
7.2.1) Materialización de la señalización horizontal	150
7.2.2.1) Líneas longitudinales	150
7.2.2.2) Líneas transversales	151
SEMAFORIZACIÓN	153
7.3) Análisis de control de intersecciones	153
7.4) Determinación de los tiempos de reparto	155



7.4.1) Diseño de fases	156
7.4.2.1) Cálculo del tiempo de amarillo	156
7.4.2.2) Cálculo de volumen equivalente de los grupos de carriles	160
7.4.2.3) Determinación de los tiempos perdidos	162
7.4.2.4) Determinación del tiempo de ciclo deseado.....	163
7.4.2.5) Determinación del tiempo de verde	165
7.5) Conclusión	166
<i>ILUMINACIÓN</i>	166
7.6) Generalidades	166
7.6.1) Diseño de la iluminación vial.....	167
7.6.2) Disposición del alumbrado	171
7.6.3) Materiales.....	172
CAPITULO 8: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA	175
8.1) Generalidades	175
8.2) Cómputo y presupuesto	175
8.3) Evaluación económica	177
8.3.1) Determinación del costo de operación	178
8.3.2) Costo de operación anual	182
8.3.3) Disminución de los costos por accidentes.....	182
8.3.4) Costo social de mantenimiento	184
8.3.5) Indicadores económicos.....	184
8.4) Conclusiones	189
CAPITULO 9: OBRAS COMPLEMENTARIAS Y RECOMENDACIONES	191
OBRAS COMPLEMENTARIAS	191
RECOMENDACIONES	194



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1) Fundamentos y objetivos

El trabajo consistirá en el estudio técnico a nivel de anteproyecto, con ejes en los aspectos vial y urbanístico, de la av. Malvinas Argentinas - Soberanía Nacional y zonas aledañas existentes en la ciudad de Resistencia. Se propone realizar el análisis de dicha avenida en toda su extensión, con una longitud total de 11,7km desde la RNn°11 hasta la av. San Martín (Puerto Vilelas).

El sector del Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR) en los últimos años ha experimentado un crecimiento demográfico importante, lo que lleva aparejado un aumento del tránsito urbano e interurbano, ocasionando un deterioro y colapso de las principales vías de circulación.

Lo anteriormente expuesto, sumado a la falta de mantenimiento y regulación (señalización, iluminación, etc.), con lleva diversos problemas tales como: accidentes, riesgo de vida para los habitantes que se encuentran en las inmediaciones, tiempos de circulación elevados, daños a la mecánica de los automóviles, etc. Por ello, descongestionar la circulación en varios puntos estratégicos de la ciudad de Resistencia y favorecer la conexión intermunicipal, principalmente entre la ciudad de Resistencia y las ciudades de Puerto Vilelas y Barranqueras, son aspectos importantes que deben abordarse para acompañar el crecimiento citado precedentemente.

La avenida Malvinas Argentinas - Soberanía Nacional, que en un principio recibió el nombre de avenida Inglaterra (hasta la guerra de Malvinas) o acceso a Puerto Vilelas fue proyectada en la década del 70, en un convenio entre Dirección Nacional Vialidad, ente que financió la obra, y la Dirección Vialidad Provincial que ejecutó.

En ese entonces la avenida fue proyectada como límite sur de la ciudad de Resistencia, constituyendo la obra de defensa sur contra las crecidas del río Paraná. Sin embargo, no cumplió con el fin de límite, debido a que el crecimiento urbano continuó desarrollándose. Hace 45 años comenzó a poblarse paulatinamente la zona sur de Resistencia, incrementándose en los últimos 15 años. Desde la avenida Soberanía Nacional, entre la RNn°11 hasta la avenida Urquiza hay 600 hectáreas que hoy cuenta con aproximadamente 70.000 habitantes. Recientemente el gobierno provincial recuperó a



partir de un acuerdo con el Ministerio de Defensa y el Ejército Argentino casi 4.000has, de las cuales 700has se piensa urbanizar.

La correcta toma de medidas permite una integración al casco urbano a la población situada al sur del canal de avenida Malvinas Argentinas-Soberanía Nacional, la cual se encuentra en continuo crecimiento edilicio y demográfico.

Se plantea un análisis enfocado en el estudio del tránsito (caudal y características: densidad, volumen, TMDA, señalización, semaforización, entrecruzamientos, etc.) en distintos puntos de relevamiento a definir, como los cruces con las avenidas Alberdi, Chaco, Mc Lean, entre otras. Así también el estudio demográfico y urbanístico del sector sur al canal paralelo a dichas avenidas y el impacto del crecimiento poblacional sobre las vías de circulación.

La propuesta permitirá el acondicionamiento de una de las principales vías de comunicación intermunicipal a las nuevas condiciones demográficas y de tránsito, y agilizará el tránsito en la misma, en avenidas y calles adyacentes. A su vez dará una salida ordenada de la ciudad por la RNn°11 y facilitará la integración de la población del sur al casco urbano y la comunicación entre los distintos municipios del Gran Resistencia.

Con el presente trabajo se pretende encontrar una solución a la problemática del tránsito particularmente sobre la zona sur del AMGR.

Coherente con lo expuesto, formulamos los siguientes objetivos:

- Garantizar la seguridad vial para todos los tipos de tránsito.
- Minimizar riesgos de accidentes.
- Organizar el tránsito y mejorar la circulación en las avenidas en cuestión y vías transversales
- Mejorar la conectividad de la población ubicada al sur del canal con el resto del casco urbano

1.2) Ubicación geográfica

La provincia del Chaco está situada en el noreste de la república Argentina (ver figura 1), en la región chaqueña, comprendida entre los paralelos 24° y 28° de latitud sur, entre los meridianos 58 y 63° de longitud oeste. Tiene una superficie de 99.633km², dividida en 25 departamentos, con una población de 1.053.466 habitantes, según censo nacional 2.010, lo



que representaría el 2,6% del total de la población nacional, siendo la densidad de población media de 10,6 habitantes por kilómetros cuadrados.

Resistencia es la capital y ciudad más poblada de la provincia del Chaco, se encuentra en el departamento de San Fernando (figura 2), en el centro del AMGR, (que en 2010 alcanzaba los 385.726 habitantes).

El área de estudio se encuentra en la zona sur del AMGR, específicamente los municipios de Resistencia (sector suroeste de la ciudad) y Puerto Vilelas (figura 3).

La zona del proyecto corresponde al tramo de la av. Malvinas Argentinas - Soberanía Nacional, desde la RNn°11 (Resistencia) y Av. San Martín (Puerto Vilelas), con una extensión de 11,7km (figura 4).



Figura 1. Ubicación de la región noreste en Argentina (fuente: Wikipedia).



Figura 2. Mapa de la Provincia del Chaco (fuente: Wikipedia).

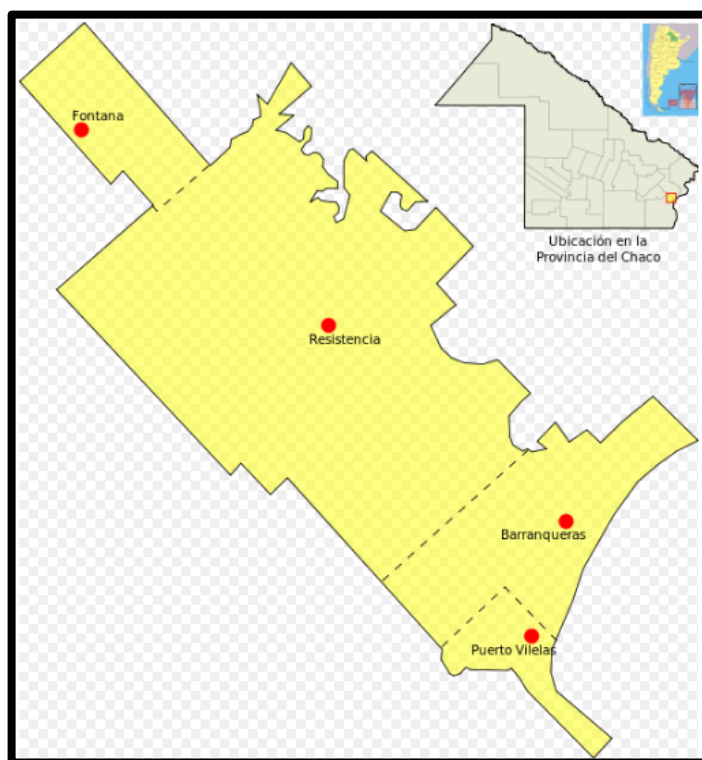


Figura 3. Área Metropolitana del Gran Resistencia (fuente: Wikipedia).

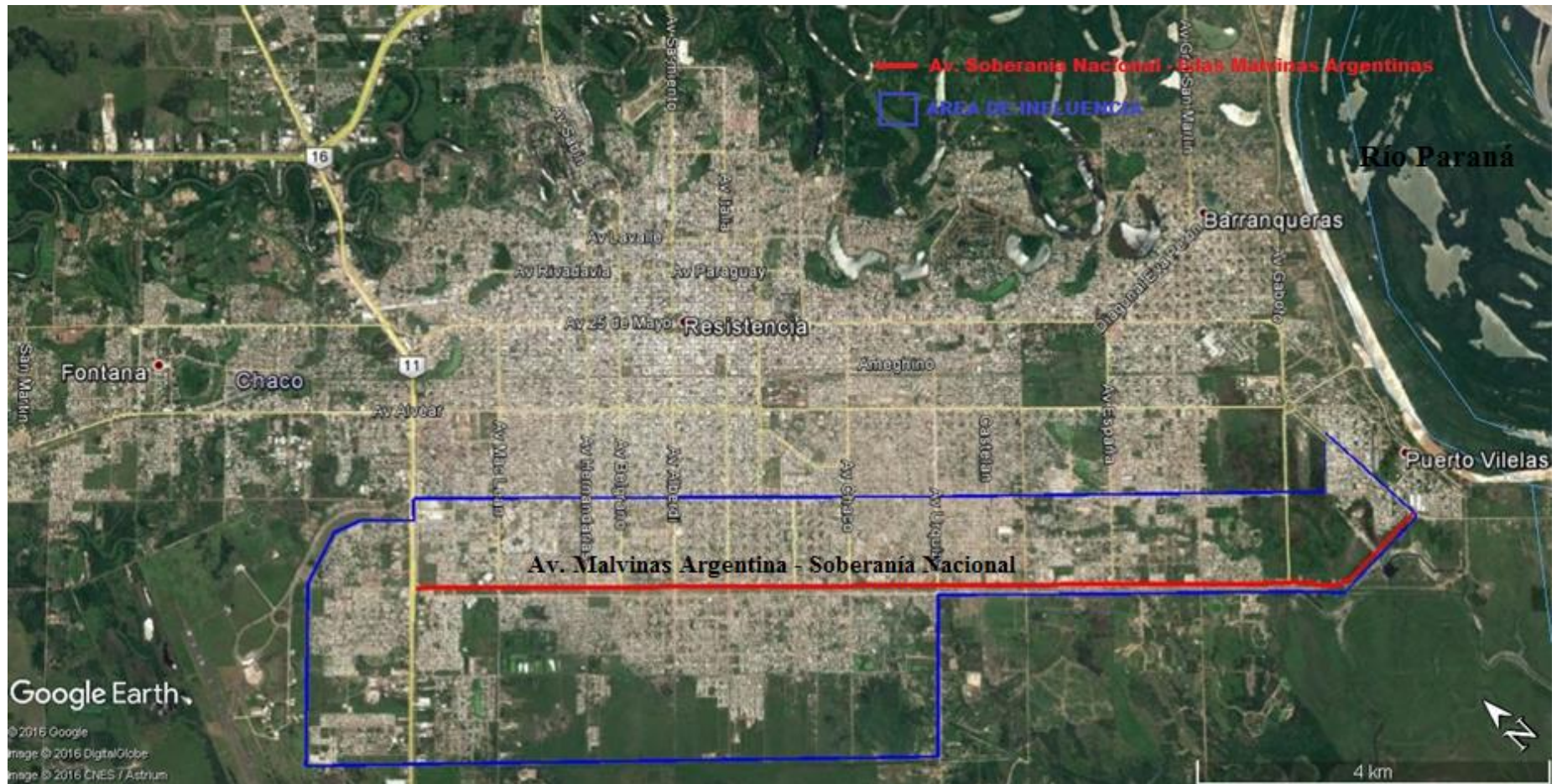


Figura 4. Imagen de la zona de proyecto. (Fuente: Google Earth - Marzo 2016)



1.3) Análisis demográfico

Su población, según los resultados del censo 2010 era de 385.726 habitantes (ver tabla 1). La última población conocida es la correspondiente al año 2015 con un valor de 416.100 habitantes. Este representó un 0.958% del total de la población Argentina. Suponiendo que la tasa de crecimiento de la población se mantuvo igual a la del periodo 2011-2015 (+1.05%/año), el AMGR arrojaría un valor de población en 2017 de 424.923 habitantes.

El Gran Resistencia constituye el 11° conglomerado urbano de la Argentina por población desde que en los años 1980 superó a Bahía Blanca. Es también el conglomerado más poblado de todo el nordeste argentino.

Nueve años antes del último censo nacional su población era de 359.590 habitantes, lo cual representa un crecimiento del 7,2%. Este crecimiento no es uniforme, la población de Fontana creció un 20% en el mismo período.

Tabla 1. Evolución demográfica del AMGR (Fuente: INDEC)

EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA DEL GRAN RESISTENCIA A LO LARGO DE LOS CENSOS NACIONALES							
Componente	Departamento	Censo 2010	Censo 2001	Censo 1991	Censo 1980	Censo 1970	Censo 1960
Resistencia	San Fernando	290.723	274.490	229.212	174.419	S/D	S/D
Barranqueras	San Fernando	54.698	50.738	42.572	21.900	S/D	S/D
Fontana	San Fernando	32.027	26.745	14.436	7.303	S/D	S/D
Puerto Vilelas	San Fernando	8.278	7.617	6.067	4.604	S/D	S/D
Total		385.726	359.590	292.287	220.104	142.848	108.287

De acuerdo a los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) en el censo del año 2010, la zona de estudio presenta una población total de aproximadamente 77.000 personas distribuidas al norte y al sur de la Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas, teniendo en cuenta además el número de viviendas construidas y habitadas como se observa en la tabla 2.



Tabla 2. Distribución de la población en el área de estudio (Fuente: INDEC)

	POBLACIÓN (HAB)	HOGARES	VVDAS. CONSTRUIDAS	VVDAS. HABITADAS	AREA (Has)	DENSIDAD (HAB/Has)
AL SUR DE LA AVENIDA	28338	7302	7665	6950	1742	46,57
AL NORTE DE LA AVENIDA	48725	13481	14068	12696	990	74,16
TOTAL	77063	20783	21733	19646	2732	60,36

Dichos valores se obtuvieron analizando los radios censales de la zona en cuestión dispuestos por el INDEC para la realización del censo correspondiente al año 2010.

Teniendo en cuenta los índices de crecimiento poblacional de los últimos años, los cuales se ven mayormente reflejados en las zonas sur y norte de la ciudad de Resistencia debido a los procesos de urbanización y a las medidas de planeamiento municipal, se puede estimar una población actual en el área de influencia del anteproyecto en cuestión de aproximadamente 83.500 habitantes (ver tabla 3).

Tabla 3. Crecimiento demográfico del área en cuestión (Fuentes: INDEC –
<http://poblacion.population.city/argentina/resistencia>)

AÑO	2010	2011	2015	2016	2017
INDICE DE CREMIENTO (%/año)	3,44	1,05	1,05	1,05	1,05
POBLACIÓN SUR (hab)	28338	29313	30544	30865	31189
POBLACIÓN NORTE (hab)	48725	49237	51305	51843	52388
TOTAL (hab)	77063	78549	81849	82708	83576

Dicho crecimiento demográfico se ve reflejado en el constante avance de la urbanización hacia el sector sur (ver figuras 5 a 10).

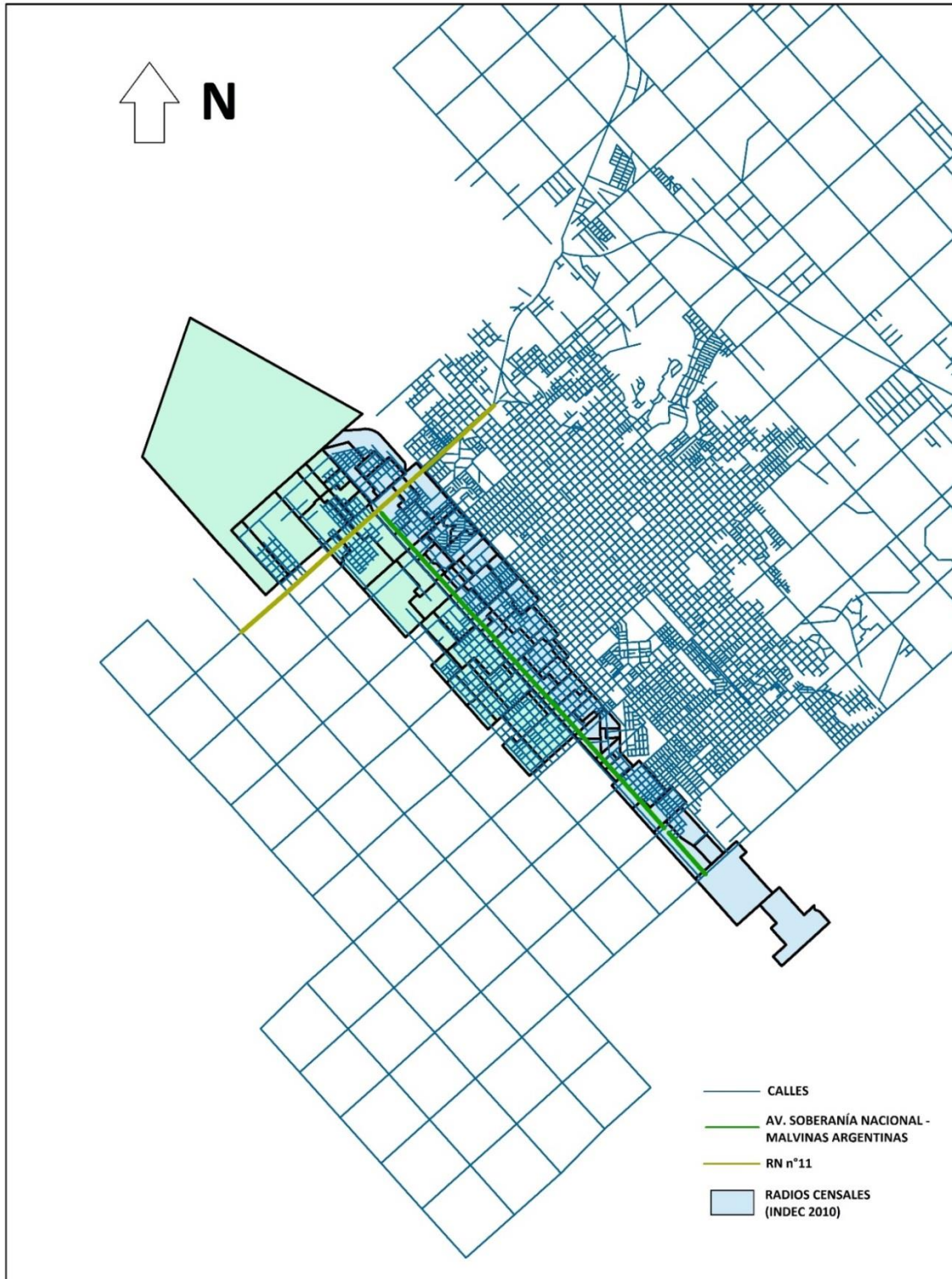


Figura 5. Radios censales utilizados para el análisis (fuente: INDEC – software: ArcGIS 9.3)

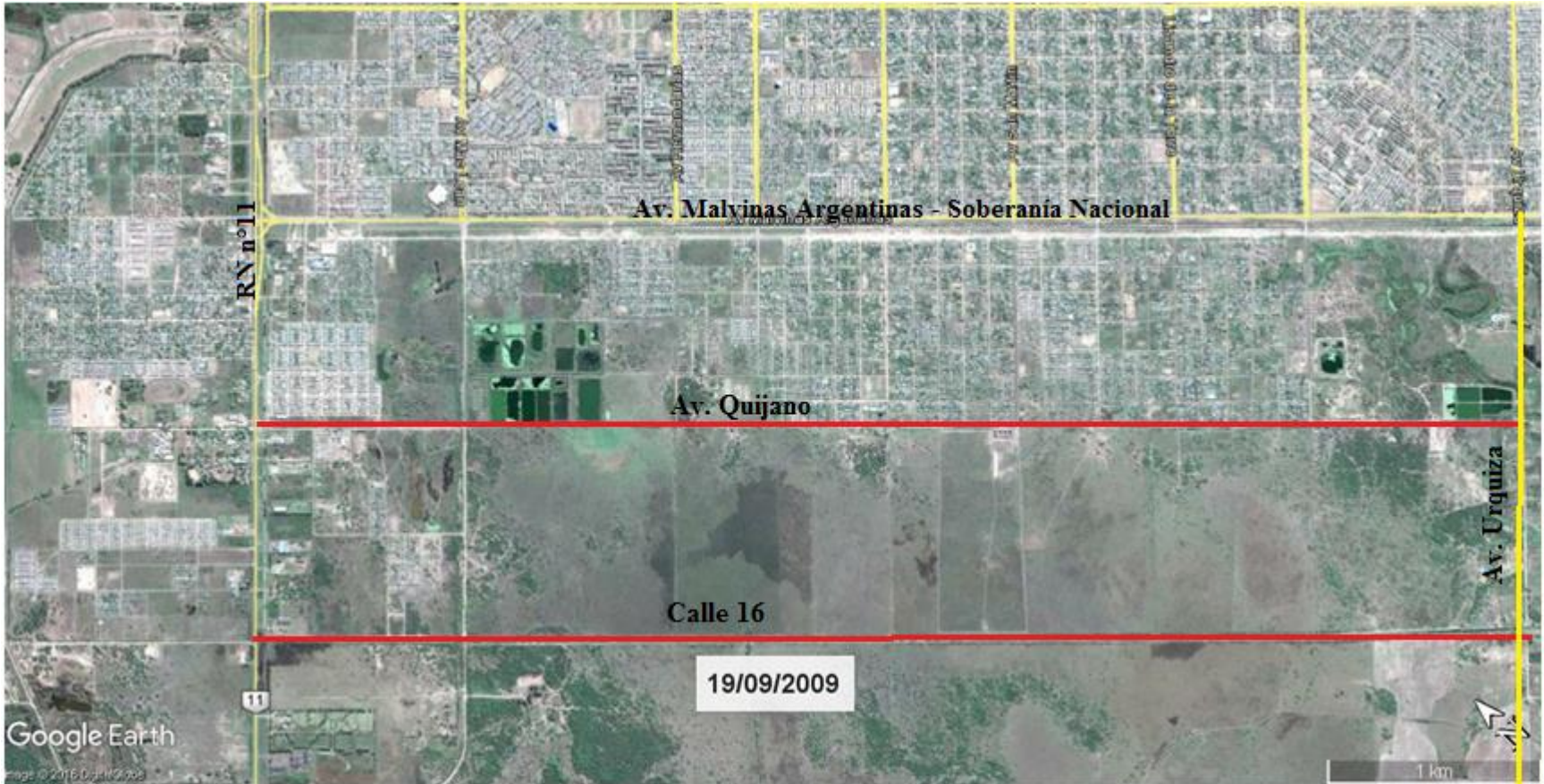


Figura 6. Área al sur de la Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas. Año 2009 (Fuente: Google Earth)

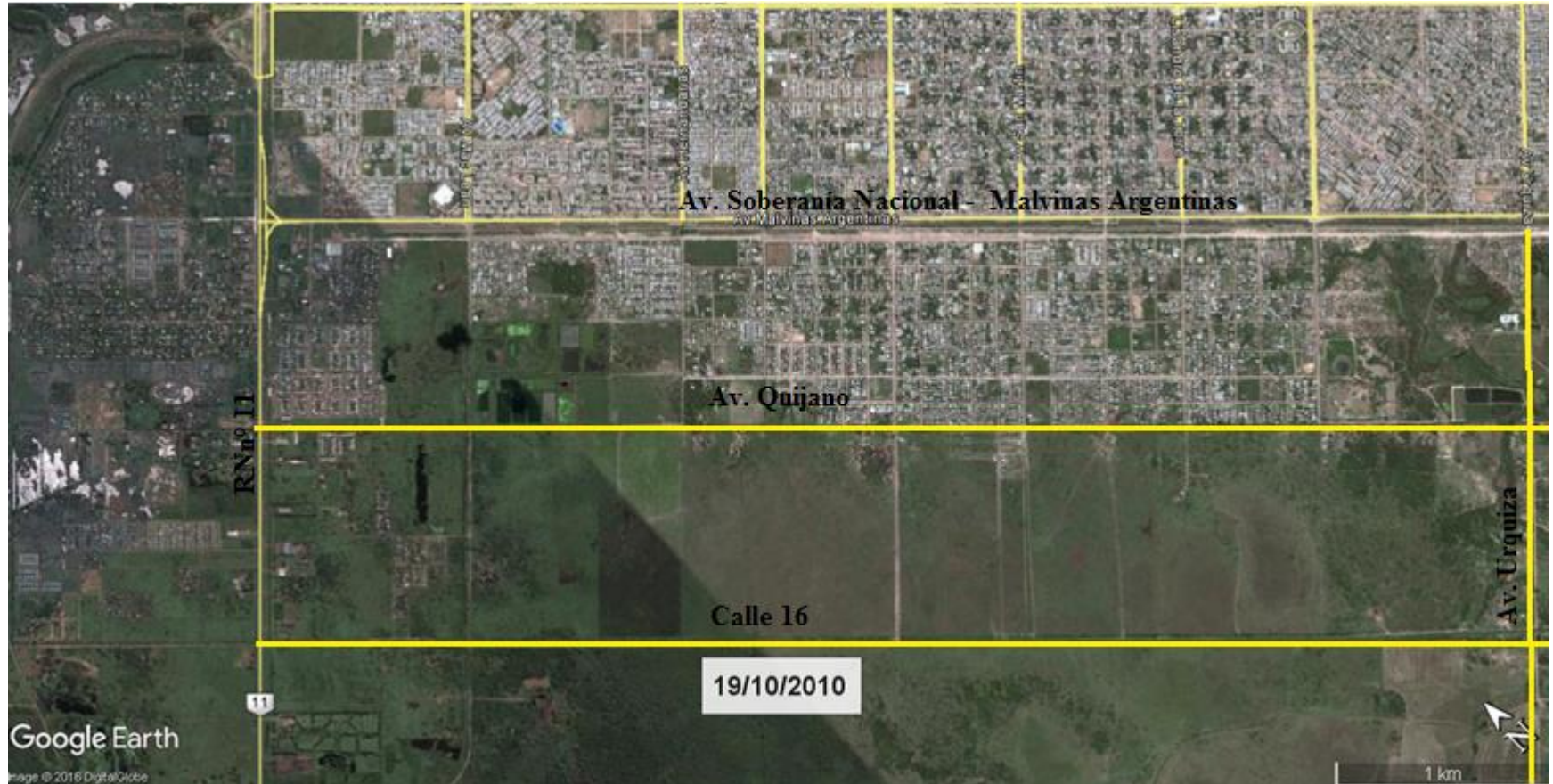


Figura 7. Área al sur de la Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas. Año 2010 (Fuente: Google Earth)

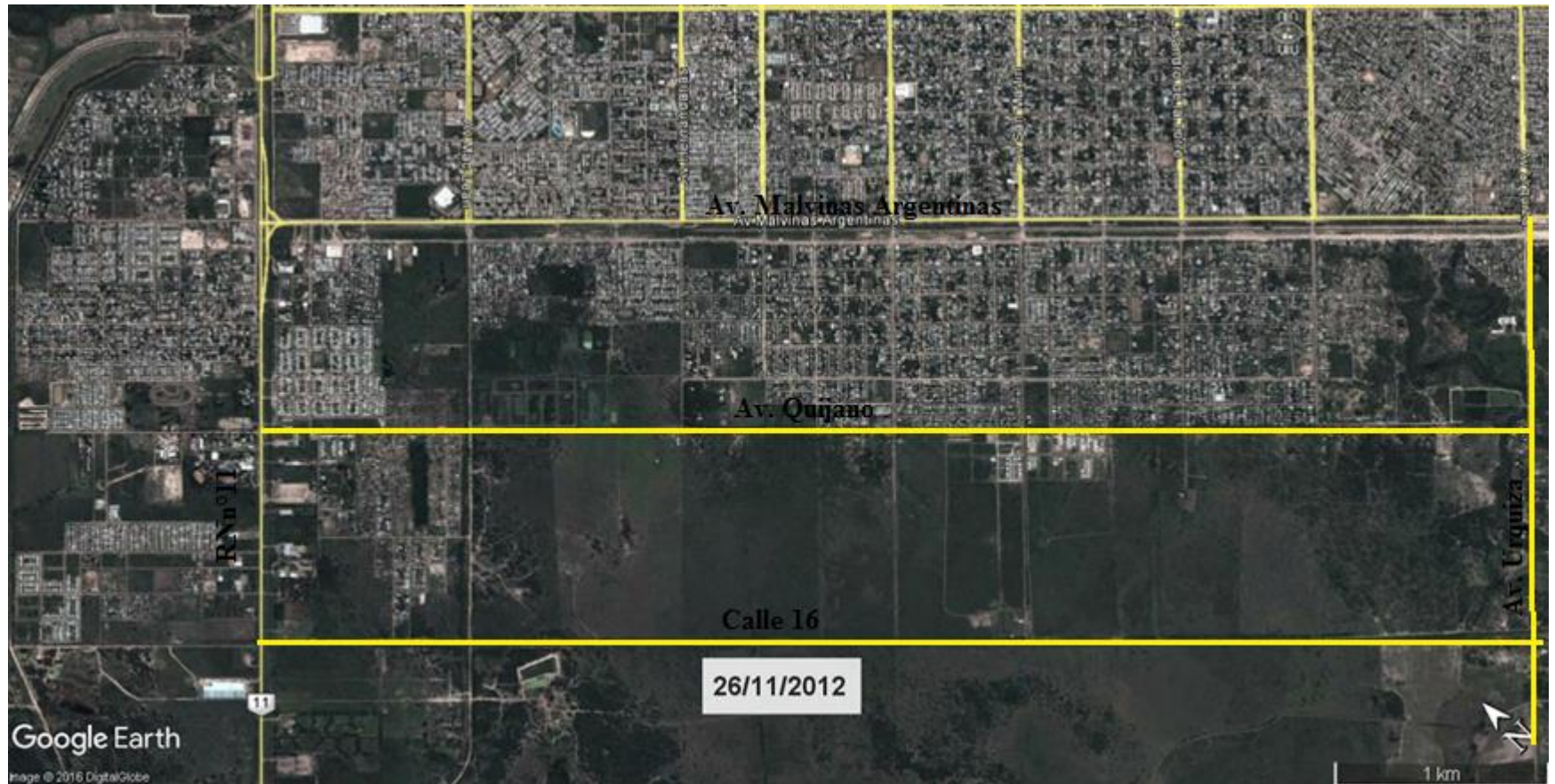


Figura 8: Área al sur de la Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas. Año 2012 (Fuente: Google Earth)

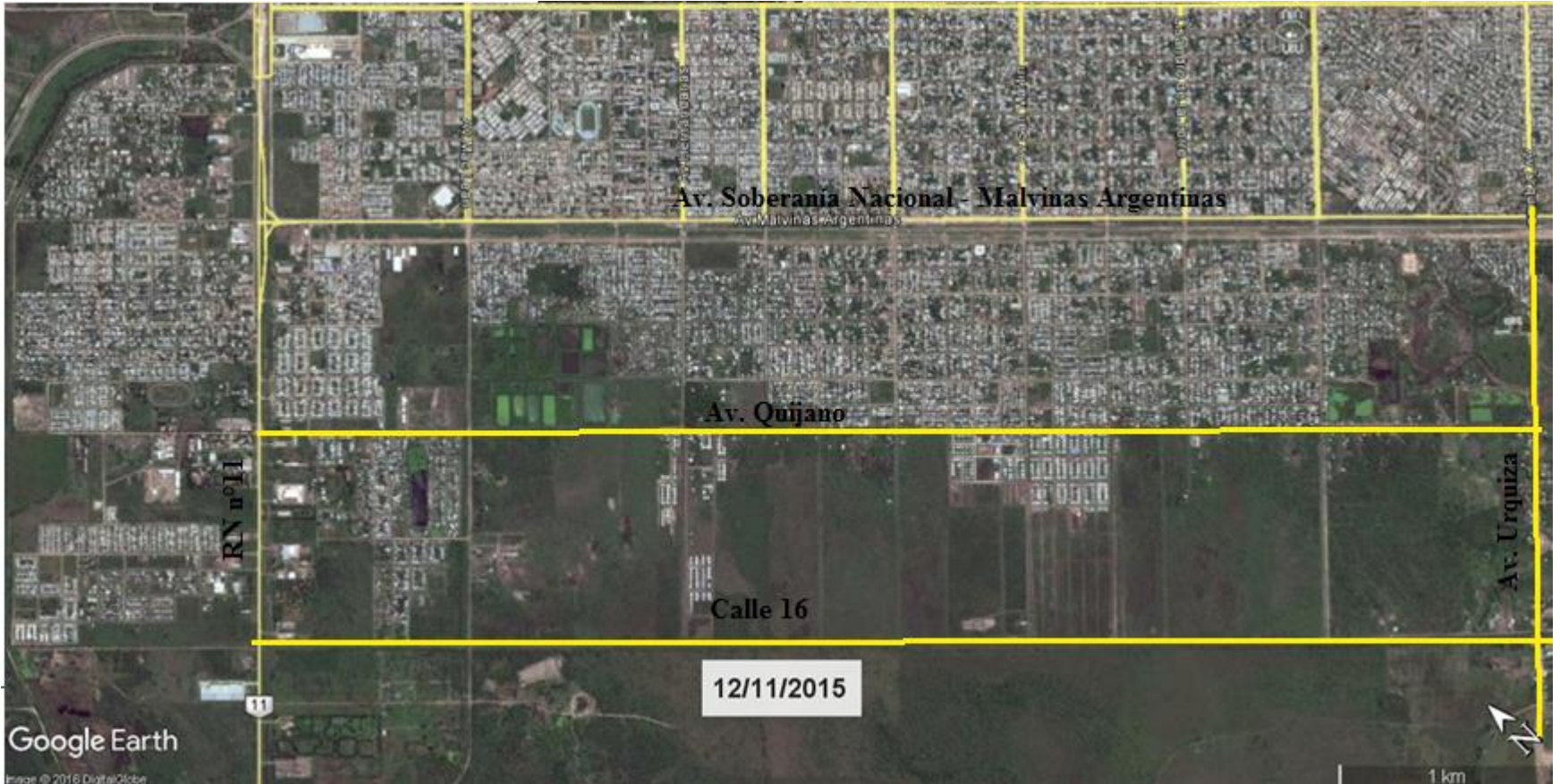


Figura 9: Área al sur de la Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas. Año 2015 (Fuente: Google Earth)



Figura 10: Área al sur de la Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas. Año 2017 (Fuente: Google Earth)



Con los mismos datos del INDEC se realizó un cálculo de la densidad demográfica del área de estudio expresada en habitantes/hectáreas en base a la división en radios censales (figura 11). Los valores son los siguientes:

- Al norte de la avenida se tiene una densidad de 74 hab/Has.
- Al sur de la avenida en promedio son 46 habitantes por cada hectárea.
- En promedio del total de la zona la densidad poblacional es de aproximadamente 60 habitantes/hectárea.

Se puede observar en la figura 11, que la urbanización de la zona sur tiene un marcado crecimiento, en el área comprendida entre la RNn°11 y la av. Urquiza, debido al plan de urbanización de la zona sur en un horizonte de 20 años.



1.4) Situación actual

En base a recorridos por el lugar, recopilación de información y consultas con profesionales se logró determinar distintas cuestiones que deben analizarse para la realización del anteproyecto.

La avenida cuenta con una doble calzada, de las cuales la calzada contigua a la obra canal (calzada sur existente) en un principio se la pensó como una ruta de conexión directa entre la RNN°11 y Puerto Vilelas (establecida en un principio como el acceso principal a Puerto Vilelas). La otra trocha (calzada norte existente) correspondía a una colectora destinada al tránsito urbano de la ciudad de Resistencia (figura 12). Sin embargo en la actualidad no cumple con tal propósito, siendo ambas utilizadas indistintamente generando los inconvenientes anteriormente expuestos (1.1. Fundamentos y objetivos).



Figura 12: Diseño geométrico (Fuente: Google Earth – Street View)

Coherente con lo expuesto planteamos los siguientes puntos:

- **Semaforización y señalización**

En las intersecciones con semaforización se puede ver que los semáforos se encuentran en buen estado, pero su ubicación no es conveniente debido a que se encuentran cruzando la bocacalle respecto a su mano y sentido de circulación. La forma conveniente de ubicación es antes de cruzar la bocacalle, esto provoca que los



conductores que están esperando el verde, no puedan ver el cambio de luces del otro semáforo, eliminando la costumbre de iniciar la marcha cuando a éste le da amarillo y antes que se encienda su propia luz verde.

Otra observación que se hizo es que entre las 14:00h y 16:00h, los tiempos de fase son extensos para el volumen de tráfico que se maneja.

Es notoria también la falta de señalización horizontal (senda peatonal con línea de detención) y vertical (carteles de prohibido girar a la izquierda y de ubicación). Falta de demarcación en zonas de cruce peatonal (puentes peatonales)

Los carteles que indican donde no se debe girar son de gran importancia ya que, si no se encuentran en el lugar, generan confusión y pueden alentar la transgresión por parte de los conductores a la realización de maniobras imprudentes. Por su parte al no encontrarse demarcadas las sendas peatonales con su correspondiente línea de detención para los vehículos, trae aparejado un mayor peligro para el peatón ya que los vehículos obstruyen su paso como sucede con las rampas para discapacitados, contribuyendo al desordenamiento del tránsito. También se debería incorporar carteles de ubicación con el fin de mejorar la orientación.

- Calzada dañada

En determinados lugares del camino se encuentran daños en calzada que no permiten una circulación fluida, provocando un aumento del riesgo de accidentes debido a las maniobras bruscas frente a la presencia de estos baches o fracturas (ver figura 13).

Estos no se limitan a la vía principal, sino que también están presentes en los rulos destinados para el giro de tráfico pesado (colectivos y camiones) (ver figura 14 y 15), retornos, cruces de calzada, etc.

Otra consecuencia de esto son los daños en la mecánica de los vehículos, provocando un perjuicio económico al usuario.



Figuras 13 y 14: Patologías en la calzada (fuente: elaboración propia)



Figura 15: Ocupación inadecuada de los giros (Fuente: Google Earth – Street View)



- Inundación en calzada

Debido a las irregularidades de la calzada, como los ahuellamientos (que son deformaciones en el perfil transversal), rugosidades (desviaciones del perfil longitudinal del camino) y falta de peralte se genera acumulaciones de agua de lluvia provocando una disminución de la calzada transitable obligando a los conductores a circular por el carril opuesto a su sentido de circulación con el riesgo que esto conlleva como ser colisiones frontales (ver figura 16). También debido a la presencia de agua, los conductores tienden a realizar maniobras peligrosas como cambios de carriles en ramales de entrada y no en su correspondiente de salida (ver figura 17).



Figuras 16 y 17: Acumulación de agua en la calzada (fuente: elaboración propia)

- Ocupación indebida de los espacios (parterres y banquetas)

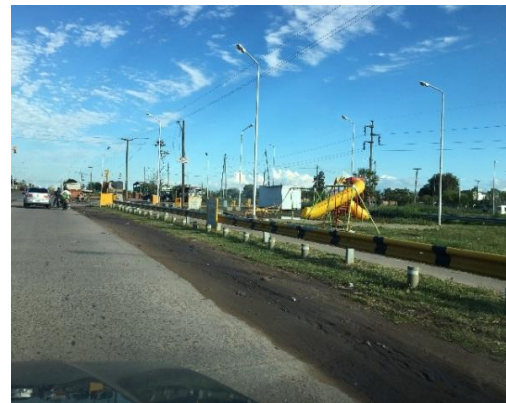
A lo largo de la traza, en la zona de camino puede verse distintos comercios improvisados (ver figuras 18 y 19). Esto se vuelve peligroso al estar tan cerca de la calzada, impidiendo en algunos casos posibles maniobras para evitar accidentes y en otros obstaculizando la visual de los conductores volviendo más engorrosa la circulación.

Estos van desde casillas improvisadas hasta camiones o colectivos estacionados a un costado o sobre los parterres impidiendo la visión y generando confusión en los conductores (ver figura 20).

También en la zona de camino, ocupando la banquina, se encuentra un parqueizado, con juegos infantiles y bicisendas (ver figura 21).



Figuras 18 y 19: Ocupación indebida de la zona de camino (fuente: elaboración propia)



Figuras 20 y 21: Ocupación indebida de la zona de camino (fuente: elaboración propia)

- Deterioro y obsolescencia en los puentes

En alguno de los puentes sobre el canal presenta deterioro en la calzada y en las barandas o hasta incluso carecen de ellas (ver figura 22). Se puede ver en otros rasgos de obsolescencia del diseño debido a que el ancho de la calzada solo permite la circulación en un solo sentido siendo esto inadecuado para los volúmenes de tráfico que existen actualmente. Hay puentes cuyo acceso posee una pendiente muy pronunciada.



Incluso algunos no presentan una adecuada transición entre la calzada y el puente.



Figura 22: Deterioros y obsolescencias en los puentes (fuente: elaboración propia)

- **Circulación vehicular indefinida entre Ruta y avenida**

La avenida se proyectó como una ruta con colectora, a fin de diferenciar el tráfico de ruta del urbano respectivamente. Hoy en día se manifiesta una circulación indefinida en ambas vías, volviendo ineficiente al diseño. Esto puede ser consecuencia de fallas no-estructurales (señalización, controles y reglamentaciones) y estructurales (ramas, parterres).

- **Crecimiento vehicular debido al nuevo puente, polo industrial en Puerto Vilelas y trazado férreo.**

En los años venideros se prevén nuevas obras en la zona de Puerto Vilelas, que acarrearán un aumento significativo del tráfico en la zona sur de resistencia. La más importante es la del nuevo puente que une las provincias de Chaco y Corrientes. Además de esta puede nombrarse proyectos de polos industriales y una nueva zona portuaria.

Estos proyectos, van a convertir a la avenida Malvinas Argentinas – Soberanía Nacional en una vía troncal para la circulación desde y hacia la zona de Puerto Vilelas. Potenciarán además el crecimiento poblacional del lugar debido a posibles obras de defensa que se planean para la nueva traza del ferrocarril.



CAPITULO 2: TRÁNSITO

2.1) Generalidades

El diseño de un camino se encuentra influenciado por dos factores, configuración del terreno que debe atravesar y el tránsito a soportar. Un buen diseño será aquel que teniendo en cuenta ambos factores, en función de su importancia, tenga un costo de transporte anual mínimo. Cuando el tránsito es reducido, el diseño del camino deberá estar influenciado por el primer factor. En cambio, cuando es intenso, el segundo factor es el que intervendrá preponderantemente.

El elemento básico que permite evaluar el flujo de tránsito lo constituye el número de vehículos que pasa por un punto o sección de un camino en un determinado período de tiempo. La medición a través de conteos de vehículos es de gran importancia para analizar los problemas que presenta un camino.

La determinación del volumen de tránsito que circula por una red de caminos, es de utilidad para definir la importancia relativa de un camino o ruta sobre otra. Estos datos de volumen son de fundamental importancia en la actividad vial, ya sea para el diseño geométrico y estructural de un camino, tareas de planificación vial, mantenimiento, seguridad vial, etc.

En conjunto con los valores de flujo de tránsito de debe conocer su composición (automóviles, camiones, colectivos, bicicletas, motocicletas, etc.) y al no ser constante debemos conocer sus variaciones de flujo horario, diario, mensual.

El Tránsito Medio Diario Anual (T.M.D.A.) es una medida elemental del tránsito, se define como el volumen total de vehículos que circuló durante un año dividido el número de días de ese año y se expresa en veh/día.

2.2) Determinación del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA)

Para la determinación del tránsito medio diario anual (TMDA), como primera medida se han recopilado datos obtenidos en dos aforos realizados por la cátedra de Transporte de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste en los años 2014 y 2016, con los cuales se determinó cual era la hora pico en donde circulaban la mayor cantidad de vehículos (ver tablas 4 y 5).



El censo realizado en la intersección ubicada entre la calle Cervantes y la avenida San Martín de la ciudad de Resistencia. Llevado a cabo el día 10/10/2014 durante 12h corridas, desde las 7 am hasta 19 pm arrojó valores que se observan en la tabla 4.

Tabla 4. Aforo realizado en intersección de Cervantes y av. San Martín (fuente: Catedra de Transportes de la Facultad de Ingeniería. Año 2014)

Franja horaria	Volumen de vehículos de la calle Cervantes (veh/h)			Volumen de vehículos de la avenida San Martín (veh/h)		
	SE	NO	TOTAL	NE	SO	TOTAL
7:00 - 8:00	436	0	436	321	331	652
8:00 - 9:00	555	0	555	331	374	705
9:00 - 10:00	428	0	428	315	306	621
10:00 - 11:00	555	0	555	359	369	728
11:00 - 12:00	320	0	320	234	342	576
12:00 - 13:00	978	0	978	302	834	1136
13:00 - 14:00	462	0	462	212	401	613
14:00 - 15:00	363	0	363	191	302	493
15:00 - 16:00	336	0	336	226	239	465
16:00 - 17:00	532	0	532	326	293	619
17:00 - 18:00	621	0	621	361	443	804
18:00 - 19:00	705	0	705	448	538	986

El censo realizado en la intersección ubicada entre las avenidas Las Heras y López Piacentini de la ciudad de Resistencia llevado a cabo el día 30/09/2016 durante 12h corridas, desde las 7hs hasta las 19hs arrojó valores que se observan en la tabla 5.

Tabla 5. Aforo realizado en intersección de las av. Las Heras – López Piacentini (fuente: Catedra de Transportes de la Facultad de Ingeniería. Año: 2016)

Franja horaria	Volumen de vehículos de la avenida López Piacentini (veh/h)			Volumen de vehículos de la avenida Las Heras (veh/h)		
	NO	SE	TOTAL	SO	NE	TOTAL
7:00 - 8:00	1143	0	1143	616	758	1374
8:00 - 9:00	665	0	665	704	562	1266
9:00 - 10:00	726	0	726	556	547	1103
10:00 - 11:00	504	0	504	504	436	940
11:00 - 12:00	368	0	368	826	390	1216
12:00 - 13:00	441	0	441	1312	613	1925
13:00 - 14:00	368	0	368	828	333	1161
14:00 - 15:00	246	0	246	604	282	886
15:00 - 16:00	341	0	341	372	328	700
16:00 - 17:00	492	0	492	466	422	888
17:00 - 18:00	608	0	608	607	447	1054
18:00 - 19:00	626	0	626	800	526	1326



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

Teniendo en cuenta ambos aforos realizados en zonas próximas a la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas, se tomaron dos franjas horarias para la realización del aforo, entre las 7:00 – 8:00 y la otra de 12:00 – 13:00.

En las tablas 6 y 7 se puede observar los aforos realizados por el grupo, en la intersección de la av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas con la av. Alberdi, en las dos franjas horarias consideradas como picos.



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida
Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

Tabla 6. Aforo realizado en intersección de la av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas y av. Alberdi (fuente: Elaboración propia)

Sentido	Encuestador	Condiciones Climáticas	Hora	LIVIANOS					PESADOS			TOTALES
				Auto-móviles	Pick-ups y otros utilitarios	Bicicletas	Motos	Colectivos	CAMIONES			
									sin acoplado	con acoplado	Semirremolques	
Av. Soberanía Nacional - Malvinas Argentinas (SE-NO)	ANDRES	BUENAS CONDICIONES (CIELO DESPEJADO)	7:00-8:00	271	33	16	208	29	7	1	0	
	JUAN PABLO			160	53	10	186	4	15	1	5	
TOTALES				431	86	26	394	33	22	2	5	999



Tabla 7. Aforo realizado en intersección de la av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas y la av. Alberdi (fuente: Elaboración propia)

Sentido	Encuestador	Condiciones Climáticas	Hora	LIVIANOS					PESADOS			TOTALES
				Auto-móviles	Pick-ups y otros utilitarios	Bicicletas	Motos	Colectivos	CAMIONES			
									sin acoplado	con acoplado	Semi remolques	
Av. Soberanía Nacional- Malvinas Argentinas (SE-NO)	ANDRES	BUENAS CONDICIONES (CIELO DESPEJADO)	12:00-13:00	326	66	11	376	30	11	1	0	
	JUAN PABLO			303	87	16	356	9	33	3	5	
TOTALES				629	153	27	732	39	44	4	5	1633

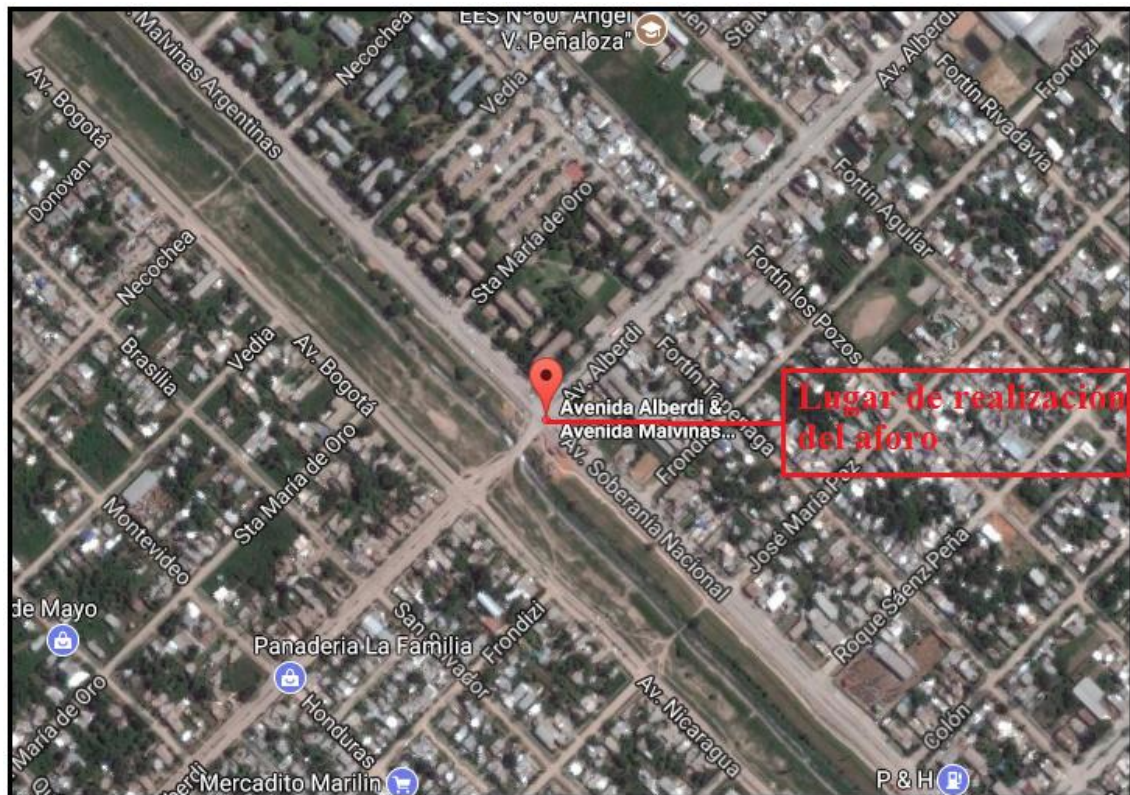


Figura 23. Lugar de realización del aforo (Fuente: googleMaps)

El aforo realizado en la franja horaria de las 7:00 – 8:00 horas arrojó un total de 999 veh/h. y el de la franja horaria de 12:00 – 13:00 horas un total de 1633 veh/h. Tomándose como horario pico el rango comprendido entre 12:00 – 13:00 horas.

El censo volumétrico para la determinación del TMDA existente y de clasificación para definir el espectro de carga de diseño se obtuvo a través de conteos en una sección del tramo a proyectar, específicamente en la intersección de la av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas y la av. Alberdi, durante el horario pico adoptado entre las 12:00 y 13:00 horas (ver tabla 7).

Para los estudios de volumen y clasificación, se contabilizan dos tipos de vehículos motorizados. Ellos son:

Livianos: bicicletas + motos + autos + camionetas + colectivos



Pesados: camiones sin acoplado + camiones con acoplado + camiones con semirremolque

Basándose en un censo volumétrico de tránsito realizado entre los días 20 al 26 de marzo de 2017, tomado de la DNV en la estación de cobertura existente en el peaje, entre las provincias de Chaco y Corrientes en la RNn°16, en el cual se determinó que para la hora pico en que transita mayor cantidad de vehículos, el caudal que circula corresponde aproximadamente al 10% del total que circula en el día. Parámetro que se utilizó para la determinación del TMDA existente.

A su vez se tuvo como consideración que dos motos equivalían a un auto, teniendo en cuenta el espacio que abarca cada moto por carril y al no existir una norma que defina una equivalencia. El valor de bicicletas no se lo tuvo en cuenta para determinar el TMDA existente. Basándose en esas consideraciones y sabiendo que el censo se realizó en el horario pico y corresponde a un 10% del total. Se calcula que el TMDA existente es igual a 12310 veh/día.

TMDA existente: $(\text{total de vehículos} - \text{motos}/2 - \text{bicicletas}) / 0,10$

TMDA existente: $(1623 \text{ veh/h} - 732/2 \text{ veh/h} - 26 \text{ veh/h}) / 0,10 = 12310 \text{ veh/día}$.

Un valor que es considerable, si tenemos en cuenta el TMDA existente, para la intersección de RNn°11 y acceso a av. Malvinas Argentinas, realizado por la DNV en el año 2000 (tabla 8).

Donde se realizó para el mismo una evaluación del crecimiento exponencial, en la cual para un crecimiento de 20 años, con un $r = 3\%$, que adoptaron según recomendaciones de la DNV, en el tramo de RNn°11 entre Soberanía y Marconi el TMDA arroja un valor de 10392 veh/día (tabla 9). Que al compararlo con el valor de TMDA existente calculado, que es de 12310 veh/día, se puede ver que es un valor representativo.



Tabla 8. Aforo realizado en intersección de la RNn°11 y acceso av. Malvinas Argentinas (fuente:

Dirección Nacional de Vialidad)

08/05/2000		09/05/2000	
Hora	Cantidad	Hora	Cantidad
Emp. RNN°89 - Soberanía		Soberanía - Marconi	
09:00	174	10:00	421
10:00	201	11:00	461
11:00	153	12:00	492
12:00	118	13:00	489
13:00	146	14:00	429
14:00	124	15:00	99
15:00	129	16:00	446
16:00	162	17:00	536
17:00	144	18:00	463
18:00	178	19:00	513
19:00	200	20:00	613
20:00	172	21:00	419
21:00	109	22:00	482
22:00	105	23:00	241
23:00	80	00:00	288
00:00	78	01:00	243
01:00	62	02:00	142
02:00	30	03:00	106
03:00	25	04:00	82
04:00	31	05:00	69
05:00	56	06:00	147
06:00	41	07:00	266
07:00	97	08:00	401
08:00	178	09:00	454
	2793		8302

SECCIONES	FECHA	T.D.	F.E.	F.D.C.	TMDA
Emp. RNN°89 - Soberanía	08/05/2000	2793	1,05	0,66	1.936
Soberanía - Marconi	09/05/2000	8302	1,05	0,66	5.754
Marconi - Alvear	10/05/2000	10983	1,05	0,66	7.612
Alvear - 25 de Mayo	11/05/2000	11911	1,05	0,66	8.255
Alvear - 25 de Mayo	15/05/2000	13457	1,05	0,66	9.326
25 de Mayo - R° Negro	16/05/2000	12178	1,05	0,66	8.440
25 de Mayo - R° Negro	17/05/2000	12541	1,05	0,66	8.691
25 de Mayo- R° Negro	18/05/2000	13283	1,05	0,66	9.206
R° Negro - RN 16	23/05/2000	5473	1,05	0,66	3.793
RN 16 - Colonia Benitez	24/05/2000	4691	1,05	0,66	3.251



Tabla 9. Evaluación de crecimiento exponencial del TMDA (fuente: Dirección Nacional de Vialidad)

SECCIONES	año 2000	10 años	15 años	20 años	25 años
Emp. RNN°89 - Soberanía	1.936	2.602	3.016	3.497	4.054
Soberanía - Marconi	5.754	7.733	8.965	10.392	12.048
Marconi - Alvear	7.612	10.230	11.859	13.748	15.938
Alvear - 25 de Mayo	8.255	11.094	12.861	14.909	17.284
25 de Mayo- R° Negro	9.206	12.372	14.343	16.627	19.275
R° Negro - RN 16	3.793	5.097	5.909	6.851	7.942
RN 16 - Colonia Benitez	3.251	4.369	5.065	5.872	6.807

2.3) Determinación del tránsito derivado, inducido y generado

Tránsito derivado: es aquel que deja de utilizar otras alternativas de rutas para utilizar la ruta de proyecto. Estimado a partir de censos de origen y destino en las rutas cercanas a la de proyecto, a fin de determinar el porcentaje de vehículos que utilizarán la vía.

Para nuestro estudio se consideró que dicho tránsito consiste en aquel que utilizaría la avenida Malvinas Argentinas – Soberanía Nacional ingresando en la intersección con RNN°11 para acceder al puerto Barranqueras en lugar de la avenida San Martín de Barranqueras ingresando por el acceso en la intersección con RNN°16.

Se considera que el tránsito derivado por ser su destino el puerto de Barranqueras, estará conformado en su mayoría por tráfico pesado que llega a la intersección de RNN°11 y RNN°16 (ver figuras 24 y 25).



Figura 24. TMDA RNn°16 (fuente: DNV)

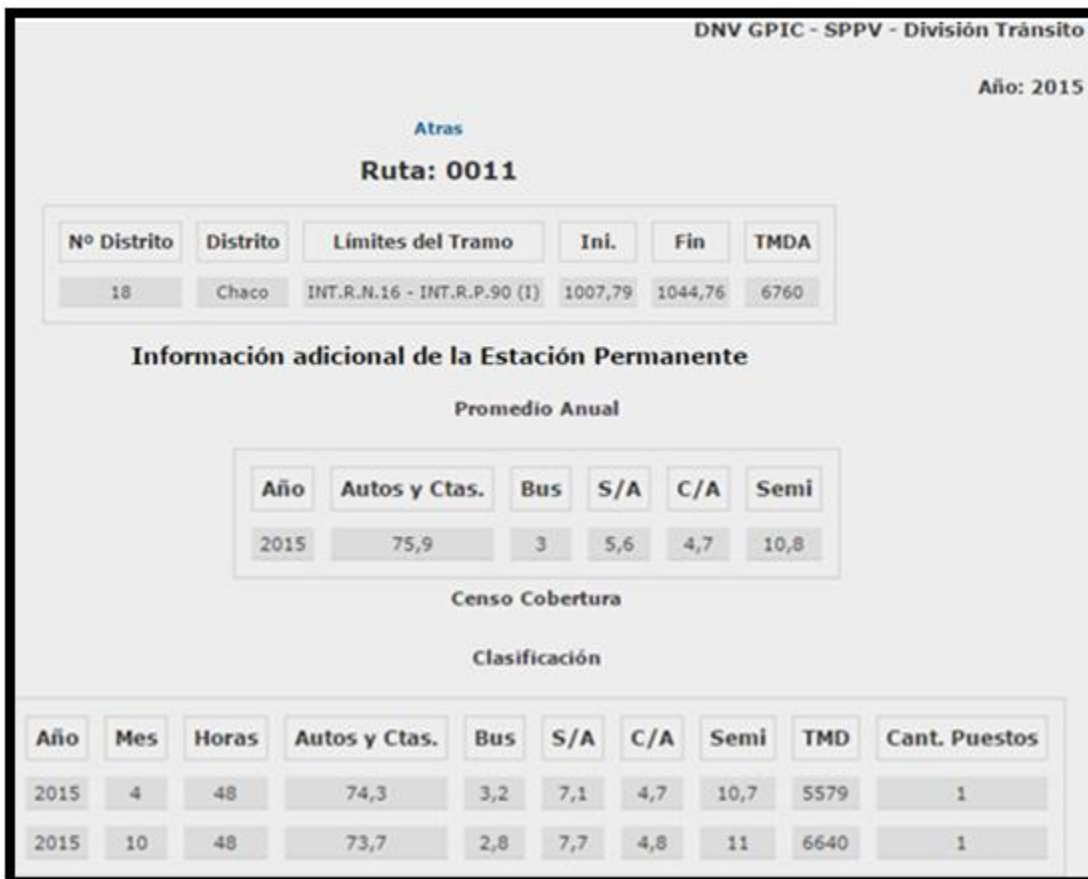


Figura 25. TMDA RNn°11 (fuente: DNV)



Se estima que el tránsito derivado esta conformado por 5% del tránsito pesado de los tramos de RNn°16 entre los límites intersección RNn°11 y acceso a Puerto Tirol (figura 24) y de RNn°11 entre los límites de intersección RNn°16 e intersección RPn°90 (figura 25). Cuyo valores son para el tramo de RNn°16 el 22,8% de 9497 veh/día y para el tramo de RNn°11 el 21,1% de 6760 veh/día. Siendo entonces la suma de 2165 veh/día y 1426 veh/día dando como resultado un total de 3591 veh/día. Donde el 5% de ese volumen será el tránsito derivado.

Entonces se llega a la conclusión de que el tránsito derivado será:

$$\begin{aligned} \text{TMDA derivado} &= \left(9497 \frac{\text{veh}}{\text{día}} * 0,228 + 6760 \frac{\text{veh}}{\text{día}} * 0,211 \right) * 0,05 = 179,58 \\ &\approx 180 \text{ veh/día} \end{aligned}$$

Tránsito inducido: es aquel que se produce por viajes motivados por la mejora y que si no hubiera mejora esos viajes no se realizarían. Se tiene en cuenta que la población que utiliza la avenida Castelli como principal vía troncal este - oeste, utilizaría la avenida Soberanía Nacional, como alternativa producto de las mejoras en la misma. Se considera que el mismo sería el 20% del TMDA existente.

Basado en lo anteriormente expuesto:

$$\text{TMDA inducido} = \text{TMDA existente} * 0,20 = 12310 \frac{\text{veh}}{\text{día}} * 0,20 = 2462 \text{ veh/día.}$$

El tránsito generado: es aquel que se produce como efecto de la mejora, al producir asentamientos industriales, agroindustriales, agropecuarios, subdivisión de la tierra, etc.

En particular para nuestro caso, las mejoras en la avenida, generaría un aumento de la urbanización al sur del canal, provocando un aumento en los vehículos que proceden de esa zona. Además mejorando las condiciones de transitabilidad y acceso a la ciudad se fomentaría el asentamiento de industrias con su consecuente tráfico. Teniendo en cuenta lo expresado se estima que el tránsito generado será 10% del tránsito existente.

$$\text{TMDA generado} = \text{TMDA existente} * 0,10 = 12310 \text{ veh/día} * 0,10 = 1231 \text{ veh/día}$$

$$\text{TMDA} = \text{TMDA existente} + \text{TMDA derivado} + \text{TMDA inducido} + \text{TMDA generado}$$

$$\text{TMDA} = 12310 \text{ veh/día} + 180 \text{ veh/día} + 2462 \text{ veh/día} + 1231 \text{ veh/día}$$

$$\text{TMDA} = 16183 \text{ veh/día}$$



2.4) Tasa de crecimiento (exponencial)

Para la determinación de la tasa de crecimiento (r), se tuvo en cuenta estudios socio – económicos de la región. Se utilizó la propuesta por el Ing. Horacio R. Vallejos en su libro “Elaboración de un proyecto vial, tomo 1: Planeamiento, 2012”. Que consiste en analizar las series históricas de los siguientes parámetros socio – económicos:

- Población;
- Producción;
- Consumo de combustible;
- Parque automotor;
- T.M.D.A. (existentes en la región).

Tabla 10. Porcentaje de ponderaciones (Fuente: Vallejos Horacio R. 2012)

PARÁMETROS	OBRA NUEVA	OBRA DE REHABILITACIÓN
Población	15% r_p	10% r_p
Parque automotor	20% r_a	15% r_a
TMDA	35% r_{TMDA}	50% r_{TMDA}
Cons. combustible	15% r_c	15% r_c
Producción	15% r_{PRO}	10% r_{PRO}
Tasa de crecimiento	% r	% r

Al tratarse de una obra en rehabilitación se utilizaron los porcentajes de la segunda columna (tabla 10) y luego tomando los porcentajes individuales de cada parámetro se obtuvo la tasa de crecimiento final.

La tasa de crecimiento individual (ri), se calcula de la siguiente manera, en función de una serie estadística:

$$r_i = (r_f/r_o)^{(1/n)} - 1$$

r_f = último dato de la serie

r_o = primer dato de la serie

n = n° de años de la serie

Los estudios de las series históricas se llevaron a cabo en función de los datos de la provincia del Chaco.



2.4.1) Población

La determinación de la tasa de crecimiento individual en función de la población, se obtuvo a través de los datos obtenidos de censos realizados por el INDEC en el AMGR (tabla 11).

Tabla 11. Evolución demográfica del AMGR (Fuente: INDEC)

EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA DEL GRAN RESISTENCIA A LO LARGO DE LOS CENSOS NACIONALES							
Componente	Departamento	Censo 2010	Censo 2001	Censo 1991	Censo 1980	Censo 1970	Censo 1960
Resistencia	San Fernando	290.723	274.490	229.212	174.419	S/D	S/D
Barranqueras	San Fernando	54.698	50.738	42.572	21.900	S/D	S/D
Fontana	San Fernando	32.027	26.745	14.436	7.303	S/D	S/D
Puerto Vilelas	San Fernando	8.278	7.617	6.067	4.604	S/D	S/D
Total		385.726	359.590	292.287	220.104	142.848	108.287

Para determinar la tasa se tuvo en cuenta los censos del 1960 y 2010, teniendo un total de 50 años de serie. Donde se observa un gran crecimiento en la población.

$$r_p = (p_f/p_o)^{1/n} - 1 = (385.726/108.287)^{1/50} - 1 = 2,57\%$$

$$r_p = 2,57\%$$

2.4.2) Parque automotor

La tasa de crecimiento individual del parque automotor se obtuvo mediante registros de patentamiento de automóviles en la provincia de Chaco.

En la cual se pudo observar como aumentó notablemente el patentamiento de los mismos en los últimos años. Valor que se encuentra en relación con el aumento de la población en la provincia, especialmente en el AMGR.

Se analiza la serie histórica comprendida entre los años 2.005 y 2.014 (tabla 12).



Tabla 12. Indicadores de demanda de la provincia del Chaco (fuente: ministerio de economía y finanzas públicas)

Indicadores de demanda													
Indicador	UM	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Consumo cemento Portland	Tn	85.829	114.851	144.756	147.555	177.593	195.424	215.520	241.305	272.903	240.623	254.895	259.714
Distribución de energía eléctrica	GWh	1.083	1.192	1.292	1.423	1.563	1.648	1.788	1.876	1.984	2.195	2.303	2.472
Distribución de gas		miles de m ³											
								Sin acceso a la red					
Patentamiento	unid.	s/d	s/d	5.257	6.470	8.330	11.762	9.760	9.643	14.346	13.969	15.788	12.797
Permisos de edificación ¹	m ²	134.408	91.969	172.720	159.773	173.754	110.102	140.454	134.033	166.503	179.132	238.887	187.709
Venta de combustibles	m ³	224.941	232.294	296.333	332.748	381.650	372.164	362.285	417.631	440.913	420.658	425.353	417.157

$$r_a = (a_f / a_o)^{1/10} - 1 = (12.797/8.330)^{1/8} - 1 = 5,5\%$$

$$r_a = 9,3\%$$

2.4.3) Consumo de combustible

Para el análisis del consumo, se usó la serie histórica de la venta de combustible en m³ en la provincia de Chaco, comprendida entre los años 2.003 y 2.014 (tabla 13).

Tabla 13. Indicadores de demanda (fuente: ministerio de economía y finanzas públicas)

Indicadores de demanda													
Indicador	UM	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Consumo cemento Portland	Tn	85.829	114.851	144.756	147.555	177.593	195.424	215.520	241.305	272.903	240.623	254.895	259.714
Distribución de energía eléctrica	GWh	1.083	1.192	1.292	1.423	1.563	1.648	1.788	1.876	1.984	2.195	2.303	2.472
Distribución de gas		miles de m ³											
								Sin acceso a la red					
Patentamiento	unid.	s/d	s/d	5.257	6.470	8.330	11.762	9.760	9.643	14.346	13.969	15.788	12.797
Permisos de edificación ^(**)	m ²	134.408	91.969	172.720	159.773	173.754	110.102	140.454	134.033	166.503	179.132	238.887	187.709
Venta de combustibles	m ³	224.941	232.294	296.333	332.748	381.650	372.164	362.285	417.631	440.913	420.658	425.353	417.157

$$r_c = (c_f / c_o)^{1/10} - 1 = (417.157/224.941)^{1/12} - 1 = 5,28\%$$

$$r_c = 5,28\%$$



2.4.4) TMDA

Para determinar el crecimiento exponencial en función del TMDA, se analizó la serie histórica de la RNn°11 en el tramo limitado por la intersección con la ex RNn°89 y la intersección con la entrada a Resistencia, según censo de la DNV (figura 26).



Figura 26. TMDA RNn°11 (fuente: DNV)

$$r_{\text{TMDA}} = (\text{TMDA}_f / \text{TMDA}_o)^{\frac{1}{n}} - 1 = \left(\frac{3.184}{2.489} \right)^{\frac{1}{8}} - 1 = 3,12\%$$

$$r_{\text{TMDA}} = 3,12\%$$

2.4.5) Producción

La tasa de crecimiento de la producción resulta de un promedio de las tasas de crecimiento de producción ganadera, agrícola y forestal. Debido a que estas tres actividades son las más preponderantes que se desarrollan en la provincia del Chaco (tabla 14).



Tabla 14. Indicadores de producción. (fuente: ministerio de economía y finanzas públicas)

		Indicadores de producción													
		Producto	U.M	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ganadera	Stock bovino	miles de cab.	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	2.627	2.578	2.379	2.333	2.634	2.646	2.610
	Faena bovina	miles de cab.	179	257	242	202	215	278	328	247	200	s/d	s/d	s/d	
	Stock caprino	miles de cab.	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	320	342	365	380	480	480	
Agrícola	Algodón en bruto	miles de tn	106	205	285	266	329	278	227	434	517	271	192	485	
	Soja	miles de tn	1.606	841	878	1.396	1.307	1.750	655	1.551	1.655	295	554	1.385	
	Girasol	miles de tn	501	430	188	655	570	471	125	37	366	414	549	158	
	Sorgo	miles de tn	144	92	252	438	384	463	142	357	309	139	250	473	
Forestal	Leña de bosque nativo	miles de tn	716	865	824	859	688	713	753	818	813	703	690	s/d	
	Rollizos de bosque nativo	miles de tn	418	433	480	453	368	399	315	367	304	436	375	s/d	
	Postes de bosque nativo	miles de tn	34	35	38	44	19	19	15	18	13	13	9	s/d	
	Carbón	miles de tn	204	234	213	216	199	245	238	246	278	267	313	s/d	
	Tanino (extracto de quebracho)	miles de tn	41	50	50	57	58	51	37	57	50	54	48	s/d	

La Producción ganadera resulta de la suma del stock bobino y caprino, donde la serie histórica conformada por los años que van del 2.009 al 2.014.

$$\text{Donde el } r_{\text{prodf}} = 2.610 + 480 = 3090$$

$$r_{\text{prodo}} = 2578 + 320 = 2898$$

$$r_{\text{prod}} = (3090/2898)^{1/5} - 1 = 1,29\%$$

La producción agrícola resulta de la suma de la producción de algodón en bruto, soja, girasol y sorgo, donde la serie histórica abarca los años comprendidos entre 2003 al 2014

$$\text{Donde el } r_{\text{prodf}} = 485 + 1385 + 158 + 473 = 2501$$

$$r_{\text{prodo}} = 106 + 1606 + 501 + 144 = 2357$$

$$r_{\text{prod}} = (2501/2357)^{1/12} - 1 = 0,5\%$$

La producción forestal está compuesta por la producción de leña de bosque nativo, rollizos de bosque nativo, postes de bosque nativo, carbón y tanino donde la serie histórica abarca los años comprendidos entre 2003 al 2013

$$\text{Donde el } r_{\text{prodf}} = 690 + 375 + 9 + 313 + 48 = 1435$$



$$r_{\text{prodo}} = 716 + 418 + 34 + 204 + 41 = 1413$$

$$r_{\text{prod}} = (1435/1413)^{1/11} - 1 = 0,14\%$$

Siendo la tasa de crecimiento promedio de la producción:

$$r_{\text{prod}} = (r_{\text{pganadera}} + r_{\text{pagricola}} + r_{\text{pforestal}})/3 = (1,29\% + 0,5\% + 0,14\%)/3 = 0,64\%$$

$$r_{\text{prod}} = 0,64\%$$

Tabla 15. Resumen de indicadores de crecimiento (fuente: elaboración propia)

Parámetros	Obra rehabilitada	Tasa individual	Tasa ponderada
Población	10%	2,57%	0,26%
Parque automotor	15%	5,5%	0,83%
Combustible	15%	5,28%	0,79%
TMDA	50%	3,12%	1,56%
Producción	10%	0,64%	0,06%
Tasa de crecimiento			3,5%

Se considera 2 (dos) años para los periodos de estudios, construcción y habilitación. Por lo tanto el año 0 (cero) o inicial será el 2019.

$$\text{TMDA año 2019} = \text{TMDA existente año 2017} * (1 + r)^n$$

$$\text{TMDA año 2019} = 16.183 \text{ veh/día} * (1 + 0,035)^2 = 17.336 \text{ veh/día.}$$

TMDA (f) final = para el año 2039, adoptando para el pavimento rígido un tiempo de durabilidad o vida útil de 20 años, según recomendaciones de la DNV.

$$\text{TMDA (final) 2039} = 17.336 \text{ veh/día} * [(1 + 0,035)]^{20} = 34.495 \text{ veh/día.}$$

$$\text{TMDA diseño} = (17.336 \text{ veh/día} + 34.495 \text{ veh/día})/2 = 25916 \text{ veh/día.}$$

2.5) Análisis de accidentes en el área de estudio

Es de gran importancia tener en cuenta el número de accidentes que se registraron en el Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR) en los últimos años.

Basándose en datos brindados por la policía del Chaco acerca de las colisiones ocurridas en el año 2015, se elaboró un registro de las mismas en el área de influencia de la



zona en estudio. Siendo de interés los datos arrojados por las comisarías 4°, 5°, 6° y 7° de la ciudad de Resistencia (tabla 16).

Se pudo observar un total de 111 colisiones en el año 2015 dentro del área de estudio, siendo 83 colisiones leves con daños materiales y a la propiedad y 28 accidentes graves con lesiones culposas, de las cuales 3 resultaron en homicidio culposo (tabla 17). Valor que representa el 21% del total de accidentes registrados en el área de estudio.

Es un valor elevado, teniendo en cuenta que representa aproximadamente 1 accidente cada 3 días. De los cuales el 60% de los accidentes tienen como participantes a motocicletas.

Tabla 16. Colisiones en la zona de estudio (fuente: Policía del Chaco)

DENOMINACION	FECHA	HORA	CALLE	NRO
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	05/02/2015	11:00	AV. MAC LEAN	2.500
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	03/02/2015	19:00	FRAY BERTACA	2.500
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	29/09/2015	19:00	AV. MAC LEAN	2.500
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	19/12/2015	14:00	AV. MAC LEAN	2.500
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	15/02/2015	14:00	AV. MAC LEAN	2.500
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	05/02/2015	11:00	MISIONERO KLEIN	2.500
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	09/11/2015	20:00	Av. MALVINAS ARGENTINA	2.265
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	20/06/2015	9:30	Av. MALVINAS ARGENTINA	2.000
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	18/12/2015	8:55	Av. MALVINAS ARGENTINA	1.950
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	16/06/2015	16:45	Av. MALVINAS ARGENTINA	1.610
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	25/03/2015	19:00	Av. MALVINAS ARGENTINA	1.600
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	27/08/2015	14:00	Av. MALVINAS ARGENTINA	1.600
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	03/03/2015	8:00	Av. MALVINAS ARGENTINA	1.300
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	04/09/2015	8:00	Av. MALVINAS ARGENTINA	1.300
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	21/02/2015	15:17	AV. SOBERANIA NACIONAL	3.300
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	19/12/2015	12:30	AV. SOBERANIA NACIONAL	2.700
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	31/07/2015	20:50	AV. SOBERANIA NACIONAL	2.600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	02/11/2015	15:30	AV. SOBERANIA NACIONAL	2.600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	21/03/2015	12:30	AV. SOBERANIA NACIONAL	2.500
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	28/03/2015	10:30	AV. SOBERANIA NACIONAL	2.500
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	31/08/2015	12:30	Av. URQUIZA	2.500



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	23/08/2015	19:00	Av. CHACO	2.500
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	11/03/2015	7:50	Av. CHACO	2.500
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	20/06/2015	20:30	Av. URQUIZA	2.500
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	13/10/2015	10:50	AV. SOBERANIA NACIONAL	2.200
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	24/07/2015	9:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	24/07/2015	9:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	24/07/2015	9:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	24/07/2015	9:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	24/07/2015	9:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	24/07/2015	9:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	24/07/2015	9:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	24/07/2015	9:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	24/07/2015	9:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	24/07/2015	9:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	24/07/2015	9:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	02/04/2015	19:30	Av. MALVINAS ARGENTINA	1.600
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	16/11/2015	17:50	Av. MALVINAS ARGENTINA	1.600
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	18/11/2015	20:00	Av. MALVINAS ARGENTINA	1.600
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	25/04/2015	8:00	Av. MALVINAS ARGENTINA	1.500
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	01/11/2015	11:10	Av. MALVINAS ARGENTINA	1.100
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	16/05/2015	16:00	Av. MALVINAS ARGENTINA	970
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	26/01/2015	11:30	Av. MALVINAS ARGENTINA	800
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	05/12/2015	8:30	Av. MALVINAS ARGENTINA	800
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	11/04/2015	21:00	Av. MALVINAS ARGENTINA	500
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	28/04/2015	18:40	Av. MALVINAS ARGENTINA	500
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	21/10/2015	20:00	Av. MALVINAS ARGENTINA	500
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	01/11/2015	22:10	Av. MALVINAS ARGENTINA	500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	25/09/2015	12:00	AV. LAS HERAS	2.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	01/01/2015	12:30	JUAN DE DIOS MENA	2.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	24/02/2015	18:50	Av. ALBERDI	2.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	08/04/2015	8:10	Av. ALBERDI	2.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	07/05/2015	21:20	Av. ALBERDI	2.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	09/05/2015	20:00	AV. SAN MARTIN	2.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	17/05/2015	20:30	AV. SAN MARTIN	2.500
COMISARIA SEPTIMA	28/05/2015	10:30	Av. CHACO	2.500



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

RESISTENCIA				
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	16/06/2015	12:00	Av. ALBERDI	2.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	20/08/2015	14:20	Av. ALBERDI	2.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	02/06/2015	17:30	JOSE MARIA PAZ	2.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	31/07/2015	20:15	JOSE MARIA PAZ	2.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	05/08/2015	16:30	AV. SAN MARTIN	2.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	09/12/2015	19:00	AV. SAN MARTIN	2.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	10/10/2015	22:45	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	13/10/2015	18:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.600
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	13/06/2015	13:30	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.520
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	14/03/2015	10:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	21/03/2015	19:02	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.400
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	04/02/2015	8:15	AV. SOBERANIA NACIONAL	1.200
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	28/02/2015	13:30	AV. SOBERANIA NACIONAL	935
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	17/02/2015	0:05	AV. SOBERANIA NACIONAL	845
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	15/02/2015	8:50	AV. SOBERANIA NACIONAL	800
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	17/09/2015	13:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	800
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	15/07/2015	18:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	790
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	27/02/2015	18:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	700
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	26/02/2015	19:55	AV. SOBERANIA NACIONAL	655
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	05/12/2015	3:15	AV. SOBERANIA NACIONAL	650
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	21/03/2015	21:40	AV. SOBERANIA NACIONAL	500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	16/06/2015	6:30	AV. SOBERANIA NACIONAL	500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	15/08/2015	7:15	AV. SOBERANIA NACIONAL	500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	10/10/2015	13:30	AV. SOBERANIA NACIONAL	500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	27/10/2015	6:45	AV. SOBERANIA NACIONAL	500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	21/11/2015	14:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	13/02/2015	17:25	AV. SOBERANIA NACIONAL	436
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	24/02/2015	0:35	AV. SOBERANIA NACIONAL	435
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	14/02/2015	21:00	AV. SOBERANIA NACIONAL	135



Tabla 17. Accidentes graves en la zona de estudio (fuente: Policía del Chaco)

Unidad	Año	Descripcion Delito	Fecha Hecho	Hora hecho	Calle	Nro
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	4/05/2015	23:00	Av. MALVINAS ARGENTINA	1650
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	19/03/2015	20:25	BERTACA	2500
COMISARIA CUARTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	20/08/2015	21:05	Av. ALBERDI	2500
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	2015	HOMICIDIO CULPOSO POR ACC. TRANS.	11/04/2015	5:05	AV. SOBERANIA NACIONAL	1200
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	16/02/2015	4:20	AV. SOBERANIA NACIONAL	1600
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	22/02/2015	23:15	AV. SOBERANIA NACIONAL	2300
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	25/04/2015	23:30	AV. SOBERANIA NACIONAL	3500
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	27/09/2015	21:17	AV. SOBERANIA NACIONAL	1700
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	06/10/2015	8:35	AV. SOBERANIA NACIONAL	2200
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	15/10/2015	7:40	AV. SOBERANIA NACIONAL	1700
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	27/11/2015	11:25	AV. SOBERANIA NACIONAL	2250
COMISARIA QUINTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	6/06/2015	19:10	Av. CHACO	2500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	29/01/2015	16:30	SOBERANIA NACIONAL	1500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	20/02/2015	9:15	AV. SOBERANIA NACIONAL	800
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	28/02/2015	13:30	AV. SOBERANIA NACIONAL	935
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	2015	HOMICIDIO CULPOSO POR ACC. TRANS.	10/03/2015	14:50	AV. SOBERANIA NACIONAL	1100
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	15/03/2015	2:30	AV. SOBERANIA NACIONAL	500
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	30/05/2015	23:45	AV. SOBERANIA NACIONAL	1335
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	15/06/2015	20:20	AV. SOBERANIA NACIONAL	800
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	20/07/2015	19:20	AV. SOBERANIA NACIONAL	862
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	3/03/2015	14:48	AV. SOBERANIA NACIONAL	1200



COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	2015	HOMICIDIO CULPOSO P/ACC.TRANSITO	5/10/2015	16:05	AV. SOBERANIA NACIONAL	100
COMISARIA SEPTIMA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	28/02/2015	23:30	Av. ALBERDI	2515
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	21/07/2015	8:05	Av. MALVINAS ARGENTINA	200
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	8/01/2015	20:50	Av. MALVINAS ARGENTINA	1100
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	23/07/2015	9:10	SANTA MARIA DE ORO	2500
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	2015	HOMICIDIO CULPOSO POR ACC. TRANS.	26/07/2015	6:20	AV. MALVINAS ARGENTINAS	350
COMISARIA SEXTA RESISTENCIA	2015	LESIONES CULPOSAS POR ACC.TRANS GRAVES	30/07/2015	11:50	Av. BELGRANO	2500

2.5.1) Metodología de análisis

La metodología de estudio se basa en el método (Método II) de análisis indicado por la Dirección Nacional de Observatorio Vial correspondiente al Ministerio de Interior y Transporte de la Nación, el cual consiste en la determinación de indicadores globales y puntuales de seguridad vial y patrones accidentológicos para proporcionar un diagnóstico de las vías y luego servir a la estrategia de intervención y/o concesión.

La información generada servirá de base en la toma de medidas de seguridad y control en la obra para su adecuado desempeño durante su vida útil. Asimismo, los resultados obtenidos servirán de insumo adecuado para la justificación de las medidas estructurales y no estructurales adoptadas.

Dicho informe fue evaluado con buenos resultados en caminos rurales y carreteras, sin embargo puede ser utilizado en vías urbanas con una correcta aproximación de resultados siempre que se cuenten con datos acordes.

Dicho organismo señala dos métodos generalizados para poder analizar el nivel de seguridad en la vía, estos son:

- **Método I:** Medir la frecuencia de accidentes en un tramo de la vía determinado.

Este método es el más directo de los dos ya que incide directamente sobre el volumen de tráfico soportado en elemento de trazado seleccionado.

- **Método II:** Cálculo de índices de siniestralidad. Estos índices pueden agruparse en tres categorías:



- **Categoría A.** Índices generales. Son los utilizados para comparar entre diferentes países parámetros como la mortalidad anual en carretera o el número de accidentes con víctimas por cada n habitantes. Estos índices no tienen en cuenta la afluencia de tráfico en la vía por lo que no son demasiado adecuados para realizar según que estudios estadísticos.

- **Categoría B.** Índices para la planificación de medidas. Son los utilizados para determinar el nivel de riesgo de sufrir un accidente al utilizar un determinado tramo de carretera. Normalmente suelen utilizarse el Índice de mortalidad, el Índice de peligrosidad y el Índice de severidad.

- **Categoría C.** Índices que hacen referencia a cuales han sido las causas externas del accidente, tales como la luminosidad, el estado del pavimento, etc.

Para la determinación de los indicadores se deben tener en cuentas los siguientes conceptos:

Accidente simple (Asimp): es todo accidente que ocasiona daños a la propiedad sin producir daño físico en la persona.

Accidente serio (AS): es todo accidente en el cual se registran heridos leves o graves sin ocasionar muertes.

Accidente con víctima (ACV): es todo accidente en el cual se registra al menos una víctima (herido leve, grave o muerto).

Accidente mortal (AM): es todo accidente en el cual se registra al menos un muerto.

Muerto: es básicamente el que falleció en escena o dentro de las 24 horas posteriores al accidente.

Se debe contar también con los siguientes datos:

N = Número de accidentes

TMDA = Tránsito medio diario anual (veh/día)

L = Longitud del tramo (km.)

Los principales indicadores globales que se calculan son:



Ipat (Índice de peligrosidad de accidentes totales): relaciona el número total de accidentes registrados en un año con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía.

$$Ipat = \frac{1.000.000(\text{veh} - \text{Km}) * N}{TMDA * 365 * L}$$

Ipav (Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas): relaciona el número de accidentes con víctimas registrados en un año con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía.

$$Ipav = \frac{1.000.000(\text{veh} - \text{Km}) * ACV}{TMDA * 365 * L}$$

IS (Índice de severidad): relaciona el número equivalente de accidentes de tránsito registrados en un año con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía.

$$IS = \frac{1.000.000(\text{veh} - \text{Km}) * (9 AM + 1,5 AS + Asimp)}{TMDA * 365 * L}$$

Según la “Metodología para la identificación de puntos críticos”, propuesta por el INTRA, en 1983, un punto o tramo se considera crítico si los siguientes criterios se cumplen simultáneamente en 60% o más del período analizado, siendo que esta metodología sólo se ha probado a nivel rural o en carreteras.

- Ipat es mayor o igual que 1,8
- Ipav es mayor o igual que 1,0
- IS es mayor o igual que 8,0
- N mayor que 3

Generalmente a nivel de estudio preliminar o de anteproyecto se emplean los siguientes indicadores:

Índice de peligrosidad (IP): cantidad de accidentes con víctimas por cada 100 millones de vehículo-kilómetro.



$$IP = \frac{ACV * 100.000.000(\text{veh} - \text{Km})}{TMDA * 365 * L}$$

Índice de accidentes mortales (IAM): cantidad de accidentes mortales por cada 100 millones de vehículos-kilómetro.

$$IAM = \frac{AM * 100.000.000(\text{veh} - \text{Km})}{TMDA * 365 * L}$$

Índice de riesgo (R): cantidad de accidentes por cada 100 millones de vehículo-kilómetro.

$$IR = \frac{N * 100.000.000(\text{veh} - \text{Km})}{TMDA * 365 * L}$$

Índice de gravedad (IG): cantidad de muertos por cada 100 accidentes.

$$IG = \frac{MU(\text{cantidad de muertos})}{100(\text{accidentes})}$$

Índice de morbilidad (IM): cantidad de lesionados por cada 100 accidentes.

$$IM = \frac{\text{Lesionados}}{100(\text{accidentes})}$$

Se considera la longitud total del tramo analizado con un total de 6 Km (desde la Av. Mc Lean hasta la Av. Arribalzaga), debido a que los registros de accidentes expuestos anteriormente se dan en distitos puntos a lo largo de dicha extensión.

Para la obtención de los índices se tienen los siguientes datos:

Año: 2.015

Accidentes (N): 111

Accidentes simples (Asimp): 83

Accidentes serios (AS): 24

Accidentes mortales (AM): 4

Muertos (MU): 4



Accidentes con víctimas (ACV): 28

Tramo (L): 6 Km

TMDA = 12.310 vehículos/día

En base a los mismos se consiguieron los siguientes resultados:

IP = 104

IAM = 15

IR = 412

IG = 4 %

IM = 24 %

Valores altos que atentan contra la seguridad de las personas y de la propiedad privada.

Según estudios realizados por la ONG “Luchemos por la vida” la tasa promedio de accidentes en la República Argentina permaneció prácticamente invariable en los últimos años, sufriendo la tasa de mortalidad por accidentes de tránsito una variación interanual oscilante entre el 2 % y el 4 %, valor representativo para la Provincia del Chaco.

Por tal motivo se puede inferir que los indicadores de seguridad vial no presentarán una variación significativa anualmente.

Se consideran determinados puntos de la traza a los fines de evaluar si los mismos son críticos.

El primer punto a evaluar será la intersección Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas y Av. Alberdi. Se toma una longitud de tramo de 1 Km (Av. Soberanía Nacional 500 a Av. Malvinas Argentinas 500).

Accidentes simples: 13

Accidentes serios: 3

Accidentes mortales: 2

N: 18

Se obtuvieron los siguientes valores:



$$I_{pat} = 4,00 > 1,8$$

$$I_{pav} = 1,11 > 1,0$$

$$IS = 8,57 > 8$$

$$N = 18 > 3$$

Por ende se considera el tramo como crítico.

El segundo punto a evaluar será la intersección Av. Soberanía Nacional y Av. Chaco.
Se toma una longitud de tramo de 1 Km (Av. Soberanía Nacional 1100 a 2100).

Accidentes simples: 22

Accidentes serios: 6

Accidentes mortales: 2

N: 30

Se obtuvieron los siguientes valores:

$$I_{pat} = 6,67 > 1,8$$

$$I_{pav} = 1,78 > 1,0$$

$$IS = 11,57 > 8$$

$$N = 30 > 3$$

Por ende se considera el tramo como crítico.

El factor humano es en la mayoría de los casos la causa fundamental de los accidentes de tránsito, sin embargo estadísticas realizadas por la Dirección de Seguridad Vial de la Nación demuestran que las características de la vía tendrá un roll acentuado en la gestación de los accidentes. Esto se da en el sentido que el error o falla humanos se producirá con mayor facilidad en las vías más defectuosas desde el punto de vista tanto estructural como el de la seguridad y ordenamiento vehicular.

2.6) Conclusiones

Es evidente que la mayoría de los problemas de tránsito son causados por deficiencias en las características geométricas de las vías. La falta de previsión en cuanto a los posibles usos futuros de un determinado camino a la hora de su diseño generan a posteriori un desequilibrio entre el vehículo y la vía lo cual se manifiesta en accidentes y congestión.



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

En base a los estudios realizados se puede concluir en que las características actuales de la vía no son adecuadas para el flujo de tránsito existente, generando demoras e impidiendo la fluidez de circulación, como así también el continuo deterioro de la calzada lo cual ocasiona daños al automotor.

Asimismo, los elevados índices accidentológicos requieren una pronta intervención en lo que respecta a la ingeniería vial (diseño geométrico, señalización, medidas de protección, etc.).



CAPÍTULO 3: MECÁNICA DE SUELOS Y TOPOGRAFÍA

MECÁNICA DE SUELOS

3.1) Características generales

Los estudios geotécnicos tienen como objetivo la determinación de las características de los suelos de la traza y verificar su aptitud para la construcción de las obras.

En el Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR) se presentan problemas en obras de ingeniería por la presencia de suelos expansivos.

Los suelos en el AMGR están formados en su mayoría por arcillas plásticas, con consistencias variables y elevados valores de límites líquidos, dando lugar a variaciones volumétricas y de contenido de humedad.

3.2) Antecedentes

Con el objetivo de determinar los tipos de suelos y sus características, presentes en la zona de estudio, se recurrió a la información que se indica en el informe técnico “Canal colector y terraplén de defensa – av. Inglaterra – Rcia” realizado por la firma DINAG Ingenieros Civiles. Información que para el carácter de anteproyecto de la obra, provee los datos necesarios y suficientes para arribar a premisas valederas.

En el informe citado se obtuvieron resultados de perforaciones con ensayos normales de penetración hasta una profundidad variable de 6 a 7 metros. Con las muestras obtenidas se hicieron ensayos de laboratorio a fin de determinar sus propiedades mecánicas.

A su vez se realizaron sondeos con barreno, a profundidad variable de 2 y 4 metros. Para obtener muestras alteradas que permitieran estudiar las propiedades físicas de los distintos suelos encontrados.

De acuerdo a los resultados del informe se puede notar la presencia de suelos arcillosos en la parte superior hasta profundidades variables de 2 a 3 m. Y a lo largo de toda la traza del canal. Presentan consistencia variable y en general alta plasticidad y elevados valores de límites líquidos, indicando esto último posibles variaciones volumétricas con distintos valores de humedad. Atendiendo a la clasificación del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) predominan los tipos CH (arcillas de alta plasticidad), indicativos de suelos compresibles y plásticos, tendientes a sufrir acentuados hinchamientos y contracciones con las variaciones del contenido de agua. En algunas zonas pero con



mucha menor regularidad se encuentran suelos CL (arcillas de baja plasticidad), menos comprensibles y plásticos y con menores posibilidades expansivas. Se hallan también algunas arcillas limosas (CL ML), algunos limos orgánicos (ML OL) poco comprensibles y de muy baja plasticidad. Las arenas que se encuentran por debajo de las arcillas presentan compacidad mediana en general, aunque en algunas zonas son de compacidad suave, son arenas finas y muy finas, graduadas y fueron detectadas hasta los 6 a 7 m. de profundidad.

Tabla 18. Perforaciones canal colector (fuente: DINAG Ingenieros Civiles)

COTA BOCA DE PERFORACIÓN		50,44	50,59	50,4	50,52	49,99	50,11	50,15	50,04
PROGRESIVA		0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500
1° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	0/0,7	0/0,5	0/0,5	0/0,45	0/0,35	0/1,2	0/0,65	0/1,1
	N° DE MUESTRA	1	5	8	11	14	17	19	22
	LÍMITE LÍQUIDO	52,8	39,6	41	33,1	47,5	74,9	54,9	55,8
	INDICE PLÁSTICO	34,2	23,7	17,8	18,3	26,2	50,4	31,6	34,8
	PASA TAMIZ 40	100	100	100	100	100	100	100	100
	PASA TAMIZ 200	91	88	90	83	97	99	96	94
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-7-6 (19)	A-6 (14)	A-7-6 (11)	A-6 (11)	A-7-6 (16)	A-7-6 (20)	A-7-6 (19)	A-7-6 (19)
2° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	0,7/1,15	0,5/1,05	0,5/1,3	0,45/1,3	0,35/1,5	1,2/2	0,65/1,3	1,1/1,6
	N° DE MUESTRA	2	6	9	12	15	18	20	23
	LÍMITE LÍQUIDO	46,9	56,2	47,9	43,8	59,5	60,3	57,4	52,6
	INDICE PLÁSTICO	32,2	40,1	29,5	28,1	40,3	37,9	35,7	34,8
	PASA TAMIZ 40	100	100	100	100	100	100	100	100
	PASA TAMIZ 200	82	93	92	82	97	97	97	87
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-7-6 (17)	A-7-6 (19)	A-7-6 (18)	A-7-6 (16)	A-7-6 (20)	A-7-6 (20)	A-7-6 (19)	A-7-6 (19)
3° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	1,15/1,70	1,05/2	1,30/2,40	1,3/3	1,5/2,25	2/2,8	1,3/2	1,6/2,45
	N° DE MUESTRA	3	7	10	13	16	98	21	24
	LÍMITE LÍQUIDO	32,4	79,3	44,7	46,3	53,8	60	57,2	57,1
	INDICE PLÁSTICO	19,5	57,5	24,8	30,1	32,9	36,9	35,8	38,8
	PASA TAMIZ 40	100	100	100	100	100	100	100	100
	PASA TAMIZ 200	82	96	94	94	97	98	96	93
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-6 (12)	A-7-6 (20)	A-7-6 (15)	A-7-6 (17)	A-7-6 (19)	A-7-6 (20)	A-7-6 (19)	A-7-6 (19)
4° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	1,70/2		2,4/2,8	2/3,05	2,25/2,8	2,8/3,2	2/2,7	2,45/3,2
	N° DE MUESTRA	4		91	93	96	99	100	103
	LÍMITE LÍQUIDO	53,4		61,2	64,4	61,5	57,3	60,3	35,9
	INDICE PLÁSTICO	35,1		39,3	45,1	39,2	36,8	39,3	18,7
	PASA TAMIZ 40	100		100	100	100	100	100	100
	PASA TAMIZ 200	96		96	86	96	99	98	99
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-7-6 (19)		A-7-6 (20)	A-7-6 (20)	A-7-6 (20)	A-7-6 (19)	A-7-6 (20)	A-6 (11)
5° CAPA	PROFUNDIDAD (m)			2,8/3,2	3,05/3,20	2,8/3,2		2,7/3,2	
	N° DE MUESTRA			92	94	97		101	
	LÍMITE LÍQUIDO			39,9	48,1	48,5		25,7	
	INDICE PLÁSTICO			21	31,4	28,5		7,5	
	PASA TAMIZ 40			100	100	100		100	
	PASA TAMIZ 200			90	84	98		65	
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)			A-6 (12)	A-7-6 (18)	A-7-6 (17)		A-4 (6)	



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

6° CAPA	PROFUNDIDAD (m)							
	N° DE MUESTRA							
	LÍMITE LÍQUIDO							
	INDICE PLÁSTICO							
	PASA TAMIZ 40							
	PASA TAMIZ 200							
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)							

COTA BOCA DE PERFORACIÓN		49,59	49,54	49,09	49,46	49,75	49,3	49,67	49,72
PROGRESIVA		4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500
1° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	0/0,5	0/0,45	0/0,4	0/0,8	0/0,8	0/0,7	0/1,25	0/0,4
	N° DE MUESTRA	25	29	33	37	42	45	48	52
	LÍMITE LÍQUIDO	65,2	42,3	43,8	79,5	44,2	52	20,1	47,8
	INDICE PLÁSTICO	44	22	26,9	54,2	27,9	35	4,6	32,6
	PASA TAMIZ 40	100	100	100	100	100	100	100	100
	PASA TAMIZ 200	94	93	85	97	94	94	58	71
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-7-6 (20)	A-7-6 (13)	A-7-6 (16)	A-7-6 (20)	A-7-6 (15)	A-7-6 (18)	A-4 (5)	A-7-6 (18)
2° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	0,5/0,9	0,45/1,05	0,4/1	0,8/1	0,8/2,5	0,7/1,8	1,25/1,7	0,4/1,40
	N° DE MUESTRA	26	30	34	38	43	46	49	53
	LÍMITE LÍQUIDO	57,2	55,7	47,5	57,1	58,4	44,7	27,8	43,5
	INDICE PLÁSTICO	34,4	36,3	31	37,7	42	26,9	14,7	29
	PASA TAMIZ 40	100	100	100	100	100	100	100	100
	PASA TAMIZ 200	92	96	87	94	93	93	63	69
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-7-6 (19)	A-7-6 (19)	A-7-6 (17)	A-7-6 (19)	A-7-6 (20)	A-7-6 (16)	A-6 (8)	A-7-6 (17)
3° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	0,9/1,55	1,05/1,55	1/1,55	1/1,9	2,5/3,5	1,8/3	1,7/2,7	1,4/2,1
	N° DE MUESTRA	27	31	35	39	44	47	50	54
	LÍMITE LÍQUIDO	67,8	61,7	32,7	35,6	58	27,9	20	40,4
	INDICE PLÁSTICO	46,6	39,5	15,5	21,4	41,3	9,9	1,2	23,4
	PASA TAMIZ 40	100	100	100	100	100	100	100	100
	PASA TAMIZ 200	93	95	92	72	95	80	46	84
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-7-6 (19)	A-7-6 (20)	A-6 (10)	A-6 (12)	A-7-6 (20)	A-4(18)	A-4 (12)	A-7-6 (16)
4° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	1,55/2	1,55/2	1,55/2	1,9/2,4	3,5/4	3/3,3	2,7/3,3	2,1/3,7
	N° DE MUESTRA	28	32	36	40	111	112	51	55
	LÍMITE LÍQUIDO	45,8	63,4	25,6	33,8	42,8	26,9	-	20,4
	INDICE PLÁSTICO	30,2	40,1	7,5	18,7	23,5	10,3	N.P.	0,8
	PASA TAMIZ 40	100	100	100	100	100	100	100	99
	PASA TAMIZ 200	86	97	80	76	96	99	81	29
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-7-6 (17)	A-7-6 (20)	A-4 (8)	A-6 (11)	A-7-6 (14)	A-6 (8)	A-4 (8)	A-2-4 (0)
5° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	2/2,85	2/2,7	2/3,2	2,4/3		3,3/4	3,3/4	
	N° DE MUESTRA	104	107	109	41		113	115	
	LÍMITE LÍQUIDO	37,1	29,1	24,5	20,3		-	-	
	INDICE PLÁSTICO	20,5	12,8	6,6	1,7		N.P.	N.P.	
	PASA TAMIZ 40	100	100	100	100		100	100	
	PASA TAMIZ 200	79	87	81	44		38	15	
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-6 (12)	A-6 (9)	A-4 (8)	A-4 (2)		A-4 (1)	A-2-4 (0)	
6° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	2,85/3,2	2,7/3,2						
	N° DE MUESTRA	106	108						
	LÍMITE LÍQUIDO	-	-						
	INDICE PLÁSTICO	N.P.	N.P.						
	PASA TAMIZ 40	100	100						
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-4 (2)	A-4 (2)						



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

COTA BOCA DE PERFORACIÓN		49,57	49,62	49,22	49,42	47,06	46,25	46,9	46,7
PROGRESIVA		8000	8500	9000	9500	10000	10400	10600	10900
1° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	0/0,35	0/0,5	0/0,5	0/0,5	0/0,5	0/0,45	0/1,1	0/0,7
	N° DE MUESTRA	56	61	65	70	75	78	83	86
	LÍMITE LÍQUIDO	33,9	39,1	33	21,2	71,3	78,2	69	77,5
	INDICE PLÁSTICO	20,6	26,2	18,9	8,2	51,2	50,6	43,5	54,5
	PASA TAMIZ 40	100	100	100	100	100	100	100	100
	PASA TAMIZ 200	64	76	82	59	93	95	99	95
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-6 (10)	A-6 (15)	A-6 (12)	A-4 (5)	A-7-6 (20)	A-7-6 (20)	A-7-6 (20)	A-7-6 (20)
2° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	0,35/0,6	0,5/1,5	0,5/1,5	0,5/1	0,5/1,4	0,45/0,9	1,1/2,1	0,7/1,5
	N° DE MUESTRA	57	62	66	71	76	79	84	87
	LÍMITE LÍQUIDO	43,9	45,1	47,1	36,4	51,6	85,6	77,7	77
	INDICE PLÁSTICO	30,7	30,2	33,6	22,2	33,6	60,3	52,2	53,1
	PASA TAMIZ 40	100	100	100	100	100	100	100	100
	PASA TAMIZ 200	69	88	85	81	95	96	99	99
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-7-6 (15)	A-7-6 (17)	A-7-6 (17)	A-7-6 (17)	A-7-6 (18)	A-7-6 (20)	A-7-6 (20)	A-7-6 (20)
3° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	0,6/1,4	1,5/2,4	1,5/2,1	1/2,35	1,4/2,2	0,9/1,7	2,1/2,3	1,5/2,1
	N° DE MUESTRA	58	63	67	72	77	80	85	88
	LÍMITE LÍQUIDO	57,8	38,3	36,8	24,4	52	87,1	33,6	74,5
	INDICE PLÁSTICO	42,2	23,6	22,1	8,5	32,5	62,6	16,6	51,7
	PASA TAMIZ 40	100	100	100	100	100	100	100	100
	PASA TAMIZ 200	79	86	90	79	99	98	98	98
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-7-6 (20)	A-6 (14)	A-6 (13)	A-4 (8)	A-7-6 (18)	A-7-6 (20)	A-6 (11)	A-7-6 (20)
4° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	1,4/2	2,4/3,7	2,1/2,8	2,35/3		1,7/1,9		2,1/2,4
	N° DE MUESTRA	59	64	68	73		81		89
	LÍMITE LÍQUIDO	23,2	-	28,9	-		64		29,1
	INDICE PLÁSTICO	7,5	N.P.	13,9	N.P.		41,7		13,1
	PASA TAMIZ 40	100	100	100	97		100		100
	PASA TAMIZ 200	59	19	80	15		92		99
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-4 (5)	A-2-4 (0)	A-6 (10)	A-2-4 (0)		A-7-6 (20)		A-6 (9)
5° CAPA	PROFUNDIDAD (m)	2/3,7		2,8/3,7	3/3,7		1,9/2,3		
	N° DE MUESTRA	60		69	74		82		
	LÍMITE LÍQUIDO	-		24,2	-		31,4		
	INDICE PLÁSTICO	N.P.		2,3	N.P.		15,6		
	PASA TAMIZ 40	100		100	90		100		
	PASA TAMIZ 200	29		68	12		71		
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)	A-2-4 (0)		A-4 (7)	A-2-4 (0)		A-6 (9)		
6° CAPA	PROFUNDIDAD (m)				3,7/4,2				
	N° DE MUESTRA				117				
	LÍMITE LÍQUIDO				-				
	INDICE PLÁSTICO				N.P.				
	PASA TAMIZ 40				88				
	PASA TAMIZ 200				8				
	CLASIFICACIÓN HRB (IG)				A-3 (0)				



3.3) Ensayo de Compactación Proctor

El objetivo de la compactación es a través de una fuerza mecánica aumentar el peso específico del suelo, reduciendo los volúmenes vacíos y aumentar su resistencia mecánica incrementando la cohesión y fricción entre la masa de suelo, a su vez reducir la permeabilidad y la capacidad de deformación.

El ensayo de compactación Proctor busca reproducir en laboratorio, las condiciones de compactación que se darían en campaña y determinar así la densidad máxima seca y el contenido de humedad óptimo del suelo.

Para los suelos arcillosos (A-7-6) predominantes en la zona de estudio el ensayo correspondiente es el Proctor Estándar (VN - E5 - 93), para el cual se aplica una energía específica de 6kgcm/cm^3 mediante un pisón de 2,5kg que cae de una altura de 30,5 cm. Se realizan 3 capas, a la cual se les aplica 25 golpes por capa. Se utiliza un molde con una altura de 11,64cm y diámetro de 10,16 cm.

Con este método se grafica una curva de densidad contra humedad, en la cual se determinan 5 puntos, 3 de subida en la rama seca y 2 de bajada en la rama húmeda. Cada punto tiene un 2 o 3% de humedad mayor con respecto al punto anterior.

Al no contar con ensayos Proctor realizados por la empresa, se procedió a representar mediante un ensayo con iguales características de límite líquido, límite plástico, índice plástico y los porcentajes de pasa tamices, los resultados de un ensayo para un suelo similar al de la zona en estudio (tabla 19).

Dicho ensayo arrojó como resultados, una densidad máxima de $1,53\text{ g/cm}^3$ y una humedad óptima de 30,2 % (figura 27).

Tabla 19. Ensayo de compactación Proctor. (Fuente: elaboración propia)

Ensayo N°	% Agua aprox.	Peso del suelo y molde	Peso del molde	Peso del suelo	Volúmen del molde	Densidad del Suelo		Observaciones
						Húmedad	Seca (1)	
1		3388	1743	1645	970	1,70	1,37	
2		3552	1743	1809	970	1,86	1,47	
3		3681	1743	1938	970	2,00	1,53	
4		3686	1743	1943	970	2,00	1,50	
5		3631	1743	1888	970	1,95	1,42	



Ensayo N°	N° de Pesafiltro	Pesafiltro + suelo húmed.	Pesafiltro + suelo seco	Peso del agua	Tara del Pesafiltro	Peso de suelo seco	Húmedad en %	Observaciones
1		300	246	54	19,5	226,5	23,8	
2		300	241	59,00	18,1	222,9	26,5	
3		300	235	65	19,9	215,1	30,2	
4		300	230	70	19,7	210,3	33,3	
5		300	224	76	19,9	204,1	37,2	

Material	L. L.	I.P.	Granulom.
SUELO	55,70	36,3	

Tamiz	N° 10	N° 40	N° 200	H.R.B.
Pasa %	100	100	96	A - 7 - 6 (19)

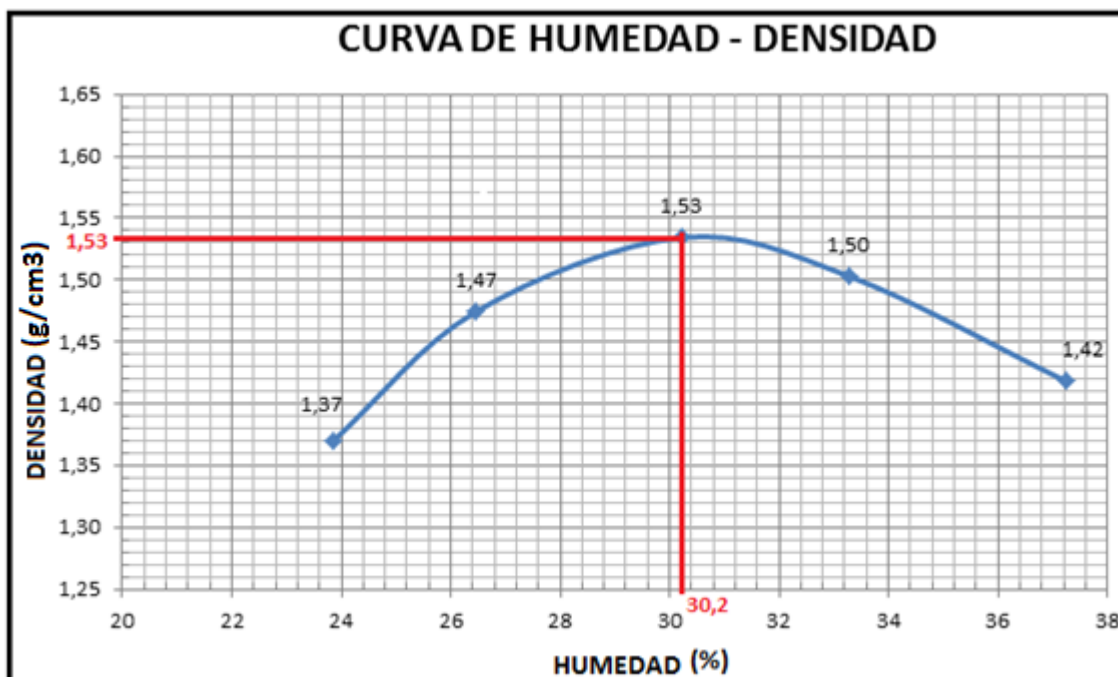


Figura 28. Curva densidad – humedad. Ensayo Proctor. (Fuente: elaboración propia)

3.4) Correlaciones

El Dr. Ruiz estudiando las características que se tienen en cuenta para la determinación del Índice de Grupo, las propiedades del suelo que mide el ensayo de VSR y mediante resultados experimentales, llegó a la conclusión de que existe una correlación que vincula el VSR con el IG, y propuso la siguiente ecuación:



$$IG = K * e^{-q \text{ CBR}}$$

Para llegar a esta expresión, el DR. Ruiz se apoya en el trabajo del Ing. R.E. Livingston del estado de Colorado de los EE.UU, que propuso una correlación entre el IG y el VSR, dejando claramente expresado que esa correlación no es rigurosa y sería la siguiente:

Tabla 20. Correlación entre IG y CBR para el estado de Colorado EE.UU. (Fuente: apunte de cátedra Materiales Viales)

Suelos del estado de Colorado	
IG	CBR
2	15
5	10
8	7
11	5
13	4
16	3
20	2

Para $IG = 0$, en realidad, correspondería un VSR mayor o igual a 20, vale aclarar que dicho ingeniero considera que esta correlación solo existiría para suelos con $IG > 1$.

Se llevó los valores de la correlación a un gráfico (figura 29), en el cual en ordenadas iba el IG, en escala logarítmica y en abscisas los valores de CBR en escala aritmética. Dicha línea que vincula ambos valores se asemeja a una recta, y extrapolando la misma hasta cortar el eje de IG, se comprueba que corta en el valor de 26, es decir que cuando el CBR es igual 0, el IG es igual a 26.

Reemplazando dichos valores en la ecuación, se obtuvo el valor de K.

$$IG = K * e^{-q \text{ CBR}}$$

$$26 = K * e^{-q * 0}$$

Despejando “K” de esta nueva ecuación tendremos:

$$K = 26$$



El significado de $CBR = 0$ con ese Índice de grupo hipotético correspondería a un suelo en el que basta la carga de acomodamiento del pistón de 4,54 Kg (10Lbs) que se aplica antes de iniciar el ensayo de penetración, para alcanzar una penetración de 0,1 pulgadas.

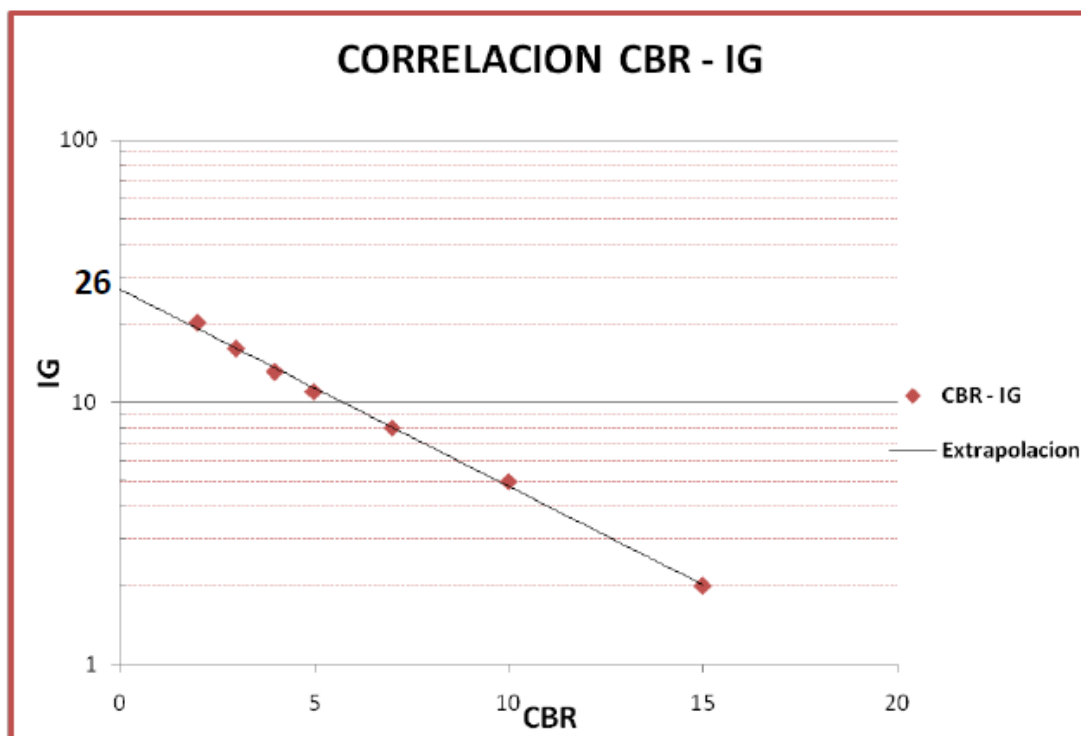


Figura 29. Correlación entre IG y CBR del DR. Ruiz. (Fuente: apunte de cátedra Materiales Viales)

Aplicando logaritmo a la ecuación: $\log IG/K = -q * CBR \log e$

Siendo:

$\log e = 0,4343$ y $K = 26$ despejando q y reemplazando tendremos:

$$q = 2,3/CBR * \log 26/IG$$

Aceptando como correctos los valores correlativos del estado de Colorado, se puede decir que el valor de q es en promedio una constante igual a 0,163 (Tabla 21)



Tabla 21. Valores de q, para correlación entre IG y CBR del DR. Ruiz. (Fuente: apunte de cátedra Materiales Viales)

Suelos del estado de Colorado		$q = (2,3/CBR) * \log (26/IG)$
IG	CBR	
2	15	0,1708
5	10	0,1647
8	7	0,1682
11	5	0,1718
13	4	0,1731
16	3	0,1617
20	2	0,1310
Valor medio de q:		0,1630

Reemplazando los valores hallados de K y q en la ecuación y aplicando logaritmos:
 $\log IG/26 = -0,163 * CBR \log e$

Despejando CBR tendremos:

$$CBR = 14,1 * \log 26/IG$$

Basándonos en las muestras de suelo pertenecientes a la segunda capa, representadas en la tabla 18 “Perforaciones del canal colector”, ya que la primera capa se descarta por presentar material orgánico, se observó que el suelo predominante es según la clasificación de la Highway Research Board (H.R.B.) A-7-6 (suelo arcilloso de alta plasticidad) con índices de grupos que oscilan entre valores de 15 a 20. En función a estos valores se aplicó la correlación precedente (ver tabla 22).

Tabla 22. Correlación IG-CBR (fuente: elaboración propia)

Cantidad de muestras	IG	CBR
1	15	3,37
2	16	2,97
6	17	2,60
2	18	2,25
6	19	1,92
6	20	1,61



Se realizó un promedio ponderado con las 23 muestras, teniendo en cuenta el valor de CBR para cada una y la cantidad de muestras que había para cada valor de IG. El resultado del mismo arrojó un Valor Soporte Relativo (VSR)= 2,2 %

$$\text{VSR} = \frac{3,37*1+2,97*2+2,60*6+2,25*2+1,92*6+1,61*6}{23} = 2,2 \%$$

3.5) Suelos mejorados con cal

El suelo debe cumplir con las siguientes recomendaciones para uso en terraplenes según pliego de especificaciones técnicas de la DNV (B.III 2.1):

- CBR mayor o igual a 3.
- Hinchamiento menor o igual a 2,5% (con sobrecarga de 4,5 kg.)
- Índice de plasticidad menor a 25.

Debido a que el suelo presenta características desfavorables, CBR 2,2 % (menor a 3) y un índice de plasticidad 36,3% (mayor a 25%), es necesario agregar un contenido de cal al suelo.

Al agregarle cal, el suelo presenta mejoras en sus características físicas, reduciendo su plasticidad, susceptibilidad al agua y cambios volumétricos. A su vez presenta mejoras en su capacidad de soporte y trabajabilidad.

Según el pliego de especificaciones técnicas de la DNV (C.VII 2.4 Mezclas), es necesario agregar un 2% de cal útil vial (CUV), referido al peso de suelo seco o un porcentaje mayor que resulte de acuerdo a la modificación que se pretenda de las constantes físicas y/o parámetros resistentes del suelo.

Conociéndose a la cal útil vial, como aquella que es capaz de reaccionar física y químicamente con el suelo, produciendo cambios en su naturaleza y propiedades.

Se adoptó incorporar un 2% de CUV, para realizar la mejora del suelo.



3.6) Conclusiones del estudio de suelos

Como conclusión del estudio de suelos, al tratarse de un nivel de anteproyecto se considera correcto adoptar los estudios realizados por la empresa DINAG.

Al tratarse de suelos no aptos para uso vial, por ser expansivos, altamente plásticos con elevados contenidos de humedad, se decidió incorporar 2% de CUV con el objetivo de mejorar las características de los mismos.

A su vez se recomienda la realización de 3 calicatas de 1m², con una separación entre cada pozo de 4000m aproximadamente y perforaciones con barrenos a lo largo de la traza en estudio, con separaciones máximas de 500m. y se deberán realizar perforaciones intermedias en caso de presentar diferencias en las tipologías de suelos entre barrenos consecutivos, con profundidades que irán hasta la línea de desagüe y como mínimo 1,50m bajo terreno natural.

Con las muestras extraídas con barrenos se realizan los ensayos de laboratorios: humedad natural del suelo (IRAM N° 10519/70), granulometrías (VN-E1-65), límite líquido (VN-E2-65), límite plástico e índice de plasticidad (VN-E3-65) y clasificación de suelos de acuerdo al sistema HRB (VN-E4-84).

Con las muestras extraídas con calicatas, además de los ensayos de laboratorio nombrados anteriormente, se deben ejecutar los ensayos de compactación de suelos (VN-E5-93) y determinación de valor soporte e hinchamiento de suelos (VN-E6-84).

TOPOGRAFIA

3.7) Generalidades

La zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la vasta llanura “chaco-pampeana”, que en la región chaqueña se manifiesta como una planicie, sin accidentes topográficos, que se extiende unos 600 km entre los faldeos sub-andinos de cota promedio 350 m y el curso fluvial Paraguay-Paraná que tiene una cota de 50 m.

El principal moldeador del relieve en la región sudeste del chaco son los ríos, es un área gobernada por los deltas de los mismo, donde se destacan ríos como el Paraná, Paraguay, Negro y Bermejo, que esculpen el terreno con meandros. Precisamente la formación de los meandros se debe a la escasa pendiente de la llanura chaqueña, que en



algunos puntos puede llegar a los 5m cada 100 km. Este fenómeno provoca una topografía local irregular con presencia de albardones con consiguientes zonas anegables.

En particular, en la zona de estudio, se tiene en cuenta las modificaciones a la topografía debido a las obras de ingeniería del lugar.

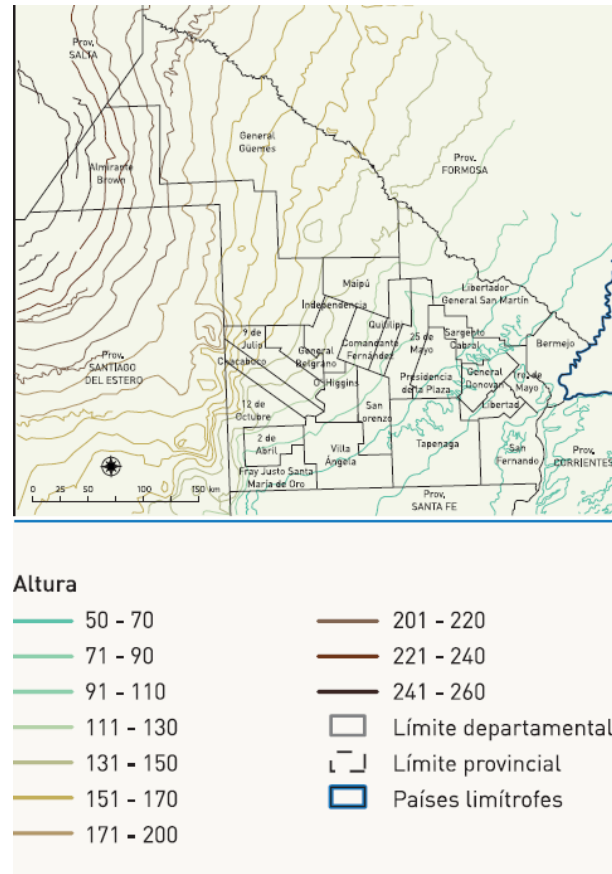


Figura 30. Relieve de la provincia del Chaco. (Fuente: Plan maestro humedales)

3.8) Objetivos y alcance

Los estudios topográficos tendrán como objetivo:

- Permitir la elaboración de planos topográficos.
- Proporcionar información para los estudios de drenaje.
- Establecer puntos de referencia para replanteo de la obra.

3.9) Recopilación de información

- Base de datos de la APA (Administración Provincial del Agua)
- Curvas de nivel CFI
- Trabajo de campo



3.9.1) Trabajo del campo

Se realizó una nivelación de ida, partiendo de la ménsula CFI 34, ubicada en la intersección de la Av. Mac Lean y Av. Islas Malvinas. La extensión del trabajo de nivelación altimétrico fue de 4 km (ver tabla 23). En los tramos que se consideró relevante se realizó un perfil transversal de la calzada actual a fin de contar con información adicional. Más allá de la nivelación altimétrica, donde ya se contaban con datos de altimetría de la calzada, se tomaron perfiles transversales relativos (ver planos 3 al 12), para después asociarlos a la cota del lugar (ver tabla 24).

Se utilizó para este trabajo un nivel BOIF y equipo perteneciente a la Facultad de Ingeniería.



Tabla 23. Nivelación altimétrica. (fuente: Elaboración propia)

		Atrás	Adelante		PLANO VISUAL	COTA
E0	LECTURA EN MENSULA	0,585				
	LECTURA EN PISO	1,131			51,139	50,008
			1,151	PROG. 1000		49,988
E1	PROG. 1000	1,621	1,551	PROG. 1100	51,609	50,058
E2	PROG. 1100	1,639	1,195	PROG. 1230	51,697	50,502
E3	PROG. 1230	1,449	1,765	PROG. 1430	51,951	50,186
E4	PROG. 1430	1,255	1,605	PROG. 2000	51,441	49,836
E5	PROG. 2000	1,56	1,53	PROG. 2225	51,396	49,866
E6	PROG. 2225	1,555	1,51	PROG. 2375	51,421	49,911
E7	PROG. 2375	1,54	1,53	PROG. 2625	51,451	49,921
E8	PROG. 2625	1,6	1,505	PROG. 2865	51,521	50,016
E9	PROG. 2865	1,28	1,65	PROG. 3000	51,296	49,646
E10	PROG. 3000	1,835	1,545	PROG. 3235	51,481	49,936
E11	PROG. 3235	1,49	1,54	PROG. 3475	51,426	49,886
E12	PROG. 3475	1,5	1,675	PROG. 3725	51,386	49,711
E13	PROG. 3725	1,365	1,47	PROG. 4000	51,076	49,606
E14	PROG. 4000	1,295	1,58	PROG. 4230	50,901	49,321
E15	PROG. 4230	1,65	1,58	PROG. 4480	50,971	49,391
E16	PROG. 4480	1,31	1,38	PROG. 4720	50,701	49,321
E17	PROG. 4720	1,48	1,325	PROG. 5000	50,801	49,476
E18	PROG. 5000	1,355	1,36		50,831	49,471



Tabla 24. Perfiles Transversales. (Elaboración propia)

PROGRESIVA 1.100	MEDICION	COTA
	1,551	50,058
	1,56	50,049
	1,4	50,209
	1,7	49,909
	1,803	49,806
	1,7	49,909
	1,84	49,769
	1,695	49,914
PROGRESIVA 2.375	MEDICION	COTA
	1,51	49,911
	1,415	50,006
	1,22	50,201
	1,425	49,996
	1,53	49,891
	1,545	49,876
	1,41	50,011
PROGRESIVA 3.000	MEDICION	COTA
	1,65	49,646
	1,51	49,786
	1,38	49,916
	1,52	49,776
	1,5	49,796
	1,365	49,931
PROGRESIVA 4000	MEDICION	COTA
	1,325	49,751
	1,47	49,606
	1,49	49,586
	1,34	49,736
	1,36	49,716
	1,55	49,526
	1,52	49,556
	1,385	49,691



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

PROGRESIVA 5.160	MEDICION	COTA
	1,385	49,446
	1,232	49,599
	1,282	49,549
	1,55	49,281
	1,565	49,266
	1,452	49,379
PROGRESIVA 6.000	MEDICION	COTA
	1,39	49,235
	1,385	49,24
	1,382	49,243
PROGRESIVA 7.100	MEDICION	COTA
	1,33	48,73
	1,31	48,75
	1,315	48,745
PROGRESIVA 8.100	MEDICION	COTA
	1,555	48,485
	1,54	48,5
	1,535	48,505
PROGRESIVA 9.100	MEDICION	COTA
	1,62	49,015
	1,575	49,06
	1,59	49,075
PROGRESIVA 11.150	MEDICION	COTA
	1,61	50,03
	1,475	49,895
	1,47	49,9
	1,48	49,89
	1,625	50,035



3.9.2) Relevamiento

Durante la campaña de nivelación se midió la distancia a puntos de interés desde la calzada de la ruta. Estas distancias son las siguientes:

- Distancia al tendido eléctrico de media tensión
- Distancia a la cuneta colectora
- Distancia al canal

Además, se tomó constancia de la ubicación de los obstáculos presentes de la zona de camino propuesta. (Ver Perfil Tipo).



CAPÍTULO 4: DISEÑO GEOMÉTRICO

4.1) Generalidades

El diseño geométrico de la vía comprende el dimensionamiento de sus elementos físicos, como curvas verticales y horizontales, ancho de carriles, secciones transversales, playas de estacionamiento, intersecciones y cruces, intercambiadores, etc. Dichos elementos dependerán de las características del conductor, del peatón, de los vehículos y del camino.

El objetivo principal del diseño geométrico es producir una instalación que tenga un flujo continuo y que esté libre de accidentes, lo cual se logra manteniendo un estándar de diseño consistente a lo largo de todo el camino, que satisfaga las características del tránsito (vehículos y conductores) y la importancia y usos (tanto sociales como económicos) que se le da al camino en cuestión.

El diseño adoptado en este trabajo toma como premisas principales la seguridad y comodidad por un lado, pensando un diseño simple y uniforme, exento de sorpresas, fácil de entender para el usuario y que no genere dudas en este. Por el otro lado, se busca la funcionalidad del mismo garantizando que los vehículos que transitan la vía circulen a velocidades adecuadas permitiendo una buena movilidad.

4.2) Metodología

Para definir las características geométricas del tramo en estudio el trabajo se basó en las condiciones impuestas por el código de planeamiento urbano de la ciudad de Resistencia combinado con las recomendaciones realizadas por el pliego de recomendaciones técnicas y normas de diseño de la Dirección Nacional de Vialidad.

Asimismo se tomaron definiciones e indicaciones propias de otros estados, que se consideran acordes a la solución propuesta, respetando a su vez las normativas de diseño vigentes en el país. Se siguieron recomendaciones de la AASHTO, del Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual), del Manual de Vialidad Urbana de la República de Chile, el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas de la ciudad de Lima – Perú y el Manual de Diseño de Vías de Colombia.



4.3) Factores influyentes en el diseño

Los factores que intervienen o influyen en el diseño de una vía son muy variados y podrían catalogarse como externos e internos.

a) Externos: Los factores externos corresponden a las condiciones preexistentes y de los cuales se deben obtener toda la información posible a fin de analizarlos y determinar algunas características importantes de la nueva vía. Estos factores pueden ser:

- Las características físicas (Topografía, geología, climatología, hidrología)
- La clasificación funcional de la carretera
- El volumen y características del tránsito actual y futuro
- Los recursos económicos de que se pueda disponer para su estudio, construcción y mantenimiento
- Los aspectos ambientales
- Los desarrollos urbanísticos existentes y previstos en la zona de influencia
- Los parámetros socioeconómicos del área de influencia (uso de la tierra, empleo, producción)
- La calidad de las estructuras existentes
- Los peatones
- Tráfico de ciclistas
- La seguridad vial

b) Internos: Por su parte los factores internos son aquellos que son propios a la vía pero que en parte dependen de los externos. Estos factores son:

- Las velocidades a tener en cuenta
- Las características de los vehículos
- Los efectos operacionales de la geometría
- Las características del tráfico
- Las capacidades de las vías
- Las aptitudes y comportamiento de los conductores
- Las restricciones a los accesos



4.4) Clasificación de la vía

- Según la clasificación funcional: las vías urbanas se clasifican funcionalmente en arterias principales o vías expresas, arterias menores o vías troncales, vías colectoras y vías locales.

a) *Vías expresas:* establecen la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí). Unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad. Sirven para viajes largos entre grandes áreas de vivienda y concentraciones industriales, comerciales y el área central.

b) *Vías troncales o arteriales:* permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido.

c) *Vías colectoras:* sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes.

d) *Vías locales:* son aquellas cuya función principal es proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida.

- De acuerdo al Código de Planeamiento Urbano la red vial se clasifica en:

a) RED VIAL PRINCIPAL

1) *Red primaria:* está constituida por los tramos de rutas nacionales y provinciales, que posibilitan los accesos regionales y distribuyen el tránsito desde los mismos hacia la red vial secundaria.

2) *Red secundaria:* está constituida por las arterias de tránsito rápido que distribuyen los flujos principales de circulación entre los distintos sectores del complejo urbano y desde



los mismos hacia las salidas regionales. Por su naturaleza estas arterias deben disponer de un ancho de vía suficiente y ser periféricas a las áreas centrales y de mayor densificación con el fin de evitar la congestión de las mismas. Al mismo tiempo por su ubicación dentro de la red, algunas están destinadas preferentemente al tránsito de cargas pesadas, otras al de cargas livianas, y otras al de tránsito liviano.

3) *Red terciaria*: está constituida por las vías que interconectan entre sí las áreas centrales y comerciales y canalizan el mayor flujo del transporte colectivo urbano con sus múltiples paradas por lo cual la velocidad de circulación se torna más lenta, esta red configura una trama cruzada con la red secundaria de modo que desde cualquier punto de la misma es posible alcanzar, a corta distancia una vía rápida de distribución.

b) RED VIAL INTERNA

4) *Red cuaternaria*: está representada por las múltiples calles de acceso a cada parcela urbana por lo cual no integran la categoría de red principal. No obstante, deben guardar una red terciaria y es admisible su intersección con la red secundaria, pero de ningún modo puede tolerarse su vinculación directa con la red primaria para la cual deben preverse calles laterales de servicio.

- La DNV clasifica los caminos en cinco categorías: I, II, III, IV, V (en función del TMDA, la topografía del terreno y la velocidad directriz asignada al tramo a estudiar).

Para ello ver Tabla N° 25 y Tabla N° 25 (continuación).



Tabla 25. Características de diseño geométrico de caminos (fuente: DNV)

CATEGORIA DEL CAMINO	CARACTERISTICAS BASICAS			Topografía	Velocidad Directriz (2) km/h	Peralte Máximo (3) %	Radio Mínimo (3)		Pendientes Máximas y Longitudes correspondientes en recta hasta 500 m s/nivel del mar (4)				
	Volumen Tránsito Diario de Diseño (1)	Control de Accesos	Nº de Trochas				Deseable	Absoluto	Valores Deseables		Valores Límites s/Volumen de tránsito Diario de Diseño		
									Pendiente	Longitud	Pendiente	Longitud	
												Vol. Máx.	Vol. Mínimo
%	m.	%	m.	m.									
ESPECIAL	>15.000	TOTAL	>2+2	LLANURA	130	8	1200	700	2	1400	3	3800	-
				ONDULADA	110	8	800	500	3	540	4	2100	-
I	5.000 A 15.000	TOTAL O PARCIAL	2+2	LLANURA	130	8	1200	700	3	540	3	3800	-
				ONDULADA	110	8	800	500	3	540	5	1400	-
				MONTAÑOSA	80	10	350	220	4	330	6	1000	-
II	1.500 A 5.000	PARCIAL	2	LLANURA	120	8	800	600	3	540	3	760	3800
				ONDULADA	100	8	600	400	3	540	5	400	670
				MONTAÑOSA	70	10	250	160	5	240	7	270	380
III	500 A 1.500	PARCIAL O SIN CONTROL	2	LLANURA	110	8	800	500	3	540	5	670	-
				ONDULADA	80	10	450	300	4	330	6	480	-
				MONTAÑOSA	60	10	180	120	5	240	7	380	3100
IV	150 A 500	SIN CONTROL	2	LLANURA	100	8	600	400	4	330	6	-	-
				ONDULADA	70	10	250	160	5	240	7	3100	-
				MONTAÑOSA	40	10	80	50	6	190	8	1000	-
V	< 150	SIN CONTROL	2	LLANURA	90	8	520	300	5	240	6	-	-
				ONDULADA	30	10	120	80	6	190	8	-	-
				MONTAÑOSA	30	10	40	25	7	160	10	-	-



Tabla 25 (continuación). Características de diseño geométrico de caminos (fuente: DNV)

CATEGORIA DEL CAMINO	Distancia Mínima de Visibilidad (5)		Anchos de Coronamiento				Taludes del Terraplén según su altura (8)				Ancho de Obras de Arte entre Guardarruedas según su Luz	
	Para Detención	Para Sobreebanco	Calzada	Banquina (8)	Cantero Central (7)	Total	0 A 1,50	1,50 A 3,00	3,00 A 5,00	5,00	L ≤ 10m.	L > 10m.
	m.	m.					m.	m.	m.	m.		
ESPECIAL	260	860	7.50	3.50	≥ 11,00	>33,00	1:6	1:4	1:3	1:2	> 33.00	> 2 x13.00
	185	750	7.50	3.50	≥ 11,00	>33,00	1:6	1:4	1:3	1:2	> 33.00	> 2 x13.00
I	260	860	7.50	3.00	≥ 4,00	>25,00	1:6	1:4	1:2	1:1 1/2	≥ 25.00	≥ 20.00
	185	740	7.50	3.00	≥ 4,00	>25,00	1:6	1:4	1:2	1:1 1/2	≥ 25.00	≥ 20.00
	110	540	7.00	3.00	≥ 1,00	>21,00	1:3	1:1 1/2	1:1 1/2	1:1 1/2	≥ 21.00	≥ 16.00
II	220	800	7.30	3.00	-	13.30	1:4	1:4	1:2	1:1 1/2	13.30	8.30
	160	680	7.30	3.00	-	13.30	1:4	1:4	1:2	1:1 1/2	13.30	8.30
	90	470	6.70	2.00	-	10.70	1:2	1:1 1/2	1:1 1/2	1:1 1/2	10.70	8.30
III	185	740	7.30	3.00	-	13.30	1:4	1:4	1:2	1:1 1/2	13.30	8.30
	135	610	6.70	3.30	-	13.30	1:3	1:3	1:2	1:1 1/2	13.30	8.30
	75	400	6.70	1.50	-	9.70	1:2	1:1 1/2	1:1 1/2	1:1 1/2	9.70	8.30
IV	160	680	6.70	3.30	-	13.30	1:4	1:3	1:2	1:1 1/2	13.30	8.30
	90	470	6.70	3.30	-	13.30	1:2	1:2	1:1 1/2	1:1 1/2	13.30	8.30
	45	260	6.00	1.25	-	8.50	1:1 1/2	1:1 1/2	1:1 1/2	1:1 1/2	8.50	7.00
V	135	610	6.00	1.50	-	9.00	1:2	1:2	1:1 1/2	1:1 1/2	9.00	7.00
	60	330	6.00	1.50	-	9.00	1:2	1:2	1:1 1/2	1:1 1/2	9.00	7.00
	30	190	6.00	1.00	-	8.00	1:1 1/2	1:1 1/2	1:1 1/2	1:1 1/2	9.00	7.00



Con base en la clasificación expuesta previamente, el diseño de la solución propuesta para el tramo estudiado se condice con una caracterización funcional del tipo de vía arterial o troncal, la cual posee las siguientes particularidades:

- En estas vías deben evitarse interrupciones en el flujo de tráfico. En las intersecciones donde los semáforos están cercanos, deberán ser sincronizados creando una “onda verde” para minimizar las interferencias al flujo directo.
- Sus calzadas permiten desplazamientos de grandes distancias, con velocidades de operación que oscilan entre 40 y 70 km/h.
- Poseen alta capacidad de desplazamiento de flujos vehiculares.
- Se diseña de manera tal que se priorice el tránsito de automóviles, vehículos colectivos y vehículos de carga. El diseño es de manera tal que se prohíbe el movimiento de vehículos de tracción animal y bicicletas en el carril de tránsito rápido.
- Los peatones deben cruzar solamente en las intersecciones o en cruces semaforizados especialmente diseñados para el paso de peatones.
- Los paraderos del transporte público deberán estar diseñados para minimizar las interferencias con el movimiento del tránsito directo.
- Sus cruces con otras vías y cruces peatonales pueden materializarse al mismo nivel.
- Se recomienda que se diseñen con una continuidad funcional mayor a 6 km, sin embargo por las características de la zona de estudio se prevé una continuidad funcional mayor a 3 km como premisa de diseño.

Acorde con el Código de Planeamiento Urbano del AMGR el tramo a adecuar se encuadra dentro de la red vial primera de la ciudad, como un camino secundario cuyas características funcionales exigen:

- ancho de vía no inferior a 30 m, se cumple en casi la totalidad del tramo.
- normalización de perfil y ancho de calzada.
- clasificación por el tipo y carga de los vehículos que puedan transitar, en tránsito de carga pesada, tránsito de carga liviana y tránsito liviano exclusivamente.

Respetando las especificaciones de la DNV, el tramo del anteproyecto se clasifica como camino Categoría I, con una distribución de calzadas de 3x2 (tres calzadas con dos



sentidos de circulación) con un carril de tránsito rápido con doble sentido de circulación (E-O y O-E) en el centro, el cual tendrá como objetivo principal el de encauzar el tránsito interurbano e interregional, es decir aquellos vehículos que se desplazan entre los distintos municipios del AMGR o que buscan una salida rápida a las vías principales como ser la RN n°11, sin necesidad de ingresar en el centro de ejido urbano. Asimismo, contará con dos carriles laterales de sentido único de circulación con el fin de coleccionar el tránsito urbano, entendiéndose por esto a aquellos vehículos que ingresan a esta vía con destino a diferentes puntos del ejido urbano o con necesidad de acometer a avenidas arteriales adyacentes.

4.5) Velocidad de diseño

La calidad del transporte en el proyecto desarrollado se va a juzgar en base a la eficiencia y economía, lo cual está relacionado directamente con la velocidad.

La velocidad del camino va a depender de la capacidad de los conductores y de las características de los vehículos por un lado. Por el otro lado será función de la condición en que se encuentre la calzada por la que se circula, las características físicas de la carretera y sus zonas aledañas, las condiciones climáticas de ese momento, el volumen de tránsito y de las restricciones a la velocidad mediante reglamentaciones o dispositivos de control.

A su vez, los usuarios de la nueva vía van a medir parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniformemente la velocidad deseada. Se sabe, además, por experiencia que el factor más simple a considerar en la selección de una ruta específica para ir de un origen a un destino, consiste en la minimización de las demoras, lo cual obviamente se logrará con una velocidad buena y sostenida y que ofrezca seguridad.

La velocidad de diseño o velocidad directriz será aquella velocidad de referencia que se toma para definir las características y elementos propios del diseño geométrico de la vía. Se busca que esta sea la máxima velocidad a la cual puede transitar de manera cómoda y segura, bajo condiciones favorables.

La condición ideal en la vía proyectada será la de mantener constante la velocidad de diseño durante la mayor longitud posible. Como esta condición puede ser difícil cumplirla, se toma como premisa de proyecto tramos mínimos de 2 kilómetros para una misma



velocidad de diseño y además que entre tramos sucesivos no se presenten diferencias por encima de 20 Km/h.

La velocidad de diseño va a estar condicionada por la importancia de la vía proyectada, el TMDA de diseño, la topografía, los recursos económicos y del servicio que se desea brindar.

En base a lo anteriormente expuesto, de acuerdo a las especificaciones de la DNV para un camino de la categoría de nuestro proyecto la velocidad directriz será de 130 km/h en terreno llano, sin embargo dichos valores están adoptados para caminos rurales. Dadas las características de la zona de estudio y las características funcionales de la vía propuesta, sobre todo la densidad poblacional y alto volumen de tránsito que se observa en la misma, se adopta como velocidad para el diseño 70 km/h para la rama principal la cual se considera adecuada para recorrer todo el tramo de manera cómoda, rápida y segura. Para las ramas colectoras se adopta una velocidad de diseño de 40 km/h.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que de acuerdo a la Ley de Tránsito, la velocidad máxima en avenida (o camino rural de travesía urbana) dentro del AMGR es de 60 km/h.

4.6) Vehículo de diseño

Es necesario definir los vehículos que van a utilizar la vía proyectada y agruparlos por categoría. Los rasgos de los vehículos como ser las dimensiones, anchos de huellas, distancia entre ejes, pesos, radios de giro, capacidad de aceleración/desaceleración, etc. van a ser determinantes en el diseño de los elementos de la carretera.

De acuerdo con la AASHTO se tienen los siguientes vehículos de diseño (ver tabla 26):

a) De pasajeros

Vehículos P: comprende los automóviles, los furgones pequeños y las camionetas

b) Camiones

Vehículos SU: camión sencillo de dos ejes

Vehículos CITY-BUS: buses

Vehículos INTERCITY-BUS: buses interurbanos



Vehículos WB-12: semitrailer intermedio

Vehículos WB-15: semitrailer largo

Vehículos WB-18: semitrailer doble fondo – trailer completo

Vehículos WB-19: semitrailer interestado

Vehículos WB-20: semitrailer interestado

Vehículos WB-29: triple semitrailer

Vehículos WB-35: turnpike doble semitrailer

c) Vehículos recreativos

Vehículos MH: carro - casa

Vehículos P/T: carro y remolque

Vehículos P/B: carro y bote

Vehículos MH/B: carro – casa y bote

Tabla 26. Dimensiones de vehículos de diseño (fuente: AASHTO)

TIPO	DIMENSIONES			VOLADIZOS		DIST. EJES			RADIO MIN.DE GIRO	
	Alto	Ancho	Largo	Del.	Tras.	1°-2°	2°-3°	3°-4°	Ext.	Int.
P	1.30	2.15	5.80	0.90	1.50	3.40			7.30	4.20
SU	4.10	2.40	9.10	1.20	1.80	6.10			12.80	8.50
BUS	4.10	2.60	12.10	2.10	2.45	7.60			12.80	7.40
ABUS	3.20	2.60	18.30	2.60	2.90	5.50			11.60	4.30
WB-12	4.10	2.60	15.20	1.20	1.80	4.00	8.25		12.20	5.70
WB-15	4.10	2.60	16.70	0.90	0.60	6.10	9.15		13.70	5.80
WB-18	4.10	2.60	19.90	0.60	0.90	3.00	6.10	6.40	13.70	6.80
WB-19	4.10	2.60	21.00	1.20	0.90	6.10	12.80		13.70	2.80
WB-20	4.10	2.60	22.50	1.20	0.90	6.10	14.30		13.70	0
WB-29	4.10	2.60	31.00	0.80	1.00	4.10	6.30	6.60*	15.20	6.30
WB-35	4.10	2.60	35.90	0.60	0.60	6.70	12.20	13.40	18.30	5.20
MH		2.40	9.10	1.20	1.80	6.10			12.20	790
P/T		2.40	14.90	0.90	3.05	3.40			7.30	0.60
P/B		2.40	12.80	0.90	2.40	3.40			7.30	2.00
MH/B		2.40	16.10	1.20	2.40	6.10			15.20	10.70



Las Normas de Diseño de la DNV solo consideran los siguientes:

- P: vehículo liviano de pasajeros
- SU: camión de unidad única
- CITY-BUS: autobús urbano
- INTERCITY-BUS (BUS-14): autobús interurbano
- WB-12: semirremolque mediano
- WB-15: semirremolque grande
- WB-19: semirremolque especial (transporte de automóviles)

Considerando el camino en estudio y teniendo en cuenta los usos actuales que se le da al mismo (automóviles, vehículos de carga, transporte de pasajeros, etc.) y las actividades potenciales a llevarse a cabo dentro del horizonte del proyecto (aumento del transporte de cargas pesadas debido al crecimiento inminente del parque industrial de Puerto Tirol) se usaran para el diseño de la solución propuesta los siguientes móviles con los valores acordes a la Tabla 26:

- a) Vehículos de pasajeros (P) para el diseño del alineamiento horizontal y vertical (figura 31).
- b) Camión sencillo de dos ejes (SU) y el BUS para el diseño de los cruces e intersecciones. Se adopta un radio de giro exterior de 13 metros y el interior de 10 metros (figura 32).
- c) El WB-15 para el diseño de los elementos de la sección transversal. Ancho de 2,60 m y largo de 19,90 m (figura 33).

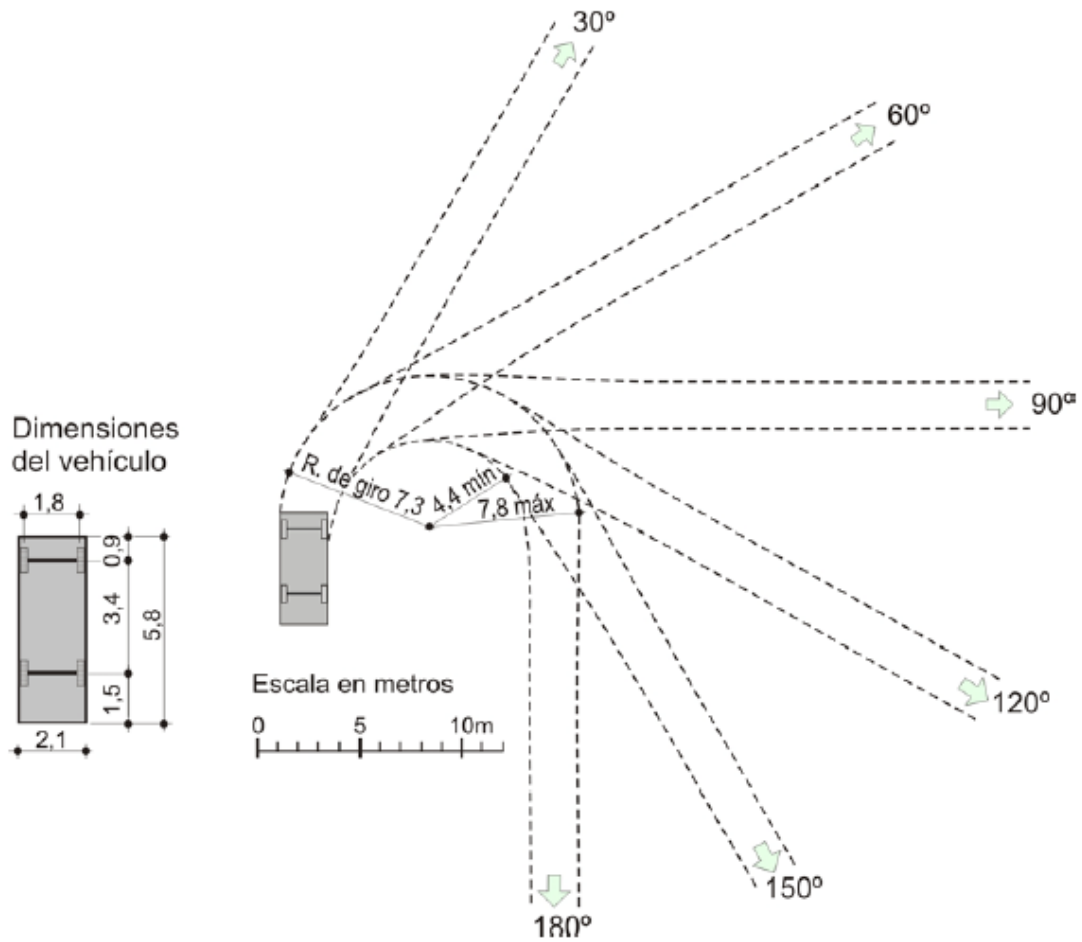


Figura 31. Mínima trayectoria y dimensiones de un vehículo P (fuente: Normas de diseño de la DNV)

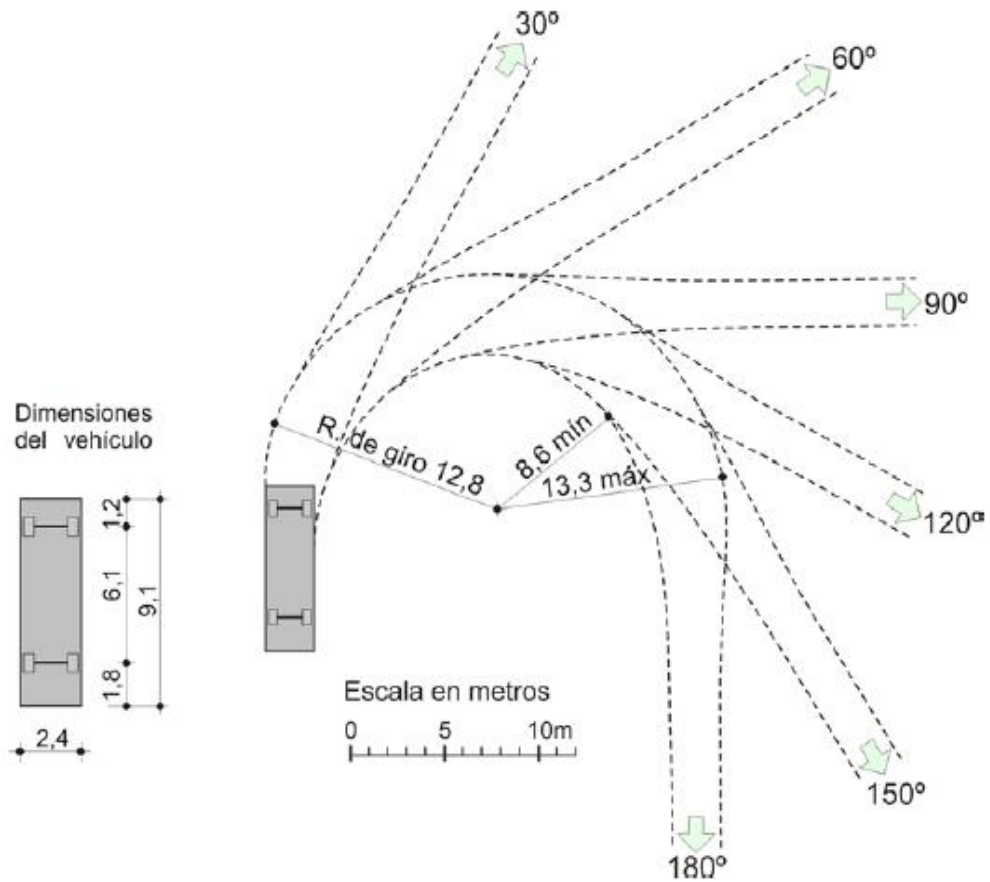


Figura 32. Mínima trayectoria y dimensiones de un vehículo SU (fuente: Normas de diseño de la DNV)

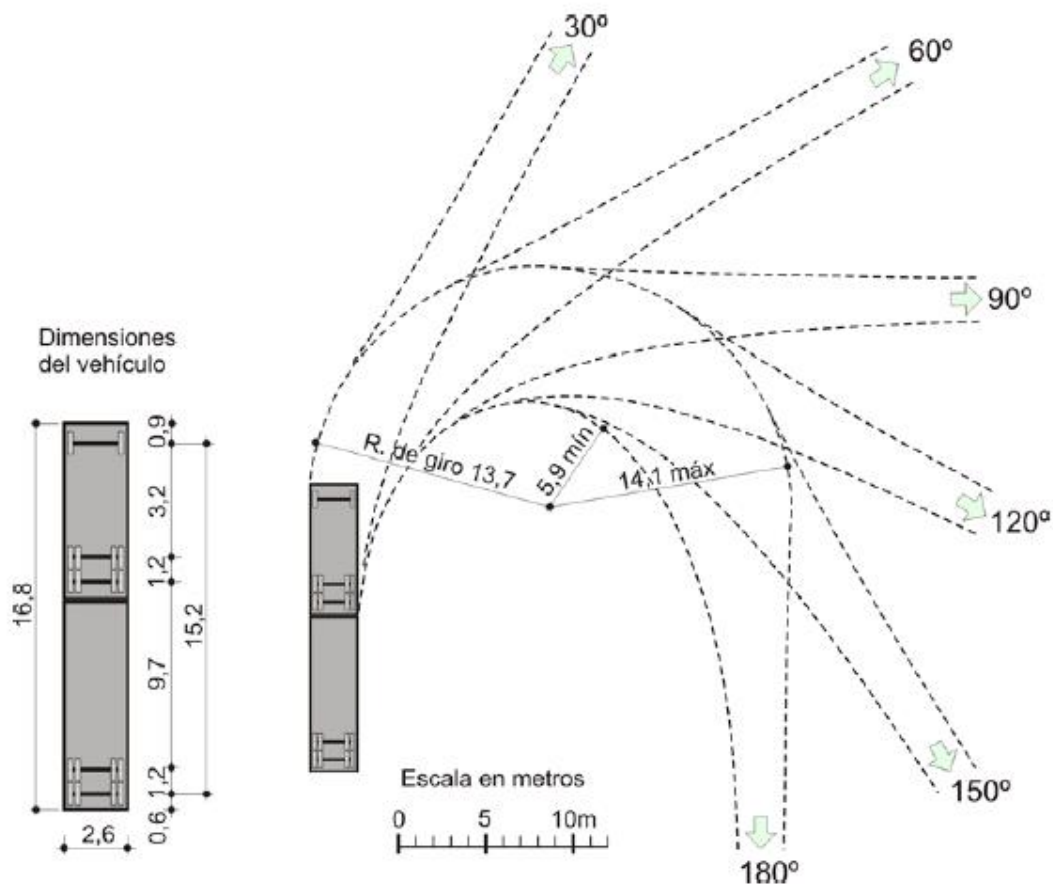


Figura 33. Mínima trayectoria y dimensiones de un vehículo WB-15 (fuente: Normas de diseño de la DNV)

4.7) Capacidad de la vía y niveles de servicio (NDS)

El término capacidad se emplea para expresar el número máximo de vehículos que tiene una razonable probabilidad de pasar por una determinada sección de una vía o de un carril durante un período de tiempo dado bajo las condiciones predominantes de la vía y del tráfico. En condiciones ideales pueden pasar por un carril 2400 vehículos, tipo P, por hora. Pero las condiciones ideales nunca se presentan en la realidad, son solo especulaciones teóricas. En la realidad en condiciones óptimas la capacidad de un carril es de 2000 vehículos por hora.



A medida que el número de vehículos que transita por la vía disminuye habrá un aumento en la velocidad de circulación, el cual se traduce en un aumento de la eficiencia del transporte y el confort de los usuarios. En ciertas horas la disminución del tránsito será tal que los conductores podrán realizar cualquier tipo de maniobra sin obstáculos. Es por ello que el camino debe diseñarse de manera tal que la capacidad de circulación esperada sea menor a la máxima capacidad de la vía acorde a sus características geométricas.

En las fases de planeación, estudio, proyecto y operación de vías, la demanda de tránsito, presente o futura, se considera como una cantidad conocida igual al TMDA (existente y de diseño). Una medida de la eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a esta demanda, es su capacidad u oferta.

La capacidad de la vía y por ende la calidad del servicio va a estar condicionada con el nivel de servicio deseado.

Se pueden considerar seis niveles de servicio en función de la velocidad media de circulación de los vehículos y de la relación entre el volumen de vehículos que circula (o que se prevé que va a circular por la vía) y la capacidad del camino es base a las características del mismo (tabla 27). Estos son:

a) Nivel de servicio A: las condiciones de viaje son completamente de flujo libre. La única restricción de la operación de los vehículos radica en las características geométricas del camino y en las preferencias individuales del conductor. La maniobrabilidad dentro del flujo vehicular es buena, y las ligeras interrupciones del tránsito se absorben fácilmente, sin que tengan efecto en la velocidad crucero.

b) Nivel de servicio B: las condiciones de viaje son de flujo libre. Se observa la presencia de otros vehículos pero no es una restricción de la operación de los vehículos, como lo son las características geométricas del camino y las preferencias individuales del conductor. Las interrupciones ligeras se absorben fácilmente, aunque se observan reducciones localizadas en el NDS.

c) Nivel de servicio C: la densidad de tránsito comienza a influir en las operaciones. La capacidad de maniobra dentro del flujo vehicular se ve afectada por otros vehículos. La velocidad de crucero muestra alguna reducción cuando la velocidad de flujo libre sobrepasa



los 65 km/h. puede esperarse que las interrupciones menores causen un deterioro local grave del servicio, y comenzar la formación de filas.

d) Nivel de servicio D: la capacidad de maniobra está muy restringida debido a los embotellamientos. La velocidad de cruce se reduce a medida que aumenta el volumen. Puede esperarse que las interrupciones ligeras causen un deterioro local grave del servicio, y comenzar la formación de filas.

e) Nivel de servicio E: las operaciones son inestables a capacidad o casi capacidad. La densidad varía dependiendo de la velocidad de flujo libre. Los vehículos operan con espaciamiento mínimo, para el que puede mantenerse el flujo uniforme. Las interrupciones no se disipan con facilidad y generalmente resultan en la formación de filas y en el deterioro del servicio.

f) Nivel de servicio F: ocurre un colapso forzado del flujo en el punto, para el cual el número de vehículos que llegan a ese punto sobrepasa el número de vehículos desalojados, o cuando la demanda esperada sobrepasa a la capacidad. Se forman filas en el punto de colapso, mientras que puede parecer que los tramos de camino abajo se encuentran a capacidad. Las operaciones son muy inestables.

Tabla 27. Clasificación de niveles de servicio (fuente: Manual de capacidad de carreteras)

NIVEL DE SERVICIO	CONDICION DE FLUJO	VELOCIDAD MAXIMA DE CIRCULACION (km/h)	PORCENTAJE DE CAPACIDAD (%)
A	LIBRE	95	20
B	ESTABLE	80	50
C	ESTABLE	65	75
D	CASI ESTABLE	55	80
E	INESTABLE	50	100
F	FORZADO	40	> 100

En base a lo expuesto y a los estudios de campo realizados, la Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas se encuentra en un nivel de servicio D.

El nivel de servicio y capacidad de la carretera debe analizarse con mayor detenimiento, debido a que será uno de los principales condicionantes en el diseño en lo que respecta al confort de los usuarios y la fluidez de tránsito. Sin embargo, por tratarse de



un nivel de anteproyecto únicamente se señala que la solución propuesta será diseñada para un nivel de servicio B según recomendaciones de la AASHTO.

4.8) Alineamiento horizontal

Los detalles del mismo se aprecian en el plano de planialtimetría.

Se considera la propuesta de mejora siguiendo la traza existente, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Intersecciones con calles existentes.
 - En cuanto a las intersecciones, un diseño simple de los alineamientos horizontales permite el adecuado reconocimiento de la intersección y brinda al tránsito que accede una correcta referencia para las maniobras.
 - En las intersecciones, los requerimientos operacionales son:
 - Los alineamientos no deben restringir la distancia visual requerida,
 - Los alineamientos no deben permitir los frecuentes frenados y giros asociados con las intersecciones,
 - Los alineamientos no deben demandar atención adicional, a expensas de la atención requerida por las maniobras de la intersección y para evitar conflictos.
- Infraestructura existente (parquizado, tendido eléctrico, edificaciones, etc.)
- Usos inadecuados de espacios (ladrilleros, gomería, talleres y asentamientos mal ubicados de manera ilícita a la veda del canal)
- Anchos de vereda existentes
- Radios de giros mínimos y necesarios en esquinas
- Obras de arte existentes
- Necesidad de intercambiadores para ingreso y egreso del carril central
- Ancho necesario de 16m junto a la obra canal para mantenimiento y limpieza del mismo
- Compensación de suelos
- Verificación de curva existente en la Prog. 10+600



4.9) Alineamiento vertical (pendientes longitudinales)

Los detalles del mismo se aprecian en el plano de planialtimetría.

La traza altimétrica de la nueva vía se propone siguiendo los puntos topográficos de mayor y menor cota de la calzada existente. Con esto se busca ordenar el escurrimiento superficial de las aguas de lluvia y facilitar la localización de los imbornales y bocas de tormenta.

Para la determinación de las pendientes longitudinales de la calzada existente se dividió la traza en 20 tramos que se observan en la tabla 28.

Tabla 28. Pendiente longitudinal de la rasante a proyectar. (Fuente: elaboración propia)

TRAMO	DE PROGRESIVA	A PROGRESIVA	LONGITUD (m)	DESNIVEL (m)	PENDIENTE (‰)
1	0+000	0+664	664	2,18	+3,28
2	0+664	1+065	401	0,68	-1,70
3	1+065	1+990	925	1,54	+1,66
4	1+990	2+865	875	1,05	-1,20
5	2+865	2+985	120	0,37	+3,08
6	2+985	3+235	250	0,30	-1,20
7	3+235	4+230	995	1,20	+1,21
8	4+230	5+144	864	1,63	-1,89
9	5+144	5+788	664	0,80	+1,20
10	5+788	6+123	335	0,57	-1,70
11	6+123	6+802	679	0,84	+1,24
12	6+802	7+479	647	0,77	-1,20
13	7+479	8+228	749	0,90	+1,20
14	8+228	8+422	194	0,50	-2,58
15	8+422	8+722	300	0,44	+1,47
16	8+722	9+408	686	0,82	-1,20
17	9+408	10+408	1000	1,20	+1,20
18	10+408	11+428	1020	2,02	-1,98
19	11+428	11+625	197	0,25	+1,27



20	11+625	11+762	137	0,17	-1,25
----	--------	--------	-----	------	-------

De acuerdo con la normas de diseño de la DNV no se deberán colocar curvas verticales en el caso de que la velocidad de diseño se menor que 80 km/h y la diferencia algebraica de las pendientes (Δi %) sea menor o igual que 0,5.

De acuerdo con el libro “Trazado y diseño geométrico de caminos rurales” del Ing. Sierra, la pendiente mínima absoluta de un camino de travesía urbana con cordón cuneta o canaleta de hormigón prolijamente terminado, de alta calidad y bases firmes, será de 0,12%. Para el caso general se recomienda un 0,50% como pendiente mínima deseable y 0,40% para pendiente mínima absoluta, de acuerdo a las normas de diseño de la DNV.

El caso de este anteproyecto es el primero anteriormente nombrado, con cordones cuneta de alta calidad y buena terminación, por ende se observa que las pendientes longitudinales cumplen las normas de diseño.

4.10) Características geométricas de la sección transversal y de la calzada

La sección transversal de una carretera corresponde a un corte vertical normal al eje del alineamiento horizontal, definiendo la ubicación y dimensiones de cada uno de los elementos que conforman dicha carretera en un punto cualquiera y su relación con el terreno natural.

Los elementos que conforman la sección transversal de una vía y sus correspondientes dimensiones deben tener en cuenta aspectos como la importancia de la vía, volúmenes de tránsito y composición, la velocidad de diseño, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento y la disponibilidad de recursos económicos.

La sección transversal típica adoptada influye en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad y comodidad de los usuarios.

Las características y formas de la sección transversal deben mantenerse durante toda la traza y en caso de existir variaciones dicha transición debe hacerse gradualmente para mantener la seguridad y el confort de los usuarios.



El ancho de la calzada será el resultado de la observación del comportamiento de los conductores, las dimensiones de los vehículos y el nivel de servicio deseado.

Los estudios han concluido que debería preferirse un ancho de trocha de 3,65 m para tránsito comercial y mixto.

No hay elementos del camino que tengan mayor influencia sobre la seguridad y comodidad de manejo que el ancho de trocha y el estado de la superficie del pavimento.

Partiendo de lo expuesto se propone como solución el diseño una vía compuesta por una calzada central de dos carriles con doble sentido de circulación con un ancho de calzada de 7,30m. Se prevé un flujo predominante de automóviles y de tránsito pesado (ómnibus de larga distancia y camiones de carga), prohibiendo el tránsito de vehículos de tracción animal y humana.

Se plantean dos calzadas laterales (calzada norte y calzada sur) con sentidos de circulación en una sola dirección y opuestos entre sí, cuya finalidad será la de encauzar el tránsito ligero e intermedio (motocicletas, automóviles, bicicletas, etc.) y transporte público que recorre distancias cortas con velocidades medias de circulación.

Se prevé la calzada norte con espacios para estacionamiento de automóviles y accesos a las propiedades, con un ancho de calzada de 8,00m (manteniendo el ancho de calzada existente), con cordones de hormigón de 0,20m de alto por 0,17m de ancho y vereda de 5,60m de ancho. Esta tendrá un sentido de circulación SE – NO.

La calzada sur se considera con un ancho de 6,20m para la circulación de una línea de automóviles con espacio para la detención de un vehículo descompuesto, con circulación NO – SE. Tendrá cordones de hormigón a los lados y vereda para circulación de peatones de 3,20m de ancho.

La separación entre calzadas se materializará con bulevares de 4,00m de ancho con adecuado arbolado urbano e iluminación. Se busca minimizar el encandilamiento producido por las luces de los automóviles que circulan en la dirección contraria, como así también contribuir al mejoramiento del parqueado de la zona.

Para el diseño se adopta una calzada de tipo diedro (a dos aguas) con una pendiente transversal de 2,75% de acuerdo a los perfiles típicos utilizados por la Municipalidad de Resistencia. En los 60 cm junto al cordón se dará una pendiente transversal de 8% para



mejorar las características hidráulicas del cordón-cuneta. Dicha pendiente se encuentra dentro de los valores típicos para pendientes transversales en zonas lluviosas y pavimentos rígidos.

Estas características se mantendrán en un tramo de 6 km, desde la RNn°11(Prog. 0+000) y la Av. Urquiza (Prog. 6+000), ya que a partir de dicha progresiva el volumen de tránsito no justifica una tercer calzada, y por cuestiones de espacio debido a la edificación existente no se cuenta con el ancho necesario para la materialización de la obra. Es por ello que a partir de la Av. Urquiza hasta el final del tramo (Av. San Martín en Puerto Vilelas) se propone la mejora de la calzada existente y el ensanchamiento de la misma con banquetas pavimentadas de 1 metro de ancho.

4.11) Intersecciones

De acuerdo con el Manual de Recomendaciones de Diseño de la DNV, las intersecciones son áreas de uso compartido donde dos más caminos se encuentran o cruzan, e incluyen calzadas y zonas laterales.

Cada camino que se irradia desde la intersección es un ramal. Por ejemplo, la intersección común de dos caminos tiene cuatro ramales.

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 este trabajo únicamente se proyectaron las intersecciones con calles de importancia (como ser las avenidas y calles barriales de alto tránsito). Estas, por tratarse de intersecciones a nivel se elige una separación temporal del tránsito para evitar accidentes, siendo el uso del semáforo el elemento más adecuado para materializar lo expuesto por tratarse de caminos urbanos.

No se tuvo en cuenta la intersección de la traza propuesta con la RNn°11 debido a que dicho cruce actualmente está en construcción, solamente se realiza una propuesta del tipo de intersección más adecuado con dicha vía.

Asimismo, tampoco se consideró la intersección con la Av. San Martín en Puerto Vilelas, ya que se considera adecuada la solución existente debido a que el tramo en esa



progresiva no presentará modificación de sus características geométricas (solamente una repavimentación del mismo) por cuestiones de espacio y por la baja incidencia poblacional de dicha zona en el proyecto.

4.11.1) Factores que influyen en la elección del tipo de intersección

a) Tránsito

- Volumen
- Distribución
- *Tránsito directo:* continúa por la prolongación de la vía de llegada luego de pasar por la intersección
- *Tránsito de intercambio:* continúa por una vía que no es prolongación de la que se utilizó para llegar a la intersección
- Composición (porcentaje de vehículos livianos y pesados)
- Velocidad
- Movimiento de peatones y ciclistas

b) Entorno físico

- Topografía
- Jerarquía de las rutas que intersectan
- Ángulo de intersección
- Uso y disponibilidad del suelo
- Distancias visuales

c) Factores económicos

- Costo de construcción
- Costo del terreno necesario
- Costo de operación de los usuarios del cruce
- Costo de accidentes

d) Factores humanos

- Hábitos de manejo de los conductores
- Tiempos de percepción y reacción
- Capacidad para tomar decisiones



- El efecto que produce la sorpresa de encontrarse con la intersección

Por tratarse de un trabajo a nivel de anteproyecto, para el diseño de las intersecciones sólo se tienen en cuenta los factores de tránsito y entorno físico. Los factores económicos se evaluarán en el capítulo correspondiente a la evaluación financiera y económica. En cuanto a los factores humanos, no se los consideran para el diseño debido a que requieren un estudio más detallado que excede el alcance del anteproyecto.

4.11.2) Aforo: cruce con Av. McLean e ingreso a la Terminal de Ómnibus de Resistencia

Para el diseño de la intersección se basó en los datos recabados por el grupo de trabajo de Holsbasch-Gualtieri-Ayala (tema: Anteproyecto de la nueva terminal de ómnibus del AMGR) en un aforo de tránsito realizado en los cruces Av. Malvinas Argentinas – Av. McLean y Av. Malvinas Argentinas – Ingreso a la Terminal de Ómnibus.

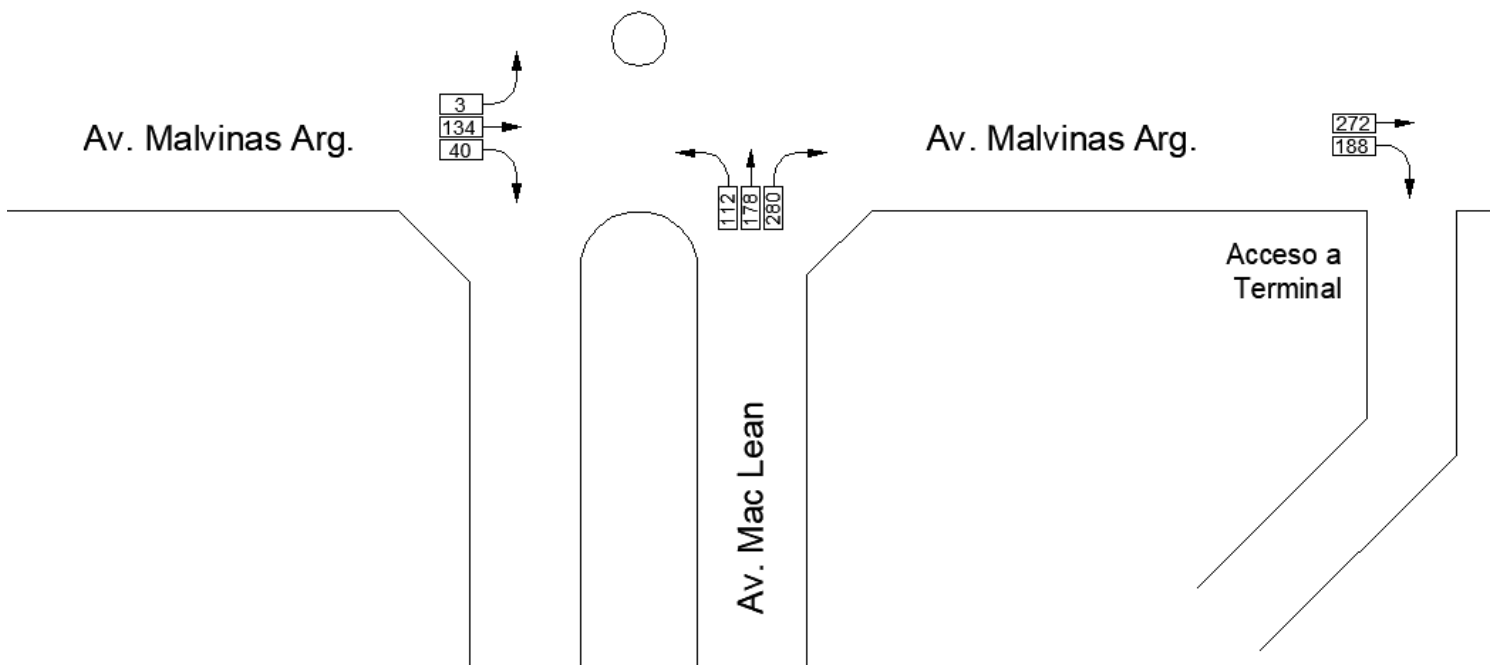


Figura 34: Aforo Av. Malvinas Argentinas – Av. McLean y acceso a la Terminal de Ómnibus (fuente: Trabajo final: Anteproyecto de la nueva terminal de ómnibus del AMGR - Holsbasch-Gualtieri-Ayala)



Resumen de resultados

Acceso a la Terminal de Ómnibus

	Vehículos	Siguieron Derecho	Ingresaron
19:30 - 19:45	105	49	56
19:45 - 20:00	106	60	46
20:00 - 20:15	93	56	37
20:15 - 20:30	83	56	25
20:30 - 20:45	72	51	24
	459	272	188

Desde Av. McLean

	Vehículos	Derecha	Siguieron Derecho	Izquierda
19:30 - 19:45	136	69	38	29
19:45 - 20:00	143	75	41	27
20:00 - 20:15	116	53	34	29
20:15 - 20:30	175	83	65	27
20:30 - 20:45				
	570	280	178	112

Desde Av. Malvinas Argentinas

	Vehículos	Derecha	Siguieron Derecho	Izquierda
19:30 - 19:45	40	3	36	1
19:45 - 20:00	43	10	31	2
20:00 - 20:15	49	9	40	0
20:15 - 20:30	11	11	0	0
20:30 - 20:45	34	7	27	0
	177	40	134	3



Tabla 29. Total de vehículos aforados 8:30 a 10:00 h (fuente: Trabajo final: Anteproyecto de la nueva terminal de ómnibus del AMGR - Holsbasch-Gualtieri-Ayala, inédito)

Hora	ACCESO TERMINAL	MC LEAN	MALV ARG
8:30 - 8:45	55	30	117
8:45 - 9:00	87	32	144
9:00 - 9:15	92	39	153
9:15 - 9:30	83	34	128
9:30 - 9:45	59	27	112
9:45 - 10:00	41	9	95
TOTAL	417	171	748

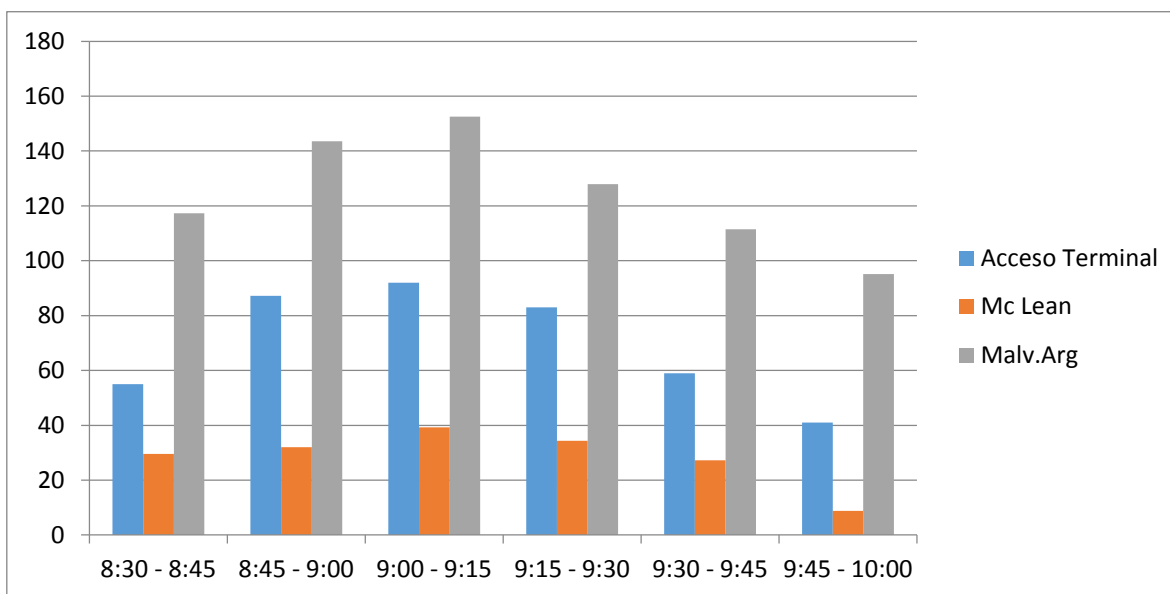


Figura 35. Total de vehículos aforados 8:30 a 10:00 h (fuente: Trabajo final: Anteproyecto de la nueva terminal de ómnibus del AMGR - Holsbasch-Gualtieri-Ayala, inédito)



Tabla 30. Total de vehículos aforados 19:15 a 20:45 h (fuente: Trabajo final: Anteproyecto de la nueva terminal de ómnibus del AMGR - Holsbasch-Gualtieri-Ayala, inédito)

Hora	ACCESO TERMINAL	MC LEAN	MALV ARG
19:15 - 19:30	96	143	37
19:30 - 19:45	105	175	40
19:45 - 20:00	106	186	49
20:00 - 20:15	93	156	43
20:15 - 20:30	83	136	34
20:30 - 20:45	72	116	11
TOTAL	555	912	214

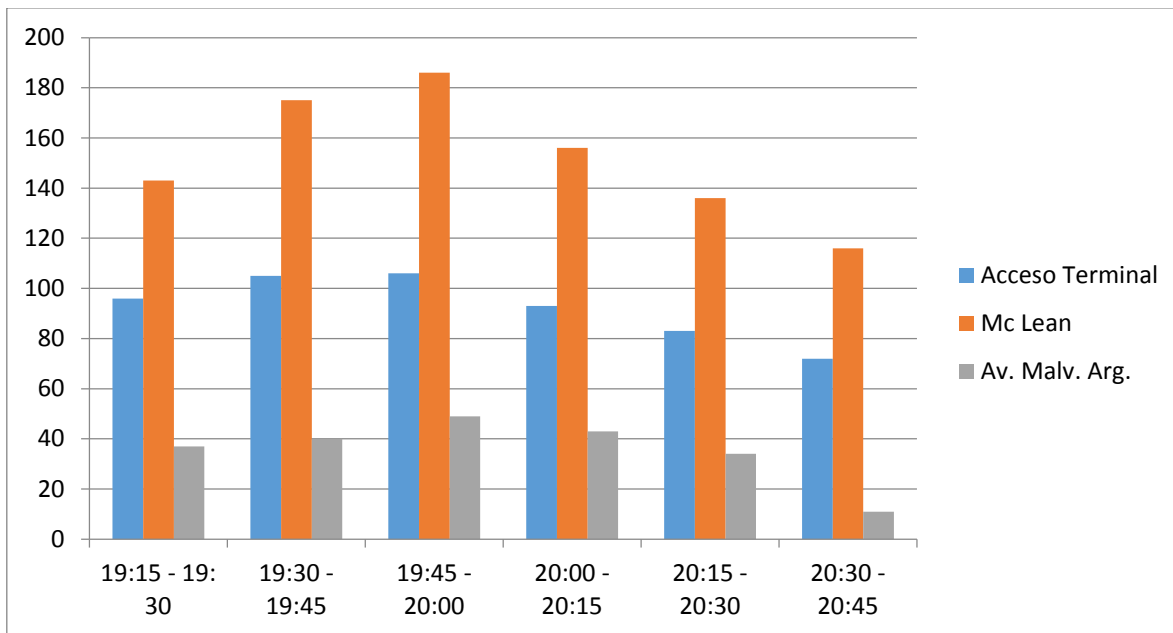


Figura 36. Total de vehículos aforados 19:15 a 20:45 h (fuente: Trabajo final: Anteproyecto de la nueva terminal de ómnibus del AMGR - Holsbasch-Gualtieri-Ayala, inédito)

4.11.3) Elección del tipo de intersección

El Capítulo 5 del Manual de Normas y Recomendaciones de la DNV orienta la selección del tipo de intersección en función de los TMDA de los caminos que intersectan.

Para ello se debe ingresar a la figura 37, en ordenadas con el TMDA del camino principal (Av. Malvinas Argentinas) y en abscisas con el TMDA del camino secundario (Av. Mc Lean y acceso a la terminal de ómnibus).



$$TMDA_{\text{CAMINO PRINCIPAL}} = 25.916 \text{ vehículos/día}$$

$$TMDA_{\text{CAMINO SECUNDARIO}} = 6.600 \text{ vehículos/día}$$

En base a dichos valores, entrando a la gráfica se tiene que el tipo de intersección más adecuado será el uso de rotonda o regulación con semáforos.

De acuerdo con la DNV, en la sana práctica de diseño se elige el tipo de intersección más barato que provee la mayor efectividad de costo. Además, el principio de diseño es el de fluidez en el desplazamiento, seguridad y confort a lo largo del camino. En base a esto se elige el semáforo como regulador en la intersección de la avenida proyectada con las avenidas transversales.

Asimismo, para evitar un gran número de puntos de conflictos en la intersección y disminuir al máximo el riesgo de accidentes, estarán prohibidos los giros a la izquierda de aquellos vehículos que transiten por colectora, permitiendo el giro a izquierda de los vehículos de la calzada central.

En el caso del giro a la derecha, solo estará permitido para aquellos vehículos que circulan por colectora.

Ambos sentidos de giro (izquierda y derecha) se materializarán con la semaforización indicada sin necesidad de realizar ningún tipo de canalización.

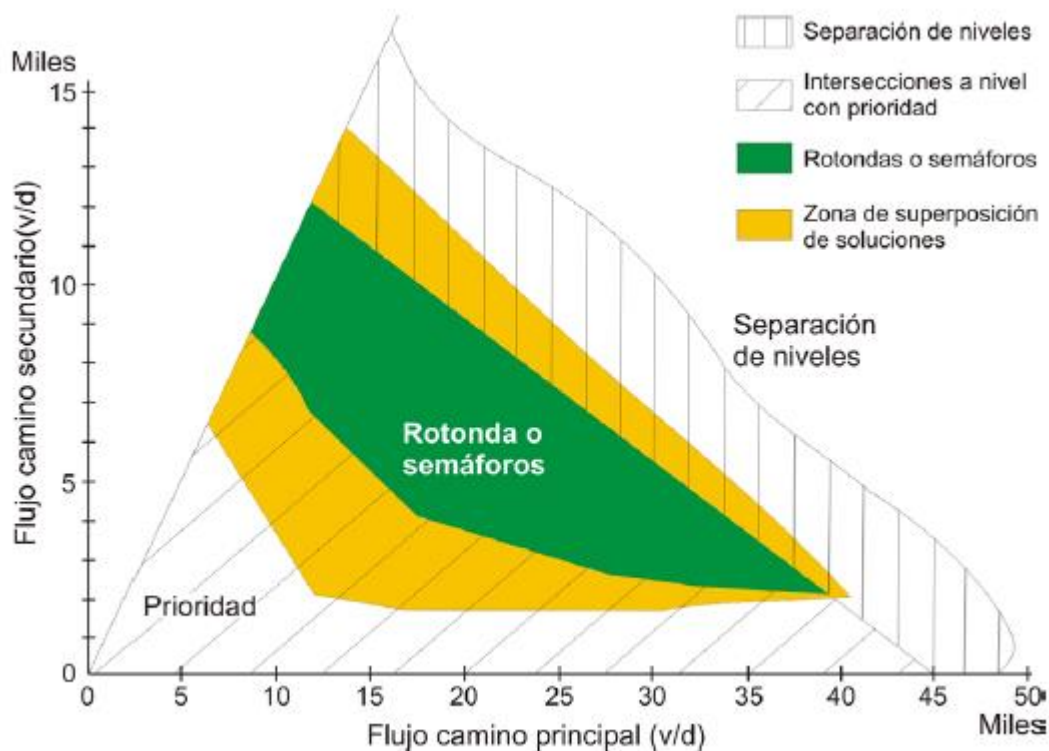


Figura 37. Tipo de intersección basado en el flujo de tránsito (fuente: Normas y recomendaciones de diseño de la DNV)

4.12) Accesos e intercambios

Debido a que la calzada central posee un acceso con control o restricción parcial (no se contemplan cruces con todas las calles transversales, sólo con avenidas y calles de importancia) se proveerán carriles de aceleración para el cambio de rama de colectora al carril principal. En la situación inversa, es decir para pasar de la rama principal a la colectora, se dispondrán carriles de desaceleración.

La longitud de los mismos se obtuvo según las normas de diseño de la DNV (ver tablas 31 y 32), la cual depende de la velocidad de diseño del camino principal y la velocidad esperada a la altura de la nariz del acceso (para pendientes longitudinales de $\pm 2\%$). De acuerdo a esto se tienen los siguientes valores:

- Carril de aceleración para ingreso a la rama principal: 110 metros.
- Carril de desaceleración para egreso de la rama principal: 85 metros.



Tabla 31. Longitudes de los carriles de desaceleración (fuente: Normas de diseño de la DNV)

V	VMM	Velocidad rama								Cuña
		0	20	30	40	50	60	70	80	
60	55	105	100	90	80					80
70	63	125	115	105	95	80				80
80	70	140	135	125	110	95	80			80
90	77	160	155	145	130	120	95	80		80
100	85	190	180	170	155	140	120	95		80
110	91	205	200	190	175	160	140	115	85	80
120	98	230	225	215	200	185	165	140	110	80
130	104	255	250	240	225	210	185	160	130	80

Tabla 32. Longitudes de los carriles de aceleración (fuente: Normas de diseño de la DNV)

V	VMM	Velocidad rama								Cuña
		0	20	30	40	50	60	70	80	
60	47	185	165	140	110					110
70	55	230	210	180	145	110				110
80	62	275	255	225	190	140				110
90	69	330	305	280	240	195	130			110
100	77	390	370	345	305	260	200	125		110
110	83	445	425	400	360	310	250	180	110	110
120	90	515	490	465	425	375	315	245	160	110
130	97	575	550	525	485	440	380	305	225	110

Las dimensiones y la disposición de los elementos de los carriles de aceleración y desaceleración se determinaron en base al Plano Tipo OB-2 de la DNV.

Se tendrán los siguientes volúmenes de tránsito según los aforos realizados:

Colectora = 1184 v/h

Rama = 1208 v/h

En el distribuidor y sus alrededores debe mantenerse un adecuado control de accesos, para asegurar su integridad. Esto se realiza mediante la definición y adquisición de suficiente zona de camino y la restricción de accesos públicos o privados hacia las ramas o caminos secundarios. Por ello se prevé una separación de 200 m de los caminos secundarios respecto de los accesos.

Para el caso de la bifurcación presente en el cambio de sección (Progresiva 6+000) se siguieron las recomendaciones del Capítulo 6 de las Normas de Diseño de la DNV. De



acuerdo a este, los valores límites de la cotangente del ángulo entre bordes de calzada serán:

- 65 para confluencias ($0^{\circ} 52'$)
- 50 para bifurcaciones ($1^{\circ} 8'$)

Las longitudes de las zonas de confluencia y bifurcación se determinarán teniendo en cuenta los volúmenes horarios, velocidades y composición del tránsito, y los movimientos de los vehículos. Los valores mínimos, medidos entre la última sección de la calzada común antes de una bifurcación (o después de una confluencia), y la sección en que las calzadas después de la bifurcación (o antes de la confluencia) distan entre sí un metro serán:

- 350 m para bifurcación
- 400 m para confluencia

4.13) Facilidades para los peatones

Se proveerá de vados para cruces peatonales, entendiéndose por vado a aquella superficie inclinada destinada a salvar el desnivel entre la vereda y la calzada para facilitar el desplazamiento de los peatones.

Se colocarán vados simples, en correspondencia con la senda peatonal para el cruce sobre la colectora sur (figura 38). En las esquinas el cruce peatonal se materializará con vados dobles debido al ángulo de las mismas (figura 39).

Se materializaran de hormigón peinado y baldosas podotáctiles, con una franja señalizadora diferenciable por aspecto visual y táctil en vereda.

Siguiendo las recomendaciones del Manual de Diseño Urbano de la Ciudad de Buenos Aires este debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Pendiente longitudinal del vado de 8,33% (1:12)
- Pendiente transversal máxima de 2%
- Ancho mínimo del área central del vado simple de 1,50m

Adicionalmente, se colocará semáforos peatonales en los cruces para mayor confort y seguridad de los viandantes.

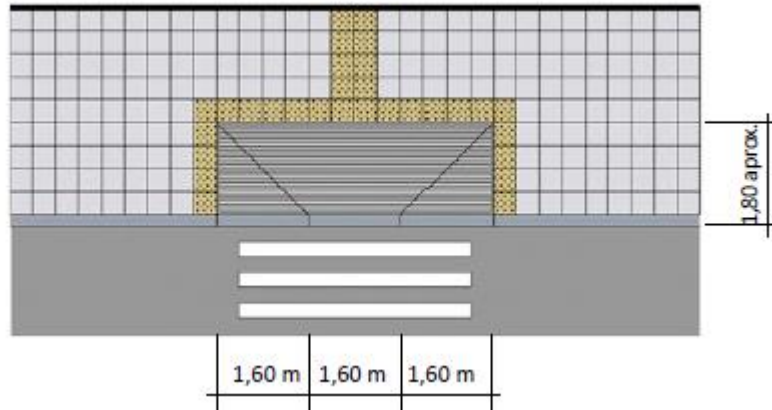


Figura 38. Cruce peatonal de vado simple recto (fuente: Manual de diseño urbano de la CABA)

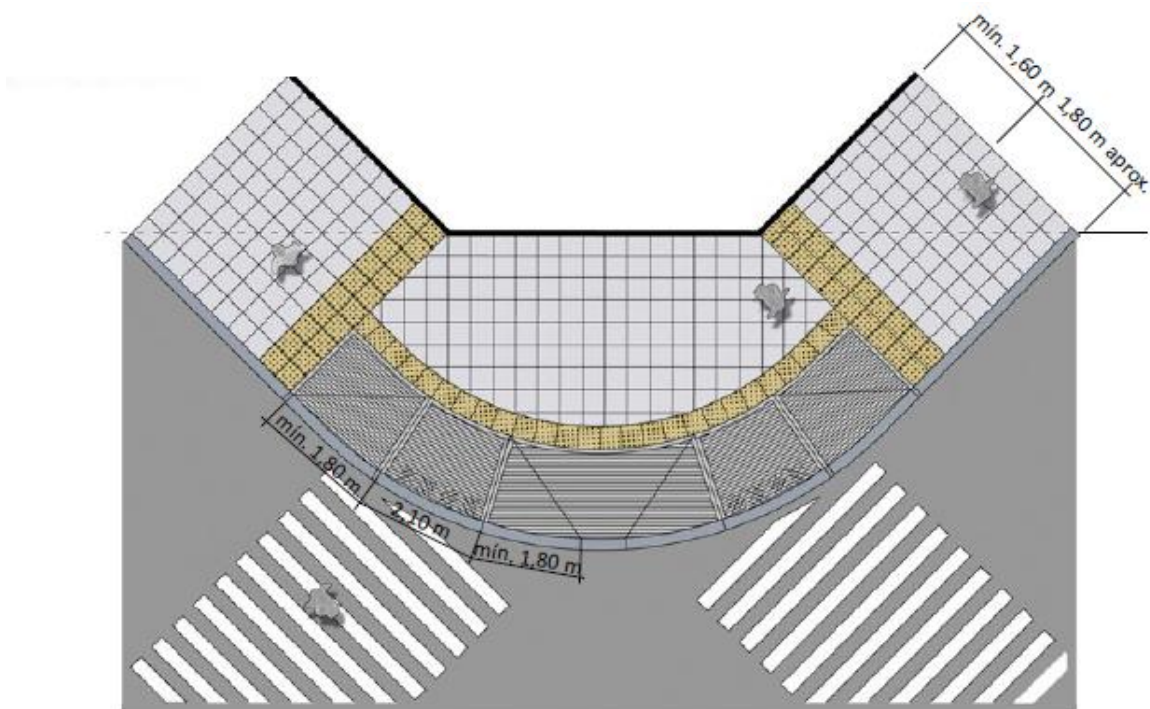


Figura 39. Cruce peatonal de esquina de vado doble (fuente: Manual de diseño urbano de la CABA)



Verificación curva circular existente

Progresiva: 10+600

Radio = R = 200 m

$\Delta = 50^\circ$

Peralte = e = 2,75%

Velocidad de diseño = 70 km/h

Siguiendo las normas de diseño de la DNV se determinarán los radios mínimos deseable y absoluto, el peralte máximo y la velocidad máxima segura. En base a esto se obtendrá si la curva existente se encuentra en buenas condiciones para la nueva solución propuesta en el anteproyecto.

Radio mínimo absoluto (Rmínabs):

Para la velocidad directriz y peralte máximo dados, es el valor del radio correspondiente a la condición límite de seguridad contra el deslizamiento lateral: fricción transversal húmeda máxima.

$$R_{\text{mínabs}} = \frac{V^2}{127(e_{\text{máx}} + f_{\text{t máx}})}$$

$e_{\text{máx}}$ = peralte máximo

$f_{\text{t máx}}$ = coeficiente de fricción transversal húmedo máximo

Para zonas urbanas con vehículos que operan a baja velocidad, el peralte máximo será de 6%

Para velocidades inferiores a 80 km/h el $f_{\text{t máx}}$ será:

$$f_{\text{t máx}} = 0,188 - 3V/5000 = 0,15$$

$$\rightarrow R_{\text{mínabs}} = 183,7 \text{ m}$$



Radio mínimo deseable (Rmíndes):

Para la velocidad directriz y peralte máximo dados, es el valor del radio calculado con la velocidad media de marcha en flujo libre correspondiente a la velocidad directriz, para el cual el coeficiente de fricción transversal húmeda es nulo.

$$R_{míndes} = \frac{VMM^2}{127 * e_{máx}}$$

VMM = velocidad media de marcha a flujo libre para la velocidad de diseño = 62,7 km/h

→ $R_{míndes} = 515 \text{ m}$

Se puede observar que se cumple con el radio mínimo absoluto. En esta condición, ningún conductor se sentirá cómodo o seguro al viajar a la velocidad directriz. Esta se reserva para casos excepcionales y se debe eludir tanto como sea posible y práctico.

Velocidad máxima segura (VMS):

Máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de una curva horizontal considerada aisladamente (R), en condiciones de seguridad cuando el pavimento está húmedo y los neumáticos en buen estado, el peralte es el diseñado (e), y la fricción transversal es la máxima (ftmáx).

$$VMS = \sqrt{127 * R * (e + ftmáx)}$$

VMS = 67 km/h

Por ende se debe realizar una reducción de la velocidad para dicho tramo, siendo de 50 km/h la adecuada, para ello hay que colocar la señalización vertical correspondiente. Esto se debe a que no se puede aumentar el radio de la curva o el peralte, ya que una modificación en la traza y la rasante produciría alteraciones en lo que corresponde al terraplén de la defensa contra inundaciones de la zona sur del AMGR.



CAPÍTULO 5. DISEÑO DE PAQUETE ESTRUCTURAL

5.1) Introducción

El tipo de pavimento utilizado será rígido. El cual está formado por varias capas, en la parte superior presenta la carpeta de rodamiento, materializada con una losa de hormigón H-30, debido a su gran rigidez y alto módulo de elasticidad tiene la capacidad de resistir las cargas de tránsito, permitiendo una distribución de los esfuerzos en áreas mayores y a su vez reduciendo la transmisión de los mismos a las capas inferiores, brindando así mayor resistencia y durabilidad. Todo lo contrario que sucede en los pavimentos flexibles, que al presentar menor rigidez, transmiten grandes esfuerzos a las capas inferiores, arrojando como consecuencia mayores tensiones en la sub-rasante. Las losas se encuentran apoyadas en toda su superficie sobre el terreno y son diseñadas bajo criterios de esfuerzo y deformación, con la finalidad de resistir cargas externas durante su período de vida útil.

La carpeta de rodamiento se apoya sobre una base o sub-base y ésta descansa sobre la sub-rasante. La función de la base es prevenir el bombeo de suelos de granos finos, siendo obligatoria cuando la combinación de suelo, agua y tráfico pueden generar bombeo. La sub-rasante tiene la función de dar un apoyo uniforme, sin que se den cambios bruscos en el valor soporte, debe brindar un apoyo estable sin tener tanta importancia en la capacidad de soporte.

El pavimento de hormigón tiene la ventaja que debido a su color claro presentan buena visibilidad en la noche y al presentar gran rigidez no son necesarios grandes espesores para distribuir cargas a las capas inferiores.

El dimensionamiento de la estructura de pavimento se realizará en función del diseño estructural de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Una vez dimensionado se realiza la verificación mediante la Portland Cement Association (PCA).



5.2) Procedimiento de cálculo

El procedimiento de la AASHTO para determinar el espesor de la losa de hormigón, se basa en el uso de una ecuación empírica desarrollada por la observación de algunos pavimentos estudiados durante ensayos sobre carreteras.

$$\text{Log}(ESAL's) = Z_r * S_0 + 7,35 + \log(D - 1) - 0,06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5}\right)}{1 + \frac{1,624 * 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 * Pt)$$
$$* \frac{\log x \left(MR * Cd * (D^{0,75} - 1,132) \right)}{215,63 * J * \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0,25}} \right]}$$

- ESAL's: ejes equivalentes de 18.000 libras, totales para los 20 años de vida útil de diseño
- Z_R : desvío normal estándar.
- S_0 : desvío estándar global de la predicción del tránsito y desempeño.
- D : espesor de la losa de hormigón.
- ΔPSI : pérdida de serviciabilidad.
- Pt : serviciabilidad final.
- M_R : módulo de rotura del hormigón.
- Cd : coeficiente de drenaje.
- J : coeficiente de transferencia de cargas.
- Ec : módulo de elasticidad del hormigón.
- k : módulo compuesto de reacción de la subrasante.

5.2.1) Determinación de los ejes equivalentes (ESAL's)

El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, lo cual origina distintas fallas en éste. Para tener en cuenta esta diferencia, el tránsito se transforma a un número de cargas por eje simple equivalente de 18 kips (80 kN) ó ESAL (Equivalent Single Axile



Load), de tal manera que el efecto dañino de cualquier eje pueda ser representado por un número de cargas por eje simple.

Para la determinación de los factores de equivalencia de cargas, se utilizan los de la DNV, mayorados en un 50% por tratarse de pavimentos rígidos (tabla 33).

Tabla 33. Factor de daño según el tipo de vehículo. (Fuente: elaboración propia)

Tipos de vehículos	Nº de ejes	Factor de daño	Factor mayorado 50%	Cantidad de vehículos	Porcentaje	Fe
Automóviles	2	0,01	0,015	6290	72%	0,0216
Pick-ups y otros utilitarios	2	0,01	0,015	1530	18%	0,0053
Colectivos	2	0,07	0,105	390	4%	0,0094
Camiones sin acoplado	2	0,6	0,9	440	5%	0,0906
Camiones con acoplado	5	0,47	0,705	40	0%	0,0161
Camiones Semirremolque	4	0,45	0,675	50	1%	0,0154
Totales				8740	100%	0,16

El factor de equivalencia obtenido es $Fe = 0,16$

Para la obtención de los vehículos involucrados, se realizó un censo de clasificación (ver Cap. 2. Tránsito. Tabla 4), de la cual se discriminó la influencia de las motocicletas y bicicletas.

Para determinar el número de ejes equivalentes ESAL's se utiliza la siguiente expresión:

$$ESAL = 2,2 * 0,5 * Fe * Fn * 365 * n * TMDA$$

Donde cada término representa:

- El coeficiente 2,2 hace referencia a la conversión de 8,2 t a 10,5t utilizado en Argentina, haciendo referencia a la relación entre ejes.
- El coeficiente Fe, se denomina factor de camión y produce la conversión a un vehículo tipo de un eje de 18000 lbs.
- El término Fn se denomina factor de carriles, y tiene en cuenta el número de carriles por trocha. En nuestro caso se debe adoptar un valor comprendido entre 0,6 – 0,8 según Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”. Se adoptó 0,8.
- El termino n hace referencia a la vida útil de la obra, 20 años en nuestro caso.



- El TMDA de diseño se obtiene del calculado en el capítulo 2. Donde el TMDA de diseño es 25916 veh/día

Dando como resultado un valor de

$$ESAL = 2,2 * 0,5 * 0,16 * 0,8 * 365 * 20 * 25916 = 2,6 * 10^7$$

5.2.2) Módulo Resiliente (M_r)

La sub-rasante es el suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural. Las propiedades de los mismos son variable de entrada fundamental en el diseño y se la determina mediante este módulo. Reemplaza al valor soporte (CBR) y es una propiedad que describe mejor el comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas de las ruedas.

El módulo se puede determinar mediante ensayos en laboratorio del tipo triaxial dinámico, como así también “in situ”, a través de la medición de deflexiones dinámicas o mediante propagación de ondas bajo cargas representativas del tránsito real.

Al no poder contar con los ensayos mencionados, se procedió a utilizar una correlación empírica descriptas en el manual AASTHO 1993, que vincula al módulo con el CBR.

$$M_r = 1.500 \times CBR \text{ (por ser } CBR < 10\%)$$

Con el mejoramiento realizado al suelo mediante el uso de cal el valor del CBR aumenta a un 6%.

$$M_r = 1.500 \times 6 = 9000 \text{ psi.}$$

5.2.3) Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI)

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual fue diseñado. El índice varía entre 0 (pésimas condiciones) y 5 (perfecto). Para el diseño se deben elegir la serviciabilidad inicial y final. Los valores recomendados según la AASHTO 1993 son:

Serviciabilidad inicial (está en función del diseño de pavimento y la calidad de construcción):

$$p_o = 4,5 \text{ Para pavimentos rígidos.}$$

$$p_o = 4,2 \text{ Para pavimentos flexibles.}$$



Serviciabilidad final (está en función de la categoría del camino)

$p_f = 2,5$ o más para caminos muy importantes

$p_f = 2$ para caminos con menor tránsito.

Los valores adoptados para cada caso son $p_o = 4,5$ y $p_f = 2,5$. Dando como resultado una pérdida de serviciabilidad:

$$\Delta PSI = p_o - p_f = 4,5 - 2,5 = 2$$

5.2.4) Confiabilidad (R)

La confiabilidad es la probabilidad de que el sistema estructural cumpla con su función prevista durante su vida útil, bajo las condiciones de medio ambiente que suceden durante ese lapso.

La selección del nivel apropiado de confiabilidad depende del uso esperado del pavimento. Un subdimensionado tendrá consecuencias más graves en un pavimento donde se espera un gran volumen de tránsito, como es el caso de la av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas y como consecuencia alcanzará los niveles de serviciabilidad mínimos antes de lo previsto y se deberán realizar reparaciones.

Un nivel de confiabilidad alto implica un pavimento con mayor costo inicial, pero pasará más tiempo sin necesitar reparaciones, disminuyendo así los costos por mantenimiento, lo contrario sucede si se adopta un nivel de confiabilidad bajo. Por ende hay que adoptar un nivel de confiabilidad óptimo en el cual la suma de costos iniciales y de mantenimiento sean mínimos (ver figura 40)

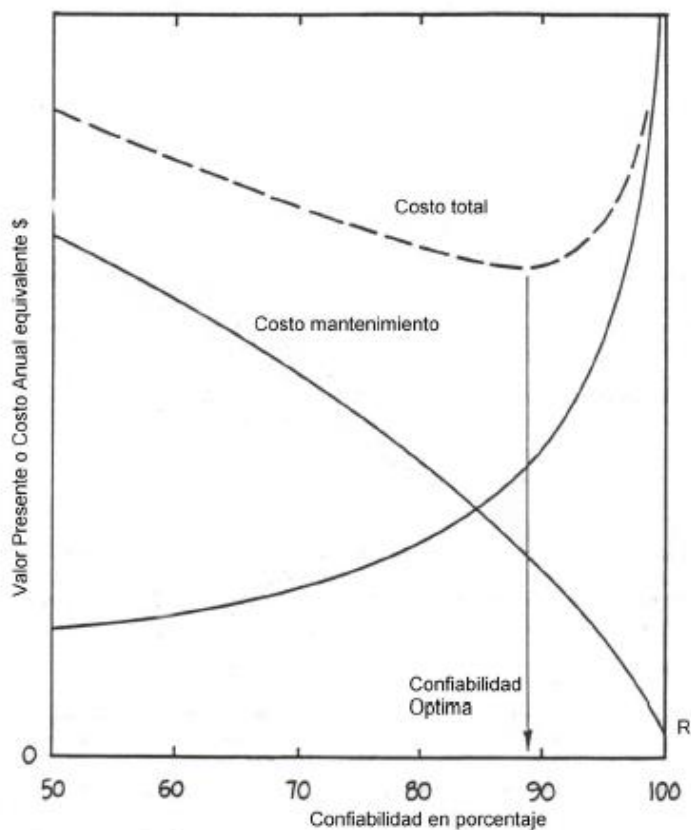


Figura 40. Confiabilidad óptima. (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

En la tabla 34 se presentan los niveles de confiabilidad recomendados por AASHTO 1993, considerándose a la av. Soberanía Nacional - Malvinas Argentinas una arteria principal y de zona urbana.

Tabla 34. Niveles de confiabilidad recomendados (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Se adoptó un nivel de confiabilidad (R) = 85 %



5.2.4) Desvío Estándar (So)

El desvío estándar es una medida de la variabilidad de los datos, su desvío con respecto a un valor medio de la serie. AASTHO 1993 recomienda para pavimentos rígidos un desvío estándar de 0,34 en el caso de que se considere la varianza del tránsito a futuro y un valor de 0,39 en caso de que no sea considerado.

Se adoptó un desvío estándar $S_o = 0,39$

5.2.5) Módulo compuesto de reacción de la subrasante/base (K_{comb})

Al incorporar una o más capas a la composición de la estructura se produce un incremento en la capacidad de soporte, que se debe tener en cuenta en el diseño.

Teniendo en cuenta el suelo que servirá de subrasante, se propone una base de relleno de densidad controlada (RDC) con un espesor de 15 cm, con 150 kg de cemento por metro cúbico y una resistencia a la compresión simple a los 7 días mayor o igual a 20kg/cm^2 .

Las bases de mezclas de agregados con cemento presentan un módulo de elasticidad que oscilan entre los 1.000.000 – 2.000.000 psi (ver tabla 35)

Tabla 35. Rangos típicos de factores de pérdida de soporte según tipo de material. (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Tipo de material	Módulo de elasticidad ó módulo resiliente [psi]	Factor de pérdida de soporte
Base granular tratada con cemento	1,000,000 – 2,000,000	0.0 – 1.0
Mezclas de agregado con cemento	500,000 – 1,000,000	0.0 – 1.0
Base tratada con asfalto	350,000 – 1.000,000	0.0 – 1.0
Mezclas bituminosas estabilizadas	40,000 – 300,000	0.0 – 1.0
Limo estabilizado	20,000 – 70,000	1.0 – 3.0
Material granular	15,000 – 45,000	1.0 – 3.0
Subrasante natural	3,000 – 40,000	2.0 – 3.0

En este caso se adoptó 750.00 psi como módulo de elasticidad de la base.

Con los valores del módulo resiliente y el módulo de elasticidad, ingresando en el ábaco de la figura 41, se obtiene el módulo de reacción combinado (K_{comb})

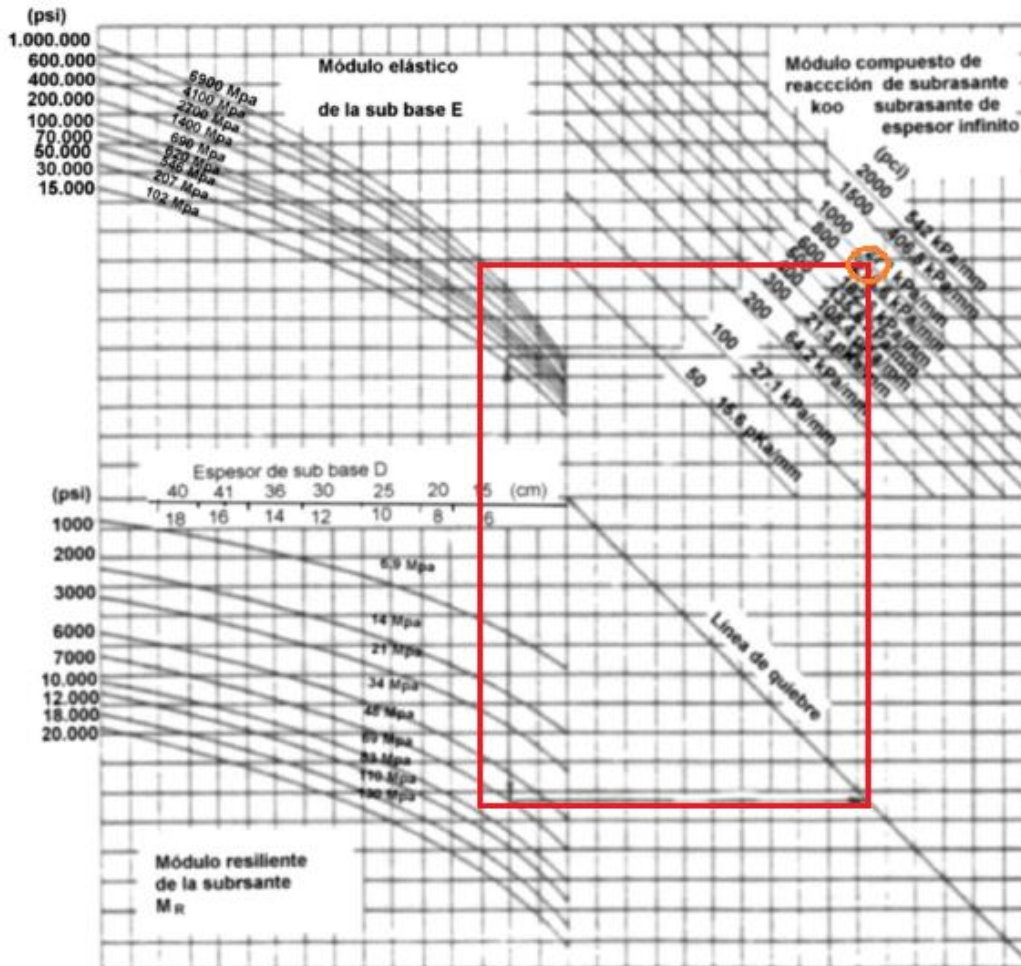


Figura 41. Ábaco para estimar el módulo compuesto de reacción de subrasante. (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Del ábaco se obtuvo un $K_{comb} = 950 \text{ pci}$.

5.2.6 Módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (K)

El módulo de reacción de la subrasante debe ajustarse para tener en cuenta la pérdida de soporte (LS) de la subbase por erosión.

El factor LS, es incluido en el diseño de pavimentos rígidos, para tomar en cuenta la pérdida potencial de soporte debido a la erosión de la subbase y/o movimientos verticales del suelo.

Ingresando en la tabla 35, dependiendo del tipo de material se adopta un valor de LS, que para esta caso oscila entre, 0 y 1.



El valor adoptado de $LS = 0,5$.

Con este valor de LS y el K_{comb} , se ingresa en el ábaco de la figura 42 y se determina el valor del módulo de reacción efectivo de la subrasante.

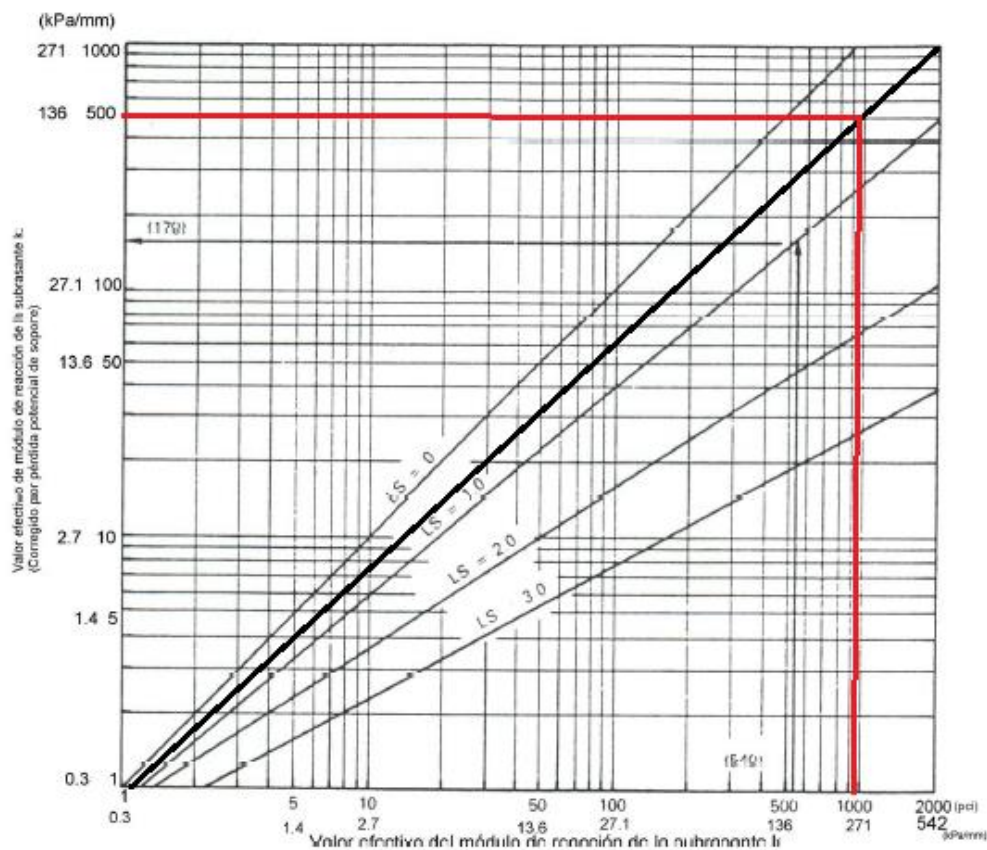


Figura 42. Corrección del módulo de reacción por pérdida de soporte (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Del ábaco se obtiene el módulo de reacción combinado subrasante/base corregido o efectivo, que es igual a 500 pci.

$$K_{efec} = 500 \text{ pci.}$$

5.2.7) Módulo de elasticidad del hormigón (E_c)

La AASHTO recomienda el empleo de la relación propuesta por el American Concrete Institute entre la resistencia a compresión simple y el módulo de elasticidad:

$$E_c = 4730 * \sqrt{f_c} \text{ [Mpa]}$$



En donde f_c es la resistencia a la compresión simple, que para un hormigón tipo H-30 es de 30 Mpa.

$$E_c = 4730 * \sqrt{(30 \text{ Mpa})} = 25907 [\text{Mpa}]$$

$$E_c = 25907 \text{ Mpa} = 3757400 \text{ psi}$$

5.2.7) Módulo de rotura del hormigón (f_r)

La AASHTO propone la determinación del módulo de rotura, utilizando la relación entre los valores de resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por flexión.

Para este caso se utilizó una fórmula que refleja los valores obtenidos para hormigones elaborados en Argentina.

$$f_r = 2,58 * (f_c)^{0.5} [\text{kg}/(\text{cm}^2)]$$

En donde:

- f_r : resistencia a la tracción por flexión o módulo de rotura.
- f_c : resistencia a la compresión del hormigón.

El hormigón a utilizar tiene la siguiente característica:

$$f_c = 30 \text{ Mpa} = 6000 \text{ psi} = 300 \text{ kg}/(\text{cm}^2)$$

$$f_r = 2,58 * (300 \text{ kg}/(\text{cm}^2))^{0.5} = 45 [\text{kg}/(\text{cm}^2)]$$

$$f_r = 45 \text{ kg}/(\text{cm}^2) = 643 \text{ psi}$$

5.2.8) Coefficiente de transferencia de carga (J)

Las cargas de tránsito deben ser transmitidas de manera eficiente de una losa a la siguiente, mediante las juntas con el objetivo de reducir las deflexiones en las mismas. Dichas deflexiones al ser excesivas generan bombeo de la subbase y posterior fisuración. Las transferencias de cargas en juntas se pueden materializar mediante trabazón entre agregados, o mediante el uso de barras pasadoras o pasajuntas.

Con este factor se tiene en cuenta la transferencia de cargas a través de las juntas y fisuras.

Se estableció un pavimento rígido con el uso de juntas y cordones laterales, el cual ofrece soporte lateral, además para materializar las juntas se utilizan pasadores de acero liso



y un “ESAL en millones 3-10”. Teniendo todo esto en cuenta y usando las recomendaciones dadas por el Manual de AASHTO (ver tabla 36)

Tabla 36. Coeficiente de transferencia de carga (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Soporte lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Tipo
ESALs en millones	Con pasadores con o sin refuerzo de temperatura		Con refuerzo continuo		Sin pasadores (fricción entre agregados)		
Hasta 0.3	2.7	3.2	2.8	3.2	-	-	Calles y caminos vecinales
0.3 – 1	2.7	3.2	3.0	3.4	-	-	
1 – 3	2.7	3.2	3.1	3.6	-	-	
3 – 10	2.7	3.2	3.2	3.8	2.5	2.9	Caminos principales y autopistas
10 – 30	2.7	3.2	3.4	4.1	2.6	3.0	
más de 30	2.7	3.2	3.6	4.3	2.6	3.1	

De la tabla 36 se obtiene el valor de transferencia de carga de 2,7.

$$J = 2,7$$

5.2.9) Coeficiente de drenaje (Cd)

El drenaje es analizado teniendo en cuenta, el efecto del agua sobre las propiedades de las capas de pavimento y las consecuencias sobre la capacidad estructural.

Un buen drenaje aumenta la capacidad portante de la subrasante (el módulo resiliente aumenta, cuando disminuye el contenido de humedad), mejorando así la calidad del camino y permitiendo uso de capas más delgadas.

La calidad del drenaje de la estructura puede ser calificada según cuanto tiempo demora en drenar al agua (ver tabla 37).



Tabla 37. Tiempos de drenajes recomendados. (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Calidad de drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Mas de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	Mucho mas de 10 horas

En la tabla 38 se observan los valores recomendados para el coeficiente de drenaje (Cd), que depende de la propiedad con que cuentan las capas que constituyen la estructura de pavimento para liberar el agua entre sus granos.

Tabla 38. Coeficiente de drenaje para pavimentos rígidos. (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Al utilizarse una sub rasante de suelo cal, el suelo presenta buena capacidad de drenaje

Se considera que la estructurar puede estar expuesta a niveles de saturación en un porcentaje de tiempo mayor al 25%.

Por lo tanto se adopta de la tabla 38, un coeficiente de drenaje igual a 1.

Cd = 1,00



5.2.10) Número estructural necesario

En función de los ítems anteriormente expuestos, se procedió al uso de los ábacos de diseños de pavimentos rígidos 9.2-a y 9.2-b de la guía AASHTO 1993 (ver figuras 43 y 44) para determinar el espesor de la losa.

$$D = 10'' = 25,4 \text{ cm}$$

Se adopta $D = 25 \text{ cm}$

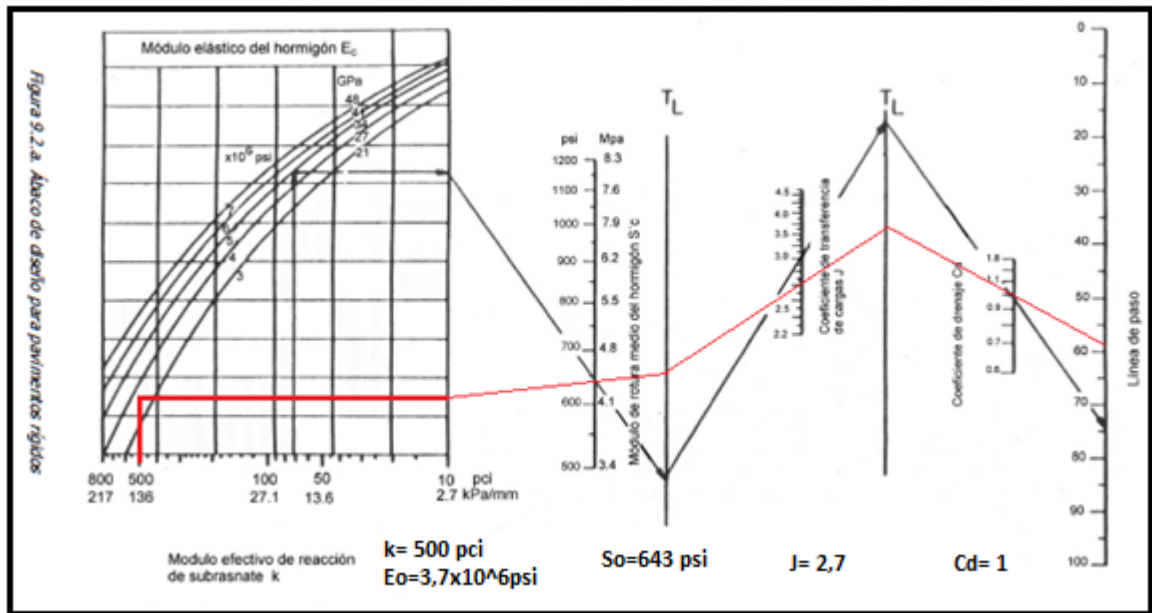


Figura 43. Ábaco de diseño de pavimentos rígidos (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

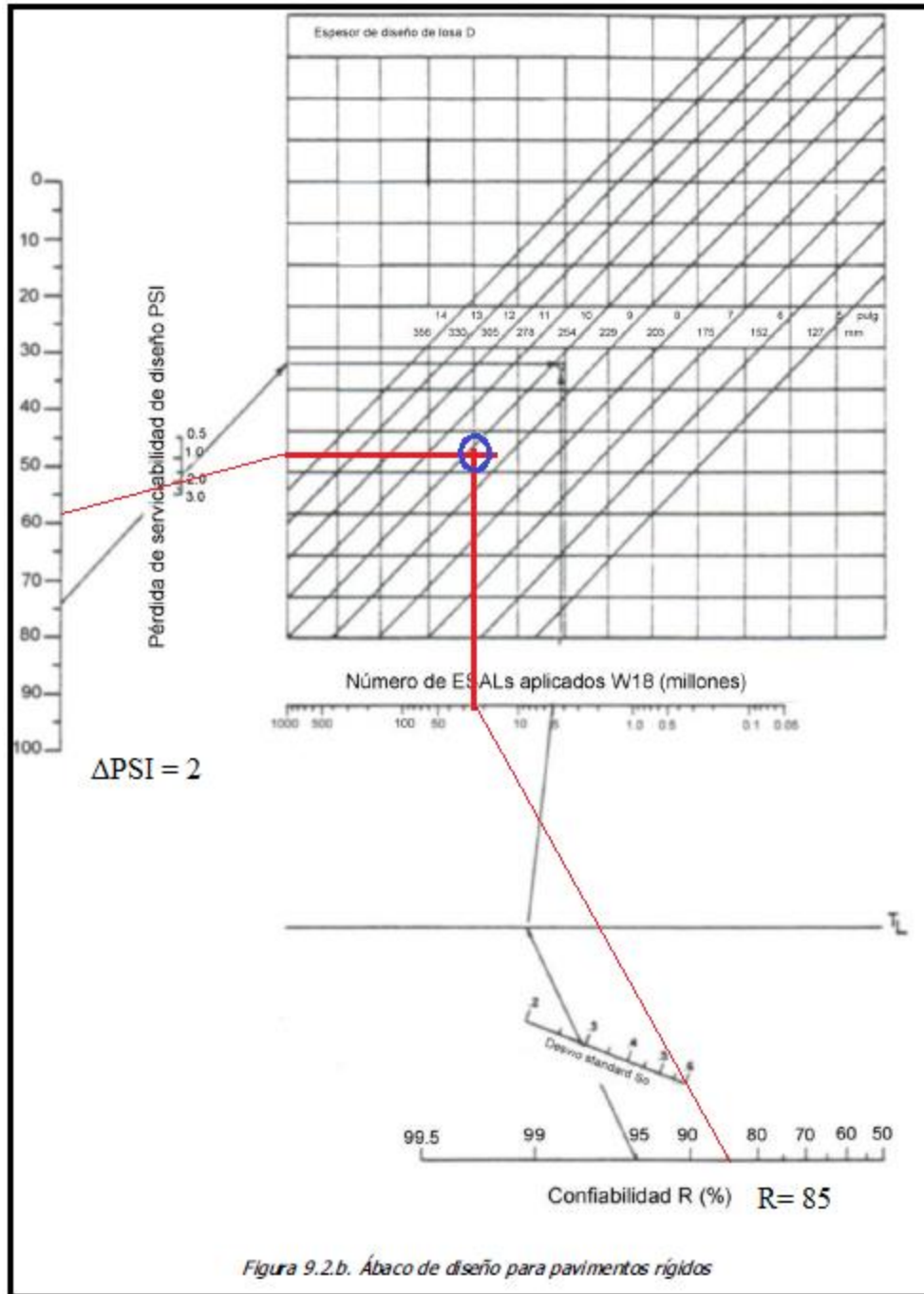


Figura 44. Ábaco de diseño de pavimentos rígidos (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).



5.3) Paquete estructural propuesto

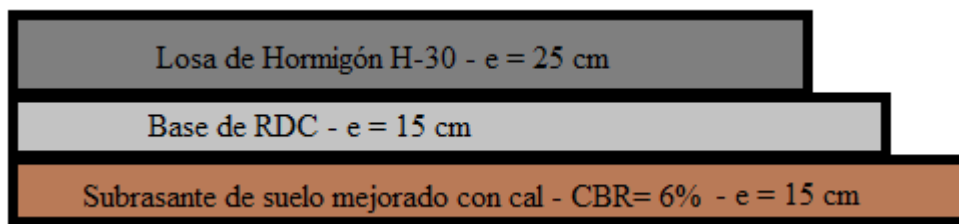


Figura 45. Croquis del paquete estructural. (Fuente: elaboración propia)

5.4) Verificación mediante el método de la PCA

Una vez realizado el dimensionado del paquete estructural, se procede a su verificación mediante el método de la Portland Cement Association (PCA).

Para realizar la verificación se utilizan los siguientes datos:

- TMDA diseño = 25916 veh/día
- Vehículos considerados para el cálculo:
 - Omnibus (eje simple): 5% con un peso por eje de 9800kg.
 - Camión sin acoplado (eje simple): 15% con un peso por eje de 10500kg.
 - Camión con acoplado (eje tándem): 5% con un peso por eje de 18000kg.
- Factor de seguridad de cargas (FSC): se adopta 1,1 por considerarse volumen de tránsito pesado moderado.
- Con el CBR de 6% se obtiene el módulo de la subrasante

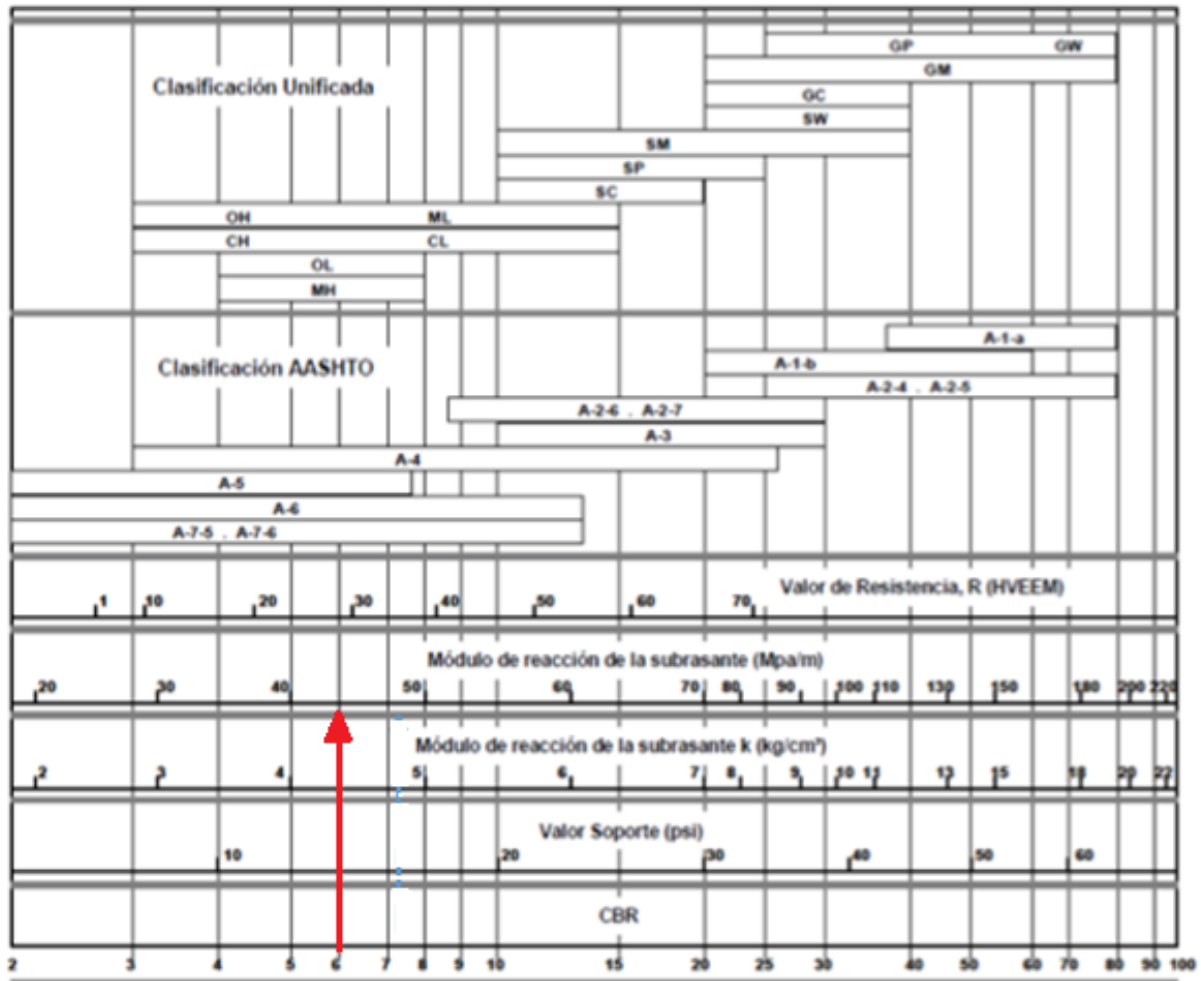


Figura 46. Correlación entre la clasificación de suelos y ensayos. (Fuente: AASHTO)

De la figura 46 se obtiene $k = 43 \text{ MPa/m}$

- Con el espesor de la base de RDC de 15cm y el K de 43MPa/m, se obtiene el módulo compuesto de reacción de base/subrasante (K_{comb}) ingresando en la tabla 39.

Tabla 39. Valor K del suelo según el espesor de la base granular

Espesor de la base → k subrasante [MPa/m] ↓	100 mm	150 mm	225 mm	300 mm
20	60	80	105	135
40	100	130	185	230
60	140	190	245	---



Interpolando para el valor de 43 MPa/m se obtiene el Kcomb de 139 MPa/m \approx 140 MPa/m.

- Hormigón tipo H-30 de 25 cm de espesor
- Módulo de rotura a los 28 días. $\sigma'f = 45 \text{ kg/cm}^2$

Con el espesor del hormigón y el K, se obtienen los esfuerzos equivalentes para eje simple y tándem.

Tabla 40. Tensión equivalente (eje simple/doble/triple). (Fuente: ICPA)

Espesor de la losa (mm)	k subrasante-subbase (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	5,42/4,39/3,36	4,75/3,83/3,10	4,38/3,59/3,02	4,13/3,44/2,98	3,66/3,22/2,94	3,45/3,15/2,93
110	4,74/3,88/2,92	4,16/3,35/2,64	3,85/3,12/2,55	3,63/2,97/2,50	3,23/2,76/2,45	3,06/2,68/2,44
120	4,19/3,47/2,60	3,69/2,98/2,30	3,41/2,75/2,20	3,23/2,62/2,14	2,88/2,40/2,08	2,73/2,33/2,07
130	3,75/3,14/2,35	3,30/2,68/2,04	3,06/2,46/1,93	2,89/2,33/1,87	2,59/2,13/1,80	2,46/2,05/1,78
140	3,37/2,87/2,15	2,97/2,43/1,83	2,76/2,23/1,72	2,61/2,10/1,65	2,34/1,90/1,58	2,23/1,83/1,55
150	3,06/2,64/1,99	2,70/2,23/1,67	2,51/2,04/1,55	2,37/1,92/1,48	2,13/1,72/1,40	2,03/1,65/1,37
160	2,79/2,45/1,85	2,47/2,06/1,54	2,29/1,87/1,41	2,17/1,76/1,34	1,95/1,57/1,25	1,86/1,50/1,23
170	2,56/2,28/1,73	2,26/1,91/1,43	2,10/1,74/1,30	1,99/1,63/1,23	1,80/1,45/1,14	1,71/1,38/1,11
180	2,37/2,14/1,62	2,09/1,79/1,34	1,94/1,62/1,21	1,84/1,51/1,14	1,66/1,34/1,04	1,58/1,27/1,01
190	2,19/2,01/1,53	1,94/1,67/1,26	1,80/1,51/1,13	1,71/1,41/1,06	1,54/1,25/0,96	1,47/1,18/0,92
200	2,04/1,90/1,45	1,80/1,58/1,19	1,67/1,42/1,07	1,59/1,33/0,99	1,43/1,17/0,89	1,37/1,11/0,85
210	1,91/1,79/1,37	1,68/1,49/1,13	1,56/1,34/1,01	1,48/1,25/0,93	1,34/1,10/0,83	1,28/1,04/0,79
220	1,79/1,70/1,30	1,57/1,41/1,07	1,46/1,27/0,95	1,39/1,18/0,88	1,26/1,03/0,78	1,20/0,98/0,74
230	1,68/1,62/1,24	1,48/1,34/1,02	1,38/1,21/0,91	1,31/1,12/0,84	1,18/0,93/0,73	1,13/0,92/0,70
240	1,58/1,55/1,18	1,39/1,28/0,97	1,30/1,15/0,87	1,23/1,06/0,80	1,11/0,93/0,69	1,06/0,87/0,66
250	1,48/1,48/1,12	1,33/1,22/0,92	1,23/1,09/0,82	1,16/1,01/0,76	1,05/0,88/0,66	1,00/0,83/0,62
260	1,41/1,41/1,07	1,25/1,17/0,89	1,16/1,05/0,79	1,10/0,97/0,73	0,99/0,84/0,63	0,95/0,79/0,59
270	1,34/1,36/1,02	1,18/1,12/0,86	1,10/1,00/0,76	1,04/0,93/0,70	0,94/0,80/0,60	0,90/0,75/0,57

Con el espesor de 25cm y el K = 140 MPa/m se obtiene de la tabla 40, la tensión equivalente:

- Para eje simple = 1,05
- Para eje tándem = 0,88



Tabla 41. Factor de erosión (eje simple/doble/triple). (Fuente: ICPA)

Espesor de la losa (mm)	k subrasante-subbase (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	3,76/3,80/3,86	3,75/3,79/3,80	3,74/3,77/3,75	3,74/3,76/3,71	3,72/3,72/3,62	3,70/3,70/3,56
110	3,63/3,71/3,76	3,62/3,67/3,69	3,61/3,65/3,65	3,61/3,63/3,62	3,59/3,60/3,53	3,58/3,58/3,48
120	3,52/3,61/3,68	3,50/3,56/3,60	3,49/3,54/3,56	3,49/3,52/3,52	3,47/3,49/3,45	3,46/3,47/3,40
130	3,74/3,52/3,60	3,39/3,47/3,51	3,39/3,44/3,47	3,38/3,43/3,44	3,37/3,39/3,37	3,35/3,37/3,33
140	3,31/3,43/3,53	3,30/3,38/3,43	3,29/3,35/3,39	3,28/3,33/3,36	3,27/3,30/3,29	3,26/3,28/3,26
150	3,22/3,36/3,47	3,21/3,30/3,36	3,20/3,27/3,31	3,19/3,25/3,28	3,17/3,21/3,22	3,16/3,19/3,19
160	3,14/3,28/3,41	3,12/3,22/3,30	3,11/3,19/3,25	3,10/3,17/3,21	3,09/3,13/3,15	3,08/3,12/3,12
170	3,06/3,22/3,35	3,04/3,15/3,24	3,03/3,12/3,19	3,02/3,10/3,15	3,01/3,06/3,08	3,00/3,04/3,05
180	2,99/3,16/3,30	2,97/3,09/3,19	2,96/3,06/3,13	2,95/3,03/3,09	2,93/2,99/3,02	2,92/2,97/2,99
190	2,92/3,10/3,25	2,90/3,03/3,14	2,88/2,99/3,08	2,88/2,97/3,04	2,86/2,93/2,96	2,85/2,91/2,93
200	2,85/3,05/3,21	2,83/2,97/3,09	2,82/2,94/3,03	2,81/2,91/2,99	2,79/2,87/2,91	2,78/2,85/2,88
210	2,79/2,99/3,16	2,77/2,92/3,05	2,75/2,88/2,99	2,75/2,86/2,94	2,73/2,81/2,86	2,72/2,79/2,83
220	2,73/2,95/3,12	2,71/2,87/3,01	2,69/2,83/2,94	2,69/2,80/2,90	2,67/2,76/2,82	2,66/2,73/2,78
230	2,67/2,90/3,08	2,65/2,82/2,97	2,64/2,78/2,90	2,63/2,75/2,86	2,61/2,70/2,77	2,60/2,68/2,74
240	2,62/2,86/3,05	2,60/2,78/2,93	2,58/2,73/2,86	2,57/2,71/2,82	2,55/2,66/2,73	2,54/2,63/2,69
250	2,57/2,80/3,01	2,54/2,73/2,85	2,53/2,65/2,83	2,52/2,66/2,78	2,50/2,61/2,69	2,49/2,59/2,65
260	2,52/2,78/2,98	2,49/2,69/2,86	2,48/2,65/2,79	2,47/2,62/2,74	2,45/2,56/2,66	2,44/2,54/2,62
270	2,47/2,74/2,94	2,44/2,65/2,82	2,43/2,61/2,76	2,42/2,58/2,71	2,40/2,52/2,62	2,39/2,50/2,58

Con el espesor de 25cm y el $K = 140$ MPa/m se obtiene de la tabla 41, el factor de erosión:

- Para eje simple = 2,50
- Para eje tándem = 2,61

5.4.1) Análisis de fatiga

El análisis por fatiga para controlar el agrietamiento por fatiga, influye principalmente en el diseño de pavimentos de tráfico ligero (calles residenciales y caminos secundarios independientemente de si las juntas tienen o no pasajuntas) y pavimentos con tráfico mediano con pasajuntas en las juntas.



Para el análisis de fatiga se ingresa en la figura 47, con los pesos por eje, que son 96KN y 103KN para eje simple y 177KN para eje tándem.

La relación de tensiones es de 0,23 para ejes simples y de 0,20 para eje tándem.

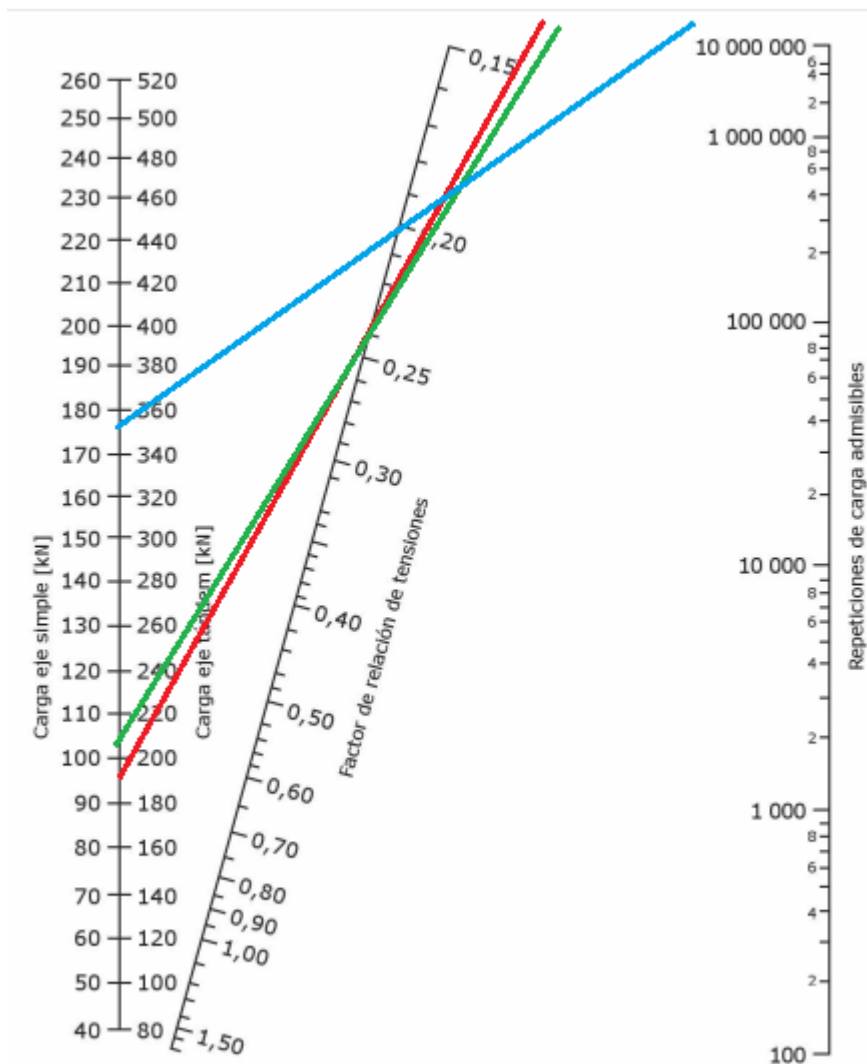


Figura 47. Análisis de fatiga. Cantidad de repeticiones admisibles a partir de la relación de tensiones.

(Fuente: ICPA)

Para los 3 casos se obtienen repeticiones admisibles ilimitadas.



5.4.2) Análisis de erosión

El análisis por erosión (el responsable de controlar la erosión del terreno de soporte, bombeo y diferencia de elevación de las juntas) influye principalmente el diseño de pavimentos con tráfico mediano a pesado con transferencia de carga por trabazón de agregados (sin pasajuntas) y pavimentos de tráfico pesado con pasajuntas.

Para el análisis de erosión se ingresa en la figura 48, con los pesos por eje, que son 96KN y 103KN para eje simple y 177KN para eje tándem.

Los factores de erosión son 2,50 para eje simple y 2,61 para eje tándem.

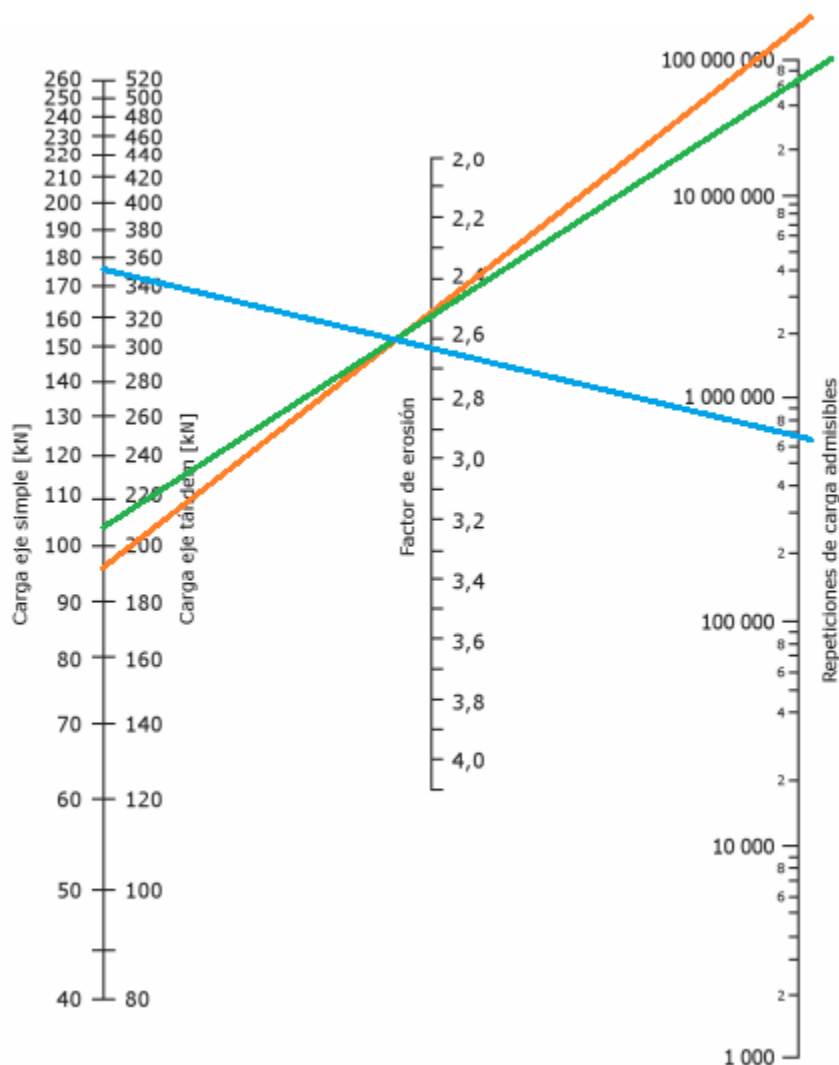


Imagen 48. Análisis por erosión. Cantidad de repeticiones admisibles a partir del factor de erosión.

(Fuente: ICPA).



Para el peso de 96Kn (eje simple): repeticiones admisibles → ilimitadas

Para el peso de 103Kn (eje simple): repeticiones admisibles → 60.000.000

Para el peso de 177Kn (eje tándem): repeticiones admisibles → 7.000.000

5.4.3) Número de repeticiones esperadas

Para determinar el número de repeticiones esperadas se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$Re = TMDA \times \% Te \times FS \times FC \times Pd \times FCA \times 365$$

Dónde:

- TMDA = Tránsito medio diario anual → 25916 veh/día
- % Te = % de TMDA para cada tipo de eje
 - Ómnibus (eje simple): 5% con un peso por eje de 9800kg.
 - Camión sin acoplado (eje simple): 15% con un peso por eje de 10500kg.
 - Camión con acoplado (eje tándem): 5% con un peso por eje de 18000kg.
- FS = Factor de sentido → 0,5
- FC = Factor de carril → 0,8
- Pd = Período de diseño → 20 años
- Factor de crecimiento anual → 1,3

Para eje simple de 9800kg por eje:

$$Re = 25916 \times 0,05 \times 0,5 \times 0,8 \times 20 \times 1,3 \times 365 = 4.918.856,8$$

Para eje simple de 10500kg por eje:

$$Re = 25916 \times 0,15 \times 0,5 \times 0,8 \times 20 \times 1,3 \times 365 = 14.756.570,4$$

Para eje tándem de 18000kg por eje

$$Re = 25916 \times 0,05 \times 0,5 \times 0,8 \times 20 \times 1,3 \times 365 = 4.918.856,8$$



5.4.4) Verificación del espesor de pavimento

Tabla 42. Verificación el espesor de hormigón según ICPA. (Fuente: elaboración propia)

Verificación del espesor de hormigón						
Espesor estimado =		25,0 cm		Junta con pasadores = SI		
"k" combinado Subr/Subb =		14Kg/cm3		Sin banquina de Hormigón		
Módulo de Rotura "MR" =		45 kg/cm2		Subbase cementada		
FSC =		1,1		Espesor =		15 cm
Período de Diseño :		20 años				
Cargas por eje	Carga por FSC	Repeticiones Esperadas	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosión	
			Repeticiones Admisibles	Consumo de Fatiga	Repeticiones Admisibles	Daño por Erosión
1	2	3	4	5	6	7
EJES SIMPLES	Esfuerzos equivalentes		1,05	Factor de erosión		2,50
	Relación de tensiones		0,23			
9800	10780	4918856	ILIMITADAS	0,0%	ILIMITADAS	0,0%
10500	11550	14756570	ILIMITADAS	0,0%	60000000	24,6%
Suma parcial				0,0%		24,6%
EJES TANDEM	Esfuerzos equivalentes		0,88	Factor de erosión		2,61
	Relación de tensiones		0,2			
18000	19800	4918856	ILIMITADAS	0,0%	7000000	70,3%
Suma parcial				0,0%		70,3%
				FATIGA	0,0%	EROSIÓN 94,9%

Como la suma de los porcentajes de daños por fatiga y erosión son menores al 100%, nos encontramos en buenas condiciones y verifica el pavimento de 25cm de espesor (tabla 42)



5.5) Juntas, pasadores y barras de unión

El objetivo de las juntas es desarrollar el patrón de fisuración que desarrolla naturalmente el pavimento en servicio, mediante un diseño adecuado y ejecución de juntas transversales y longitudinales con los mecanismos apropiados para transferir las cargas.

Un adecuado diseño permitirá prevenir la formación de fisuras y la infiltración de agua y materiales incompresibles a la estructura del pavimento, a su vez proveerá transferencia adecuada de cargas y permitirá el movimiento de las losas contra estructuras fijas e intersecciones.

Según recomendaciones del ICPA, donde la relación largo/ancho de losas debe ser menor a 1,5 (siendo el recomendado menor o igual a 1,25). Se adoptan tres disposiciones de separación entre juntas para cada calzada.

En la calzada norte donde el ancho de la misma es de 8m, se adopta una separación entre juntas en sentido longitudinal al eje de calzada de 4m y en sentido transversal de 3m. Quedando conformadas losas de 3m de largo, 4m de ancho y 0,25 m de espesor. Dando como resultado una relación largo/ancho = 0,75

En la calzada central donde el ancho de la misma es de 7,30m, se adopta una separación entre juntas en sentido longitudinal al eje de calzada de 3,65 m y en sentido transversal de 3m. Quedando conformadas losas de 3m de largo, 3,65m de ancho y 0,25m de espesor. Dando como resultado una relación largo/ancho = 0,82

En la calzada sur donde el ancho de la misma es de 6,20m, se adopta una separación entre juntas en sentido longitudinal al eje de calzada de 3,1m y en sentido transversal de 3m. Quedando conformadas losas de 3m de largo, 3,1m de ancho y 0,25m de espesor. Dando como resultado una relación largo/ancho = 0,97

5.5.1) Juntas transversales de contracción

Son juntas materializadas en el sentido transversal de la calzada de hormigón, permiten controlar la formación de fisuras intermedias en las losas, tanto a edad temprana como en servicio.

La transferencia de cargas se hace mediante la implementación de pasadores (figura 49), los cuales son barras de acero lisas colocadas en la junta transversal para transferir



cargas, sin restringir el movimiento longitudinal de las losas. Colaboran en la disminución de tensiones y deflexiones en el hormigón.

Junta Transversal de Contracción con Pasadores

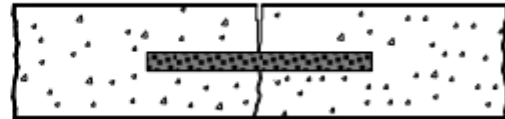


Figura 49. Junta transversal de contracción con pasadores. (Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino).

Para determinar las dimensiones de las barras, se utiliza las recomendaciones del ICPA (figura 50).

De las cuales se adoptó un barra de tipo I (AL -220), de 0,45m de longitud y un diámetro de 0,032m y separadas a 0,30m de centro a centro y 0,15m de centro a borde.

Tipo de acero	Tipo I (AL-220)
Superficie	Lisa, libre de óxido y con tratamiento que impida la adherencia al hormigón.
Longitud	45 cm.
Diámetro	25 mm para $E \leq 20$ cm 32 mm para $20 < E \leq 25$ cm 38 mm para $E > 25$ cm
Separación	30 cm. de centro a centro 15 cm. de centro a borde
Ubicación	Paralelo al eje de calzada Mitad del espesor de losa Mitad a cada lado de la junta transversal

INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO



Figura 50. Características de barras pasadores. (Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino).



5.5.2) Juntas longitudinales de contracción

Tienen la función de controlar la fisuración longitudinal, se ejecutan por aserrado cuando se materializan dos o más trochas simultáneamente.

Se emplean barras de acero conformadas superficialmente (figura 51), se deben colocar perpendicularmente a la dirección longitudinal y siempre a mitad de la profundidad en el espesor de la losa. Cuando se realiza el armado de esta junta se debe tener presente que debe estar alejado como mínimo 40cm respecto de las juntas transversales, para no interferir con el funcionamiento de los pasadores. Se las recomienda colocarlas junto a las líneas demarcatorias de división de carriles, para así evitar la formación de huellas.

Junta Longitudinal de Contracción



Figura 51. Junta longitudinal de contracción con barra de unión. (Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino).

Para dimensionar las barras de unión se usa la formula recomendada por el ICPA (figura 52)

$$A_{BU} = \frac{\gamma \cdot E \cdot L \cdot \mu \cdot S}{f_a}$$

Siendo:

A_{BU} : Sección mínima de acero de las barras de unión por cada losa de pavimento.

γ : Peso unitario del hormigón.

E: Espesor de la losa.

L: Distancia al borde libre más cercano.

μ : Coeficiente de fricción entre la losa y el apoyo (ver Tabla 3-2).

f_a : Tensión admisible del acero.

S: Separación entre juntas transversales.



Tabla 3-2: Coeficientes de fricción recomendados. [AASHTO. 1993]	
Tipo de material en el apoyo de la calzada	Coefficiente de Fricción, μ
Tratamiento superficial	2,2
Estabilizado con cal/cemento/asfalto	1,8
Material granular	1,5
Subrasante Natural	0,9

Figura 52. Sección mínima de acero (fuente: Manual de Diseño y Construcción de pavimentos de Hormigón).

Se determina la sección para las losas de mayor dimensión (calzada norte), siendo esta la condición más exigente.

$$A_{BU} = 0.024 \text{ MN/m}^3 \times 0,25\text{m} \times 4 \text{ m} \times 1,8 \times 3 \text{ m} / 240 \text{ MPa} = 5,4 \text{ cm}^2$$

Una vez obtenido la sección, se procede a determinar el largo de la barra, para ello se utilizaron las recomendaciones del manual Manual de Diseño y Construcción de pavimentos de Hormigón (figura 53).

Tabla 3-3: Largo mínimo de las barras de unión.			
Diámetro de la barra [mm]	Sección [cm ²]	Perímetro [cm]	Largo mínimo de la barra de unión [cm]
10	0,79	3,14	60
12	1,13	3,77	72
16	2,01	5,02	96
20	3,14	6,28	120

Figura 53. Longitud mínima de las barras de unión (fuente: Manual de Diseño y Construcción de pavimentos de Hormigón).



Diámetro de la Barra de Unión	10mm	12mm	16mm
Cantidad por losa	10	7	4
Separación adoptada entre barras	0,41 m.	0,62 m	1,12 m
Distancia entre barras extremas y las juntas transversales	0,40 m	0,40 m	0,56 m
Longitud de la barra de unión	0,6 m	0,72 m	0,96 m

INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO



Figura 54. Separación de las barras de unión (fuente: Manual de Diseño y Construcción de pavimentos de Hormigón).

Basándose en las dimensiones que se observan en las figuras 53 y 54, se adoptaron 7 barras de diámetro 12mm, cuya sección es $1,13\text{cm}^2$ y un largo de 75 cm por cada losa, separadas entre sí cada 40 cm.

5.5.3) Juntas transversales de construcción

Las juntas transversales de construcción se realizan al finalizar la jornada de trabajo o en interrupciones programadas o por imposibilidad de continuar con el hormigonado.

La transferencia de carga se efectúa a través del pasador. Las barras utilizadas son las mismas que para las juntas transversales de contracción (figura 55).

Junta Transversal de Construcción

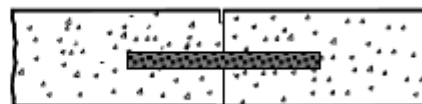


Figura 55. Junta transversal de construcción con pasadores. (Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino).



5.5.4) Juntas de dilatación

Este tipo de juntas aíslan al pavimento de otra estructura, tal como otra zona pavimentada o una estructura fija.

A su vez, ayudan a disminuir tensiones de compresión que se desarrollan en intersecciones en T y asimétricas.

El ancho de la misma no debe superar los 25mm.

La transferencia de carga se realiza a través de la barra pasadora (figura 56).

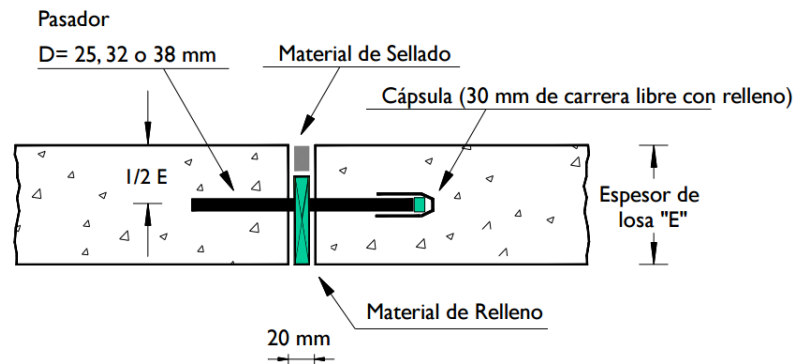


Figura 56. Junta transversal de dilatación con pasadores. (Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino).

Tipo de acero	Tipo I (AL-220)
Superficie	Lisa, libre de óxido y con tratamiento que impida la adherencia al hormigón.
Longitud	45 cm.
Diámetro	25 mm para $E \leq 20$ cm 32 mm para $20 < E \leq 25$ cm 38 mm para $E > 25$ cm
Separación	30 cm. de centro a centro 15 cm. de centro a borde
Ubicación	Paralelo al eje de calzada Mitad del espesor de losa Mitad a cada lado de la junta transversal

INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO



Figura 57. Características de la barra pasadora. (Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino).



Se adopta una junta de dilatación de 20mm con barras pasadoras Tipo I(AL-220), de 45cm de longitud y diámetro de 32mm. Separadas a 30cm de centro a centro y 15 cm de centro a borde.

5.6) Conclusión

Como conclusión del capítulo de paquete estructural, el mismo queda constituido por:

- Subrasante de suelo mejorado con cal con espesor de 15cm.
- Subbase de RDC con espesor de 15cm.
- Pavimento de hormigón H-30 con espesor de 25cm.
- Las losas cuentan con una dimensión:
 - 3m de largo y 4m de ancho (calzada norte).
 - 3m de largo y 3,65m de ancho (calzada central)
 - 3m de largo y 3,1m de ancho (calzada sur)
- Los pasadores de 32mm de diámetro, de 45cm de largo y separadas cada 30cm.
- Las barras de unión de 12mm de diámetro y 75 cm de largo, con sección de $1,13\text{cm}^2$, separadas entre sí cada 40cm.
- Las juntas de dilatación de 2 cm.

Para materializar el trabajo el grupo recomienda retirar las calzadas existentes (norte y central) en todo el tramo de estudio, ya que se encuentran altamente deterioradas y realizar sobre la mezcla de suelo estabilizado con arena cemento existente, la base de RDC de 15cm de espesor y sobre ésta el pavimento de hormigón H-30 de 25cm de espesor.

En lo que respecta a la nueva calzada (sur), se debe retirar el suelo orgánico (primera capa) (ver tabla 18. Capítulo 3), y realizar un mejoramiento del suelo existente con cal, colocándose 2% de cal útil vial. Sobre la mezcla de suelo mejorado con cal de 15cm de espesor, se debe realizar la base de RDC de 15cm de espesor y sobre ésta el pavimento de hormigón H-30 de 25cm de espesor.



CAPITULO 6: DRENAJE

6.1) Generalidades

En este capítulo lo que se trata es el estudio de los desagües para las calzadas de proyecto denominadas “central y sur” de la obra vial, en el tramo de estudio para ensanchamiento, teniendo en cuenta además que la calzada “norte” (actual colectora) ya tiene desarrollado su sistema de drenaje. Siguiendo los siguientes preceptos:

- La recepción de las aguas pluviales procedentes de la calzada y sus márgenes, mediante cordones cuneta, imbornales y sumideros.
- La evacuación de las aguas recogidas, a través de obras de desagüe transversal, hacia el canal colector de la av. Soberanía Nacional - Islas Malvinas.

Por tratarse de una obra vial con cordón cuneta, donde la superficie a drenar solo es la calzada propiamente dicha, para definir las áreas de aporte se procedió a determinar en función de la altimetría de proyecto los puntos altos (parte-agua de las cuencas) y bajos (descargas de las cuencas).

Una cuestión a tener en cuenta para el análisis es que la calzada sur tiene menor superficie que la calzada central, por lo tanto, el análisis se hace para la última y se adopta la misma solución para las dos calzadas.

En base a análisis presentado se distinguen 5 cuencas en la traza en estudio como se ve en la figura 58. Los datos de estas cuencas se encuentran en la tabla 43.



Figura 58. Cuencas de estudio (Fuente: elaboración propia)

Tabla 42. Datos de las subcuencas. (Fuente: elaboración propia)

CUENCAS	TRAMO	COTA IZQ. (m)	COTA DCHA. (m)	DIFERENCIA	PROGRESIVA IZQ. (m)	PROGRESIVA DCHA. (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE (m/m)
1	I	52	49,8	2,2	0	664	664	0,0033
	II	49,8	50,5	0,7	664	1065	401	0,0017
2	III	50,5	49,83	0,67	1065	1990	925	0,0007
	IV	49,83	50,05	0,22	1990	2839	849	0,0003
3	V	50,05	49,64	0,41	2839	2985	146	0,0028
	VI	49,64	49,93	0,29	2985	3235	250	0,0012
4	VII	49,93	49,36	0,57	3235	4486	1251	0,0005
	VIII	49,36	49,47	0,11	4486	5144	658	0,0002
5	IX	49,47	49,02	0,45	5144	5778	634	0,0007
	X	49,02	49,22	0,2	5778	6000	222	0,0009



6.2) Desagües de las calzadas

6.2.1) Método Racional

Para el análisis se utiliza el método racional para determinar el caudal de diseño y determinar los diámetros de las tuberías.

$$Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = 0,275 * C * I * A$$

C= coeficiente de escorrentía

I= intensidad de lluvia (mm/h)

A=área de aporte (km²)

Periodo de retorno

La selección del caudal de referencia para el que debe proyectarse un elemento del drenaje superficial está relacionada con la frecuencia de su aparición, que se define mediante su periodo de retorno. A mayor sea este mayor será el caudal.

Para el nuestro caso de estudio se consideró un periodo de retorno de 5 años.

Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía para el área de estudio por ser una obra vial, con una superficie principalmente pavimentada, es elevado. Se consideró que un 25 % del área en estudio es ocupada por parterres que tienen superficie absorbente y el restante 75% es de la calzada de hormigón que es impermeable. El análisis se realizó utilizando los valores del coeficiente de escorrentía 1 para el pavimento y 0.20 para la superficie verde del parterre, según la figura 59.

El coeficiente adoptado es $c = 0.75$



Ocupación del suelo	C
Edificación muy densa: partes centrales, densamente pobladas de ciudades con calles pavimentadas	0,70 a 0,95
Edificación no muy densa: partes adyacentes al centro, de menor densidad de habitantes, con calles pavimentadas	0,60 a 0,70
Edificación con pocas superficies libres: partes residenciales con construcciones cerradas, calles pavimentadas	0,50 a 0,60
Edificación con muchas superficies libres: partes residenciales con calles pavimentadas pero con muchas áreas verdes	0,25 a 0,50
Suburbios con alguna edificación: partes semiurbanas con pequeña densidad de construcciones	0,10 a 0,25
Parques y campos de deportes: partes rurales, áreas verdes, superficies arborizadas, parques ajardinados y campos de deporte sin pavimentos	0,05 a 0,20

Figura 59. Coeficientes de escorrentía. (Fuente: apuntes de la cátedra de hidrología)

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se define como aquel en el cual toda la cuenca está aportando al punto de descarga. Para el caso se aplicó la ecuación de Kirpich, que según la bibliografía es la que mejor se ajusta al caso.

$$T_c (\text{min}) = 0,0078 * L^{0,77} * S^{-0,385}$$

Teniendo los datos de las cuencas se puede calcular los tiempos de concentración para cada una. Ver tabla 44.

Tabla 44. Tiempo de concentración (Fuente: elaboración propia)

CUENCA	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (min)
1	29,11
2	70,64
3	15,06
4	106,81
5	18,02



Intensidad de lluvia

Para la determinación de la intensidad de lluvia se usaron las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) pertenecientes al AMGR, como se ve en la figura 60.

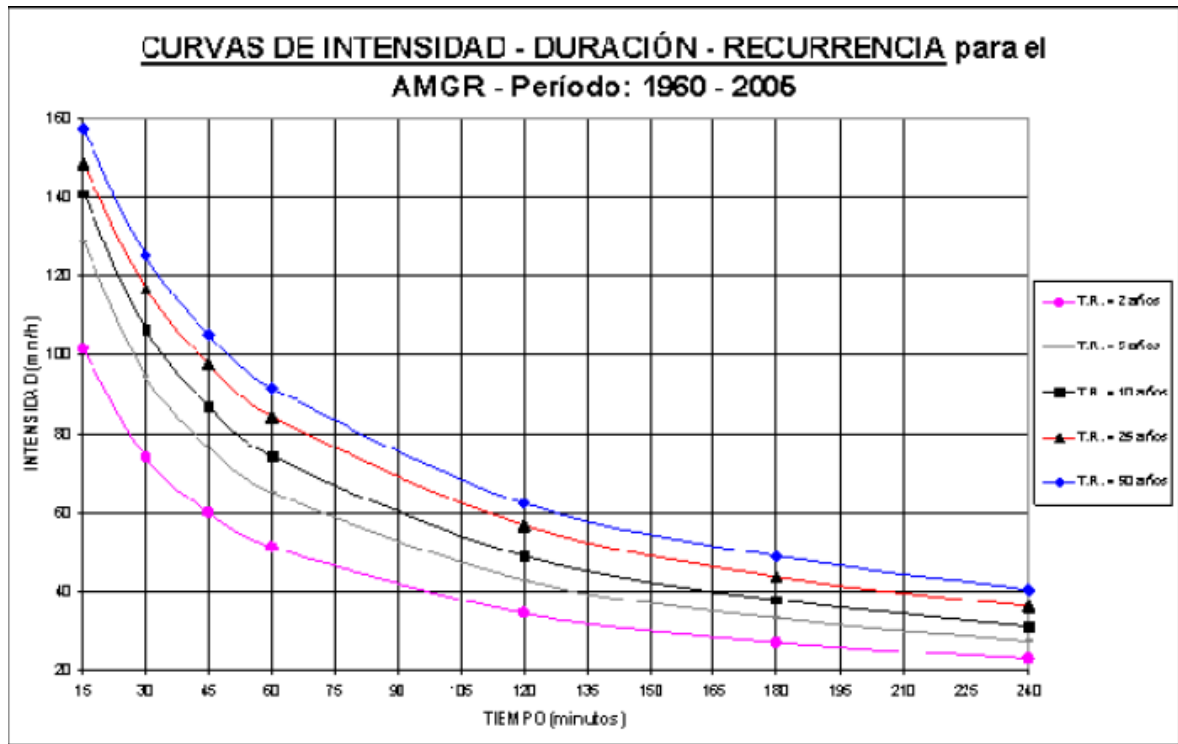


Figura 60. Curvas IDF. (Fuente: Actualización y análisis de las curvas IDF en el área metropolitana del gran Resistencia (AMGR) – 2007 - Pilar, Ruberto, Depettris et al.)

Para determinar la intensidad se necesita un tiempo de recurrencia y una duración que se asemeja al tiempo de concentración. Una manera de obtener el dato es de manera analítica con la ecuación de la curva.

$$I_p \left(\frac{\text{mm}}{\text{hs}} \right) = \frac{A}{(B + T_d)^c}$$

Donde A, B y C son coeficientes que dependen de la curva en cuestión, que para la curva de recurrencia de 5 años son:

$$A=1201.5$$

$$B=11.1$$

$$c=0.648$$

Los resultados se observan en la tabla 45.



Tabla 45. Intensidad de lluvia (Fuente: elaboración propia)

CUENCA	INTENSIDAD(mm/h)
1	96
2	59
3	128
4	46
5	120

Área de aporte

Para la determinación del área de aporte se toma el área de contribución de la calzada central. Ver tabla 46.

Tabla 46. Áreas de las cuencas. (Fuente: elaboración propia)

CUENCA	AREA (km2)
1	0,012
2	0,02
3	0,0045
4	0,022
5	0,01

Aplicación del Método Racional

Con los datos obtenidos se puede aplicar el método.

$$Q\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) = 0,275 * C * I * A$$

Además, para los siguientes análisis se calculan el caudal unitario y el caudal erogado por frente. A continuación, se detallan los resultados en la tabla 47.



Tabla 47. Resumen Método Racional

CUENCA	CAUDAL (m ³ /s)	CAUDAL UNITARIO (m/s)	CAUDAL POR FRENTE (m ³ /s)
1	0,24	1,22E-05	0,0083
2	0,25	4,47E-06	0,0031
3	0,12	1,65E-06	0,0011
4	0,21	1,96E-06	0,0013
5	0,24	1,81E-06	0,0012

6.2.2) Cordón cuneta

Este elemento del sistema de desagües es el que recibe todos los excesos provenientes de los frentes, y se comporta de manera similar a un canal siendo aplicable la ecuación de Manning, colocando como única condición para ello que el tirante máximo permitidos en las calles sea compatible con la protección que se desea dar y la importancia de la vía de comunicación.

Como criterio de diseño se prioriza la seguridad de circulación por lo tanto se impone que el tirante de agua sea tal que durante la ocurrencia del evento de diseño la superficie de encharcamiento sea igual a 1/2 de la superficie de la calzada (figura 62), con el fin de asegurar que aun durante el evento la superficie de rodamiento sea visible y permita el avance con seguridad.

Para lograr conducir un mayor caudal se propone un cordón cuneta como el que se ve en la figura 61. Con esta disposición constructiva y el criterio de seguridad adoptado, el



tirante límite en el cordón cuneta es de 8 cm. Otro factor importante en el cálculo es el coeficiente de rugosidad “n” aplicado en la ecuación. Según la figura 63, podemos ver que el coeficiente para el pavimento de hormigón varía entre 0,014 y 0,016, adoptándose este último para tener en cuenta que se puede dar la acumulación de residuos que disminuyen la capacidad de conducción del cordón.

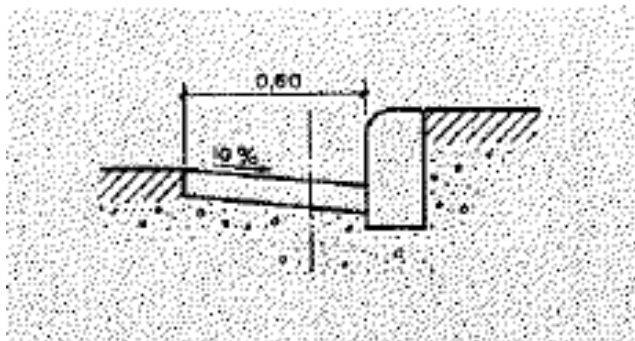


Figura 61. Cordón Cuneta (Fuente: Manual de Instrucción 5.2 IC. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo – España)

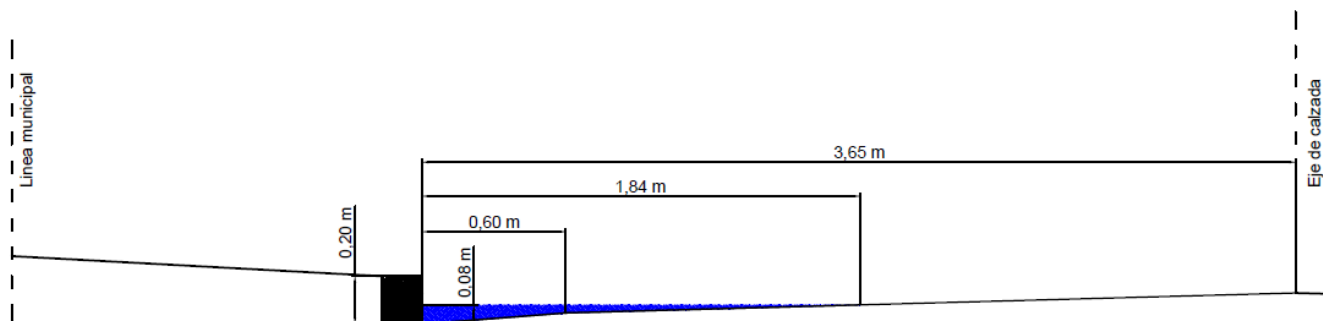


Figura 62. Cordón cuneta. (Fuente: elaboración propia)

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$A = \frac{z * d^2}{2}$$

$$P = z * d$$



CARACTERÍSTICAS	n
CANALES	
Rectilíneos con pastos de 15cm de altura	0,300 – 0,400
Rectilíneos con pastos y ramas de 30cm de altura	0,300 – 0,060
de hormigón premoldeados con buena terminación	0,011 – 0,014
de Hº moldeados en el lugar con formas metálicas simples	0,012 – 0,014
de Hº moldeados con encofrado de madera	0,015 – 0,020
CORDÓN CUNETA	
de asfalto suave	0,013
de asfalto rugoso	0,016
de concreto suave con pavimento de asfalto	0,014
de concreto rugoso con pavimento de asfalto	0,015
de pavimento de hormigón	0,014 – 0,016
de piedras	0,016

Figura 63. Valores de n. (Fuente: apuntes de la cátedra de hidrología)

Del análisis de cordón cuneta proyectado y con la condición de operación impuesta se obtienen los siguientes datos:

$$A=0,046 \text{ m}^2$$

$$P=1,88 \text{ m}$$

$$R=0,024 \text{ m}$$

$$n=0,016$$

Aplicando la ecuación de Manning determinamos la capacidad de conducción de cada tramo en las cuencas presentes. En la tabla 48 se resumen los resultados.

Tabla 47. Calculo cordón cuneta. (Fuente: elaboración propia)

CUENCA	TRAMO	LONGITUD (m)	PENDIENTE (m/m)	CAUDAL (m ³ /s)
1	I	664	0,0033	0,0185
	II	401	0,0017	0,0134
2	III	925	0,0007	0,0086
	IV	849	0,0003	0,0052
3	V	146	0,0028	0,0170
	VI	250	0,0012	0,0109



4	VII	1251	0,0005	0,0068
	VIII	658	0,0002	0,0041
5	IX	634	0,0007	0,0085
	X	222	0,0009	0,0096

6.2.3) Imbornales

Para la determinación de la ubicación de los imbornales se calculó la longitud de encharcamiento, que es aquella longitud en la que, mediante los aportes de la calzada y el parterre, se alcanza el caudal de diseño del cordón cuneta.

Este cálculo se hace determinando un caudal de aporte por metro de calzada, dato que se obtiene de la aplicación del método racional. La razón entre el caudal por metro y el caudal de conducción admisible del cordón cuneta nos da como resultado la longitud de encharcamiento, como se ve en la tabla 49.

Tabla 49. Longitud de encharcamiento (Fuente: elaboración propia)

CUENCA	TRAMO	CAUDAL ADMISIBLE POR CORDON (m ³ /s)	CAUDAL POR METRO (m ³ /s/m)	LONGITUD DE ENCHARCAMIENTO (m)
1	I	0,0185	6,89E-05	267,81
	II	0,0134	6,89E-05	194,39
2	III	0,0086	2,65E-05	325,09
	IV	0,0052	2,65E-05	194,44
3	V	0,0170	9,35E-06	1817,46
	VI	0,0109	9,35E-06	1168,09
4	VII	0,0068	1,11E-05	617,18
	VIII	0,0041	1,11E-05	373,84
5	IX	0,0085	1,02E-05	833,49
	X	0,0096	1,02E-05	939,02



Calculada la longitud de encharcamiento, y analizando la disposición más conveniente los imbornales, obtenemos lo siguiente:

Cuenca 1: 4 baterías de imbornales (en las progresivas 220,440,664 y 880)

Cuenca 2: 6 baterías de imbornales (en las progresivas 1375,1685,1990,2190,2390 y 2590)

Cuenca 3: 1 batería de imbornales (en la progresiva 2985)

Cuenca 4: 4 baterías de imbornales (en las progresivas 3650,4065,4486 y 4815)

Cuenca 5: 1 batería de imbornales (en la progresiva 5780)

Arrojando un total de 16 baterías en el tramo de adecuación de la avenida (de progresiva 0+000 a 6+000). El detalle constructivo se puede observar en el plano 14.

El tipo de imbornal adoptado para el proyecto es de cordón con rejillas verticales y cuerpo metálico. La altura del imbornal queda determinada por la altura del cordón, que es de 0,20 m.

La longitud de la rejilla se calcula aplicado la siguiente fórmula

$$L = Q / (1,7 * y^{\frac{2}{3}})$$

Donde, Q es el caudal de ingreso al imbornal e “y” es la altura de la lámina que tenemos en la rejilla que según los criterios adoptados es de 0,08 m. El caudal de cálculo para este caso va a ser dos veces el caudal admisible por los cordones cuneta (se da en el caso de las baterías de imbornales que se encuentran en los puntos más bajos). Se resume el cálculo en la tabla 50.

Tabla 50. Longitud de imbornales (Fuente: elaboración propia)

CUENCA	TRAMO	CAUDAL DE ENTRADA A IMBORNAL (m ³ /s)	LONGITUD REQUERIDA DE IMBORNAL (m)
1	I	0,032	0,102
	II		
2	III	0,014	0,044
	IV		



3	V	0,028	0,089
	VI		
4	VII	0,011	0,035
	VIII		
5	IX	0,018	0,058
	X		

Las longitudes requeridas por cálculo son pequeñas y propensas a obstrucciones. Por lo tanto, se adopta y se estandariza para todos los imbornales 1 metro de longitud abertura de la reja.

6.2.4) Conductos de Vinculación

El agua captada por los imbornales o bocas de tormenta necesita ser conducida hasta los conductos secundarios y principales, esto se lleva a cabo a través de los denominados conductos de vinculación. Estos elementos se calculan como conductos a presión.

El procedimiento consiste en calcular el diámetro requerido y se adopta diámetro comercial superior más cercano. Además, se tiene que tener en cuenta que existen diámetros mínimos para asegurar la limpieza (en el caso de la ciudad de Resistencia es de 0,60 m). Se aplicó la fórmula de Hazen – Williams para conductos a presión.

$$J = 10,65 * \left(\frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}} \right)$$

Donde se adopta como cañería para el sistema el tipo PRFV cuyo coeficiente de rugosidad de para la fórmula de Hazen - Williams es 145. La pérdida de carga unitaria adoptada para el caso es de 0,004 m/m. El caudal que se utiliza en el cálculo es el que transita por el ultimo conducto de vinculación de la batería de imbornales. En la tabla 51 se demarcan los resultados.



Tabla 51. Conductos de vinculación. (Fuente: elaboración propia)

CAUDAL DE ENTRADA A INBORNAL (m ³ /s)	CAUDAL PARA CALCULO (m ³ /s)	DIAMETRO REQUERIDO (HAZEN-WILLIANS) (m)	DIAMETRO ADOPTADO (m)
0,032	0,10	0,21	Φ 0,60
0,014	0,04	0,15	
0,028	0,08	0,20	Φ 0,60
0,011	0,03	0,14	Φ 0,60
0,018	0,05	0,17	Φ 0,60

6.2.5) Conductos secundarios

Se propone que los conductos secundarios descarguen en el canal, logrando así que cada batería de imbornales sea independiente una de otra. También se reduce las longitudes de las excavaciones y las tapadas que se tiene que alcanzar.

La ecuación de Manning cuando el conducto no está a presión, trabaja a sección llena y flujo uniforme, en estas condiciones el diámetro es:

$$D = \left(\frac{3,21 * n * Q}{\sqrt{S_0}} \right)^{3/8}$$

Para el conducto elegido y la disposición adoptada tenemos que:

$$n=0,01$$

$$S_0=0,002 \text{ m/m}$$

Los valores del cálculo pueden verse en la tabla 52.



Tabla 52. Conducto secundario (Fuente: elaboración propia)

CAUDAL DE ENTRADA A INBORNAL (m ³ /s)	CAUDAL PARA CALCULO (m ³ /s)	DIAMETRO REQUERIDO (MANNING) (m)	DIAMETRO ADOPTADO (m)
0,03	0,127	0,41	Φ 0,60
0,01	0,055	0,11	Φ 0,60
0,03	0,112	0,18	Φ 0,60
0,01	0,044	0,12	Φ 0,60
0,02	0,073	0,15	Φ 0,60

6.3) Ex brazo del riacho Arazá en calle Duvivier (progresiva 4750)

En la progresiva 4750 se encuentra el antiguo cauce del riacho Arazá, que aguas arriba fue entubado y derivado en la década de 1980 para permitir emprendimientos habitacionales. En el lugar en cuestión el cauce mantuvo la función de desagüe de Villa Libertad, según se aprecia en la figura 63, teniendo su descarga en el canal Soberanía Nacional.

En la actualidad se construyeron dos conductos de drenaje paralelos el cauce, el primero en la calle Los Hacheros (progresiva 4250) y el segundo en la av. Chaco (progresiva 5000). Ambos aportan al drenaje de la zona de Villa Libertad, disminuyendo de esta manera el caudal que circula por el cauce natural.



Aun cuando no existían las mejoras, no existen antecedentes de que la solución adoptada para el cruce de la actual traza de la av. Soberanía Nacional haya manifestado problemas en el drenaje.

Es por estas cuestiones que se adopta sin mayor estudio una solución estandarizada para el paso sobre el riacho. La solución adoptada es la alcantarilla tipo Z, como se ve en la figura 64.



Figura 63. Zona de influencia original del cauce del riacho Arazá. (Fuente: S.U.O.P.E.)

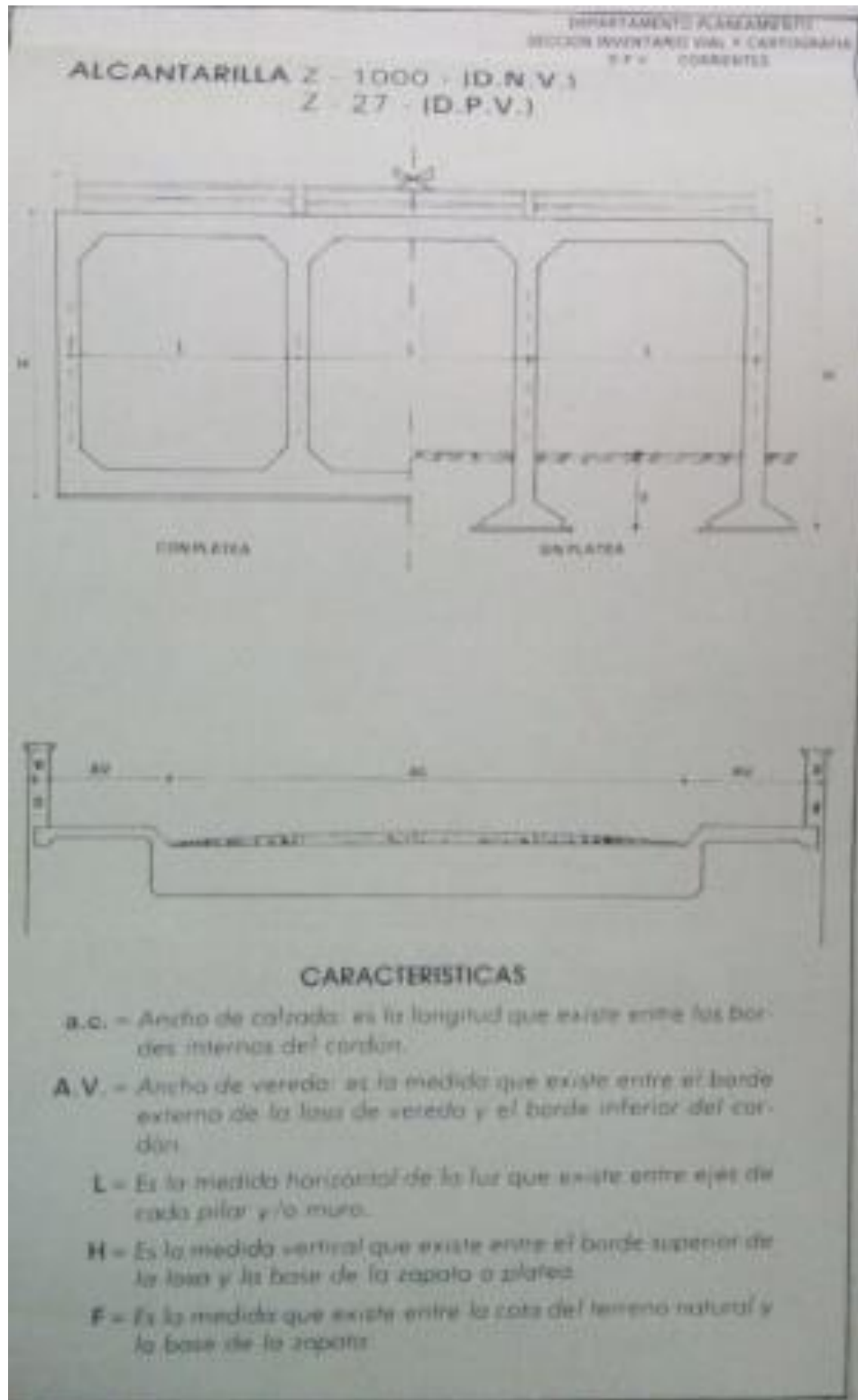


Figura 64. Alcantarilla Tipo – Z (Fuente: Departamento de planeamiento – DPV Corrientes)



CAPITULO 7. SEGURIDAD VIAL

SEÑALIZACIÓN

7.1) Señalización vertical

Las señales verticales son colocadas al costado del camino (laterales) o elevadas sobre la calzada, materializadas mediante el uso de pórticos o ménsulas (aéreas), con la finalidad de guiar al tránsito, regular la circulación y advertir distintas circunstancias.

La señalización vertical aumenta la seguridad y la eficacia en la circulación.

Tienen distintas clasificaciones, según su forma y color (figura 65).

POR SU FORMA								
CUADRADO CON DIAGONAL EN VERTICAL			CÍRCULO			RECTÁNGULO		
PREVIENE			REGLAMENTA			INFORMA		
POR SU COLOR								
PREVIENE O ADIERTE POTENCIAL PELIGRO	PREVIENE UN POTENCIAL PELIGRO EN ZONA DE OBRA	PROHIBE, RESTRINGE U OBLIGA	PERMITE	INFORMA INSTITUCIONAL HISTORICO Y DE SERVICIO	INFORMA DESTINOS O ITINERARIOS	INFORMA ANUNCIOS ESPECIALES	EDUCATIVOS	
FORMAS Y COLORES SINGULARES								
OCTOGONO CON LEYENDA "PARE" OBLIGA A PARAR Y A CEDER EL PASO	TRIANGULO EQUILÁTERO (VÉRTICE HACIA ABAJO) OBLIGA A CEDER EL PASO	TRIANGULO EQUILÁTERO (VÉRTICE HACIA ARRIBA) ADVERTENCIA DE MÁXIMO PELIGRO	RECTÁNGULO EN VERTICAL PANELES DE PREVENCIÓN	CRUZ DE SAN ANDRÉS CRUCE FERROVIARIO				

Figura 65. Señalamiento vertical (fuente: Manual de señalamiento vertical de la DNV)

Las señales reglamentarias o prescriptivas (circulares) tienen como finalidad transmitir órdenes específicas, indicando a los usuarios las limitaciones o prohibiciones que rigen el tránsito.



Las señales preventivas tienen la finalidad de advertir al usuario la existencia de un peligro y/o situaciones imprevistas de carácter permanente o temporal. Son de color amarillo, y el mensaje o símbolo de color negro, salvo algunas excepciones

Las señales informativas tienen la finalidad de identificar, orientar y hacer referencia a servicios, lugares o cualquier otra información que puede ser útil para el camino. Son de color azul con cuadros blancos e íconos de color negro. Otras son verdes y las letras y símbolos de color blanco (según el tipo de información que transmiten).

7.1.1) Emplazamiento de señales laterales

Se colocarán señales de ceda el paso, pare, velocidad máxima (40km/h y 70km/h), proximidad de semáforos, no girar a la izquierda, no girar a la derecha y prohibido estacionar (figura 66).



Figura 66. Señales laterales utilizadas en el anteproyecto. (Fuente: elaboración propia).

En zonas urbanas la distancia entre el borde de la calzada o el filo del cordón, y el filo de la señal será mayor o igual a 30cm (figura 67).

La altura entre el filo inferior de la señal y el cordón de la acera, o rasante de la carretera (eje de la calzada), si no existiera cordón, deberá ser entre 2,20m y 2,30m.

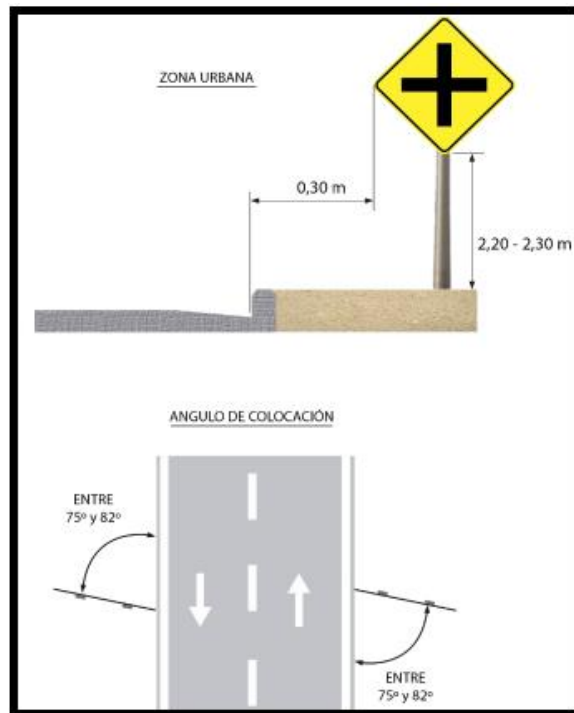


Figura 67. Emplazamiento de señales verticales en zona urbana. (Fuente: Manual de señalamiento vertical de la DNV).

7.1.2) Emplazamientos de señales aéreas

Se colocará señales de orientación, indicadora de utilización de carril (figura 68).



Figura 68. Señales aéreas. (Fuente: elaboración propia)

Las señales aéreas se colocarán elevadas sobre la calzada mediante pórticos, columnas o ménsulas.



Los soportes de las señales aéreas, emplazados a la derecha, estarán separados del borde de la calzada a una distancia deseable de 5,5m, convenientemente protegidas, en caso que corresponda.

El borde inferior de toda señal aérea deberá estar a una altura mínima absoluta o superior a los 5,1m sobre el punto más alto de la calzada. La altura mínima deseada será de 5,5m y la altura máxima de 6m. Las placas de adosar a la estructura deberán rotarse hacia adelante con un ángulo entre 2 a 5 grados respecto al eje perpendicular a la rasante, excepto en bajadas, para maximizar la luminancia desde las luces de los vehículos sobre estas (figura 69).

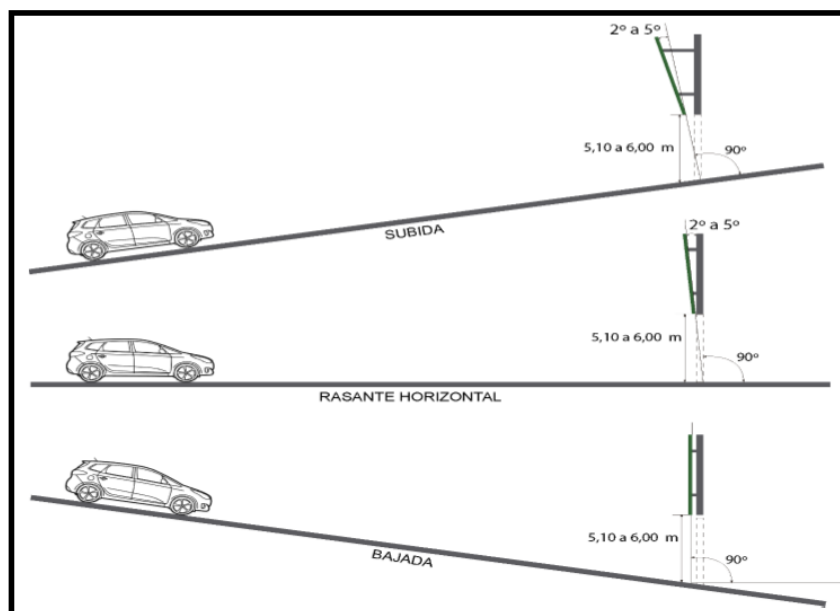


Figura 69. Emplazamiento de señales aéreas. (Fuente: Manual de señalamiento vertical de la DNV).

7.1.3) Materiales de la señalización vertical

La señalización vertical se materializará según las recomendaciones del manual de señalamiento vertical de la DNV:

- Las placas serán de acero galvanizado de 2mm de espesor, deberán responder a las normas IRAM IAS-U-500-214:2002, recubrimiento Z275. Los cantos serán perfectamente terminados, sin ningún tipo de rebabas. Las esquinas



serán redondeadas con radios que oscilan entre los 40 y 60 mm, en las señales laterales, dependiendo del tamaño (tabla 53).

Tabla 53. Tamaño de placa según tipo de señal y tipo de vía. (Fuente: Manual de señalamiento vertical de la DNV).

TIPO DE SEÑAL	DIMENSIÓN	CAMINO CONVENCIONALES (RUTAS)		MULTICARRILES, AUTOVIAS AUTOPISTAS	
		MÍNIMO ABSOLUTO	MÍNIMO DESEABLE	MÍNIMO ABSOLUTO	MÍNIMO DESEABLE
PREVENTIVO (Cuadrado)	LADO	75 X 75	90 X 90	90 X 90	120 X 120
PREVENTIVO (Triangular)	LADO	90	105	105	135
REGLAMENTARIA (Circular)	DIÁMETRO	75	90	90	120
REGLAMENTARIA (Triangular)	LADO	90	105	105	135
REGLAMENTARIA C/LEYENDA (Rectangular)	LADO	80 x 110	100 x 150	100 x 150	120 x 180
PARE (Octogonal)	LADO	75	90	90	120
EDUCACIÓN VÍAL	LADO	100 x 100		120 x 120	
SERVICIOS AUXILIARES	LADO	80 x 110		100 x 150	
MOJÓN KILOMÉTRICO	LADO	57 x 40		57 x 40	
PANEL DE PREVENCIÓN (Alcantarilla)	LADO	20 x 40		20 x 40	
PANEL DE PREVENCIÓN (Puente)	LADO	30 x 60		30 x 60	
PANEL DE PREVENCIÓN (Extremo de baranda)	LADO	20 x 40		30 x 60	

- Los soportes serán materializados con postes de madera dura, astillable de 3” x 3”.
- Las columnas para señalización aérea será de acero para la construcción nuevo de primera selección.

Las señales viales deben ser visibles en cualquier momento del día y bajo toda condición climática, para ello deben ser de materiales que aseguren su retroflexión. Para ello deben cumplir con los niveles mínimos de retroflexión que establece la Ley 24.449 en su anexo L. Toda lámina empleada deberá contar con sello IRAM.

7.2) Señalización horizontal

Las señales horizontales de tránsito son aplicadas sobre la calzada, con la finalidad de guiar el tránsito, regular la circulación y advertir determinadas circunstancias. La demarcación horizontal aumenta los niveles de seguridad y eficacia de la circulación.



Deben ser visibles durante la circulación tanto diurna como nocturna y ante limitaciones atribuibles a las condiciones climáticas como lluvia o niebla.

En caso de que las demarcaciones salgan de uso por un cambio en las condiciones o restricciones de la circulación, deberán ser eliminadas o anuladas en forma inconfundible por métodos abrasivos.

Las demarcaciones emiten un mensaje a través de líneas de diferentes tipos y jerarquías, símbolos y leyendas, aplicados sobre la superficie de la vía, deben ser percibidas visualmente y comprendidas sin esfuerzo por parte de los usuarios.

En caso de las demarcaciones conformadas se produce además un efecto vibratorio y sonoro cuando un vehículo avanza sobre ellas, alertando al conductor que está atravesando una marca vial, situación que contribuye a un mayor nivel de seguridad.

Las señales horizontales se clasifican de acuerdo a su conformación física en normales y especiales. A su vez las normales se identifican según su posición relativa a las calzadas (longitudinales y transversales). Dentro de las marcas especiales se distinguen símbolos, leyendas y otras demarcaciones.

7.2.1) Materialización de la señalización horizontal

La señalización horizontal será de color blanco o amarillo, excluyendo el pintado de cordones o aplicación de tachas reflectivas u otras. El color blanco se utiliza para marcas transversales, leyendas, números, símbolos y marcas longitudinales. El amarillo define la separación de corrientes de tránsito opuesto en camino de doble sentido de calzada, líneas de barreras y zonas de obstrucciones.

7.2.2.1) Líneas longitudinales

Dentro de estas tenemos las líneas de separación de carril, que serán continuas y dobles de color amarillo, debiendo comenzar y finalizar siempre en una línea de detención o pare. El ancho de las líneas será de 15cm y separadas entre sí a 10cm.



7.2.2.2) Líneas transversales

Dentro de éstas tendremos las líneas de detención, senda peatonal, líneas de reducción de velocidad, flechas y estacionamientos.

Las líneas de detención serán continuas de color blanco, con un ancho de 0,5m, ubicadas antes y paralelas a las líneas de sendas peatonales, desde cordón de vereda al otro cordón de vereda o parterre. A su vez estarán ubicadas a una distancia de 1,50m de las líneas de sendas peatonales.

Las líneas de senda peatonal serán materializadas con franjas paralelas al sentido de circulación, dichas franjas serán de 0,5m de ancho y 3m de largo, separadas entre sí a 0,5m, extendiéndose las mismas de cordón a cordón.

Las líneas para reducción de velocidad serán de trazo continuo, color blanco y con un ancho de 0,2m, ubicadas perpendiculares al eje del camino y a espaciamiento variable. Tendrán una altura de 5mm, suficiente para producir un efecto sonoro y vibratorio en el interior del vehículo, cuando este circula sobre las mismas.

Las flechas serán de color blanco en forma alargada en sentido del tránsito. Se encuentran ubicadas dentro de un rectángulo de medidas mínimas, dependiendo del tipo de flecha:

- Flecha simple: un largo de 3,4m, ancho de 1,1m y la cabeza de punta tendrá 1,5m del vértice de la base (figura 70).

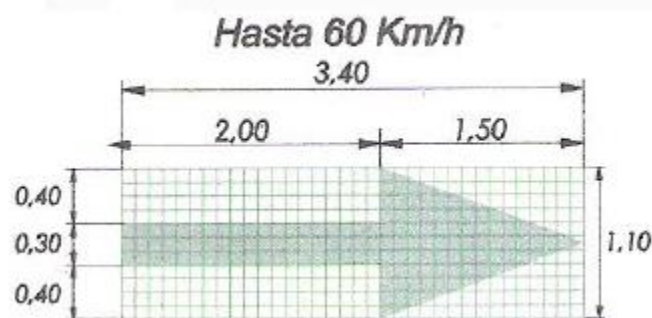


Figura 70. Medidas flechas simple. (Fuente: Manual de señalamiento horizontal de la DNV)

- Flecha curvada tendrá un largo de 2,2m y un ancho de 2m y en la punta se reduce a 1m (figura 71).

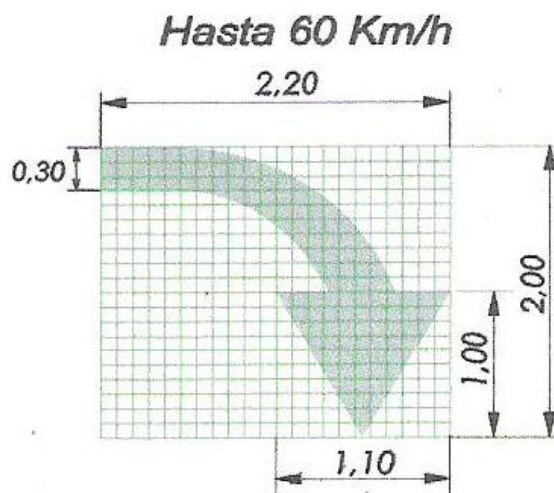


Figura 71. Medidas flechas curvada. (Fuente: Manual de señalamiento horizontal de la DNV).

- Flecha combinada (una simple y una curva tronco común): deben tener un largo de 3,6m y un ancho total de 2,4m conservando las puntas con igual medidas que las flechas curvadas y simples (figura 72).

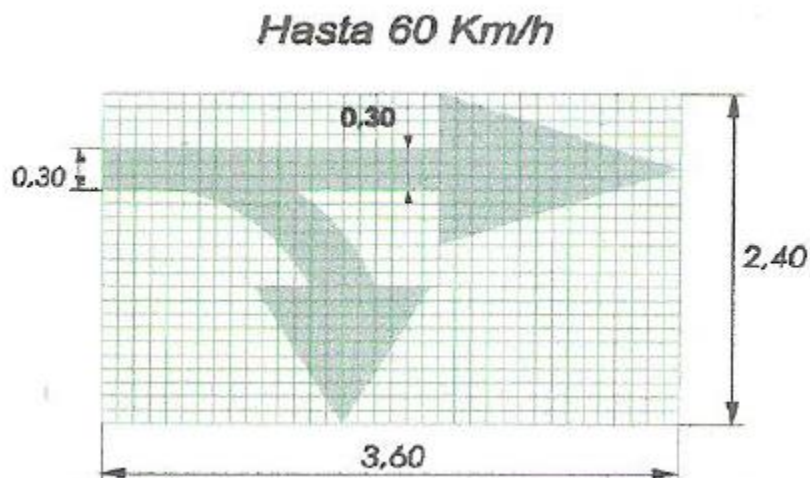


Figura 72. Medidas flechas combinada. (Fuente: Manual de señalamiento horizontal de la DNV).



Las líneas de estacionamiento serán blancas de 0,1m de trazo continuo que delimitan el espacio y forma de estacionamiento e indican el tipo de vehículo que puede estacionar. Tendrán un largo de 5,5m y un ancho de 2,4m (figura 73).

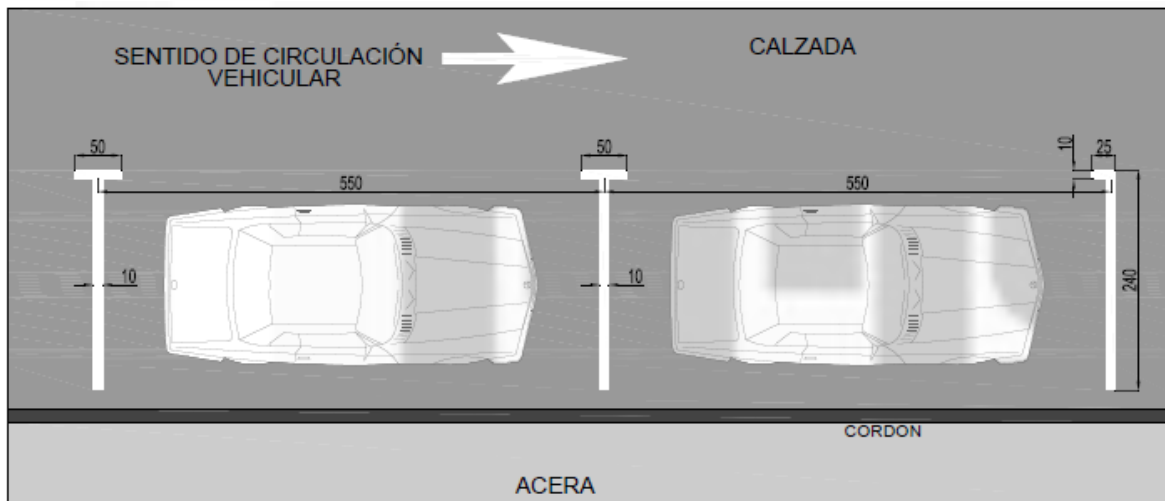


Figura 73. Medidas de líneas de estacionamiento en cm. (Fuente: Manual de señalamiento horizontal de la DNV).

SEMAFORIZACIÓN

7.3) Análisis de control de intersecciones

El análisis del control de intersecciones mediante la utilización de semáforos, se llevó a cabo analizando la garantía factor de hora pico, ya que cumpliendo una de las ocho garantías para la colocación de semáforos, nos encontramos en condiciones de colocarlos.

Para ello se utilizó el aforo realizado el 7 de junio de 2017, en el horario pico comprendido entre las 12:00 – 13:00.

Donde los valores de volúmenes totales en la hora pueden verse en la tabla 54.

Tabla 54. Volúmenes totales en la hora pico intersección av. Soberanía Nacional-Malvinas Argentinas con av. Alberdi. (Fuente: elaboración propia)

Volúmenes Totales (veh/h)		
Hora	Av. Soberanía Nacional - Malvinas Argentinas	Av. Alberdi
12:00-13:00	1240	508



La garantía factor de hora pico tiene dos condiciones: de volumen y de demora.

La condición de volumen establece que se verifica dicha garantía, cuando en la gráfica el punto que representa los vehículos que circulan en la hora pico en la calle principal (av. Soberanía Nacional-Malvinas Argentinas) y en la calle secundaria (av. Alberdi), caiga por arriba de la curva que corresponde al número de carriles (figura 74).

Se puede observar en la figura 74 que se verifica la condición.

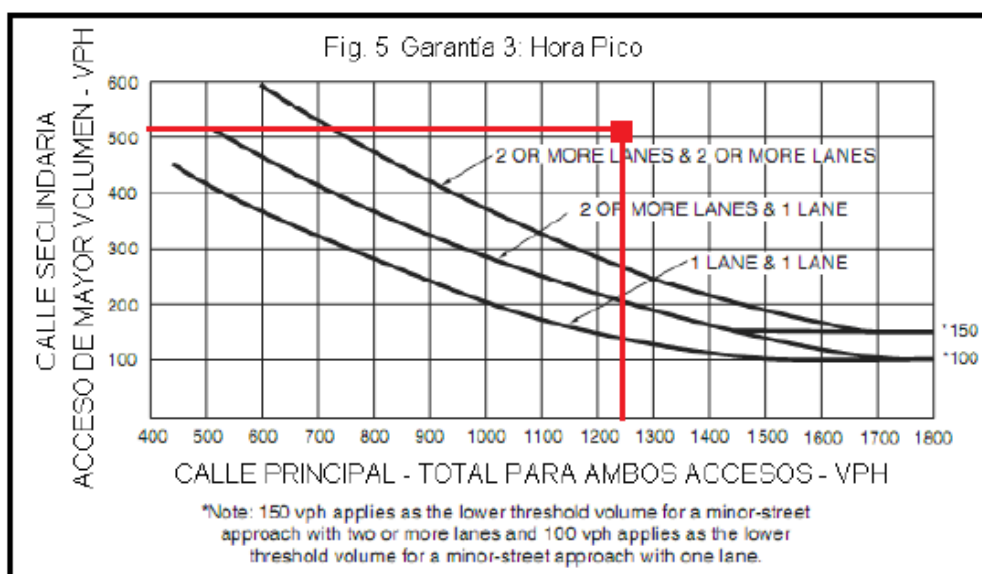


Figura 74. Garantía factor de hora pico. (Fuente: apunte cátedra de Transportes. Facultad de Ingeniería. UNNE).

La condición de demora establece que la colocación de un semáforo debido a la garantía se da solo si el estudio determina que existen tres condiciones para la misma hora de un día promedio:

- a) El tiempo total de demora para la calle secundaria de mayor volumen controlada por una señal de PARE es igual o excede los 4 vehículos-hora para un carril o 5 vehículos-hora para dos carriles, esto es, la cantidad de tiempo de retardo que experimenta un cierto número de vehículos para pasar por una intersección. No puede comprobarse en este caso, no hay señal de PARE.



b) El volumen en el mismo acceso secundario es igual o excede 100 vph para un carril ó 150 vph para dos carriles. Se cumple.

c) El volumen total de servicio durante la hora iguala o excede 650 vph para intersecciones con tres accesos y 800 vph para intersecciones con cuatro o más accesos. Se cumple.

Al no existir una señal de PARE en la av. Alberdi, no puede verificarse la condición de demora ya que no cumple con el ítem a.

Al cumplir con la condición de volumen, la garantía es verificada. Con lo cual se llega a la conclusión de que es necesaria la colocación de semáforos.

7.4) Determinación de los tiempos de reparto

Para analizar los tiempos de reparto se tiene en cuenta los volúmenes obtenidos durante la hora pico, separándolos en vehículos que siguen derecho, que giran a la derecha y los que giran a la izquierda, para cada sentido de circulación.

Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentina (Ubicación SE – Dirección NO).

- $V_{GINO} = 16$
- $V_{GDNO} = 282$
- $V_{NO} = 508$

Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentina (Ubicación NO – Dirección SE).

- $V_{GISE} = 65$
- $V_{GDSE} = 130$
- $V_{SE} = 239$

Av. Alberdi (Ubicación NE – Dirección SO).

- $V_{GISO} = 76$
- $V_{GD SO} = 38$
- $V_{SO} = 267$

Av. Alberdi (Ubicación SO – Dirección NE).

- $V_{GINE} = 19$
- $V_{GDNE} = 16$
- $V_{NE} = 102$



Determinación de la necesidad de proteger giros:

Número de carriles: 1

Dirección NO:

- $V_{GINO} = 16 < 200$
- $V_{GINO} \times (V_{SE}/N^{\circ} \text{ carriles}) = 16 * (239/1) = 3.824 < 50.000 \rightarrow$ No es necesario proteger giro.

Dirección SE:

- $V_{GISE} = 65 < 200$
- $V_{GISE} \times (V_{NO}/N^{\circ} \text{ carriles}) = 65 * (508/1) = 34.544 < 50.000 \rightarrow$ No es necesario proteger giro.

Dirección SO:

- $V_{GISO} = 76 < 200$
- $V_{GISO} \times (V_{NE}/N^{\circ} \text{ carriles}) = 76 * (102/1) = 7.752 < 50.000 \rightarrow$ No es necesario proteger giro.

Dirección NE:

- $V_{GINE} = 19 < 200$
- $V_{GINE} \times (V_{SO}/N^{\circ} \text{ carriles}) = 19 * (267/1) = 5.073 < 50.000 \rightarrow$ No es necesario proteger giro.

7.4.1) Diseño de fases

El objetivo del diseño de fases consiste en separar los movimientos conflictivos de una intersección en varias fases, de modo que los movimientos en una intersección no produzcan conflictos importantes.

Se propuso para las intersecciones semáforos de cuatro fases, los cuales evitan conflictos entre los flujos vehiculares y a su vez quedan protegidos los giros a la izquierda.

7.4.2.1) Cálculo del tiempo de amarillo

Cuando aparece la luz amarilla, los conductores que se encuentran a una distancia mayor que su distancia segura de frenado, son capaces de detener el vehículo



cómodamente, pero aquellos que están más cerca de la línea de pare que de su distancia de parada segura deberán acelerar para despejar la intersección.

En el caso de detención se define x_c como la distancia mínima a la que el vehículo se puede detener cómodamente. Menos distancia resulta incómoda, peligrosa o imposible.

$$x \geq x_c = v \cdot tr + \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot (f \pm i)}$$

x : distancia entre el vehículo y la línea de alto

f : 0,33 (pavimento mojado) a 0,62 (pavimento seco) → Adoptamos f : 0,475 (valor intermedio).

g : 32,2 pies/s²

$f \cdot g$: la desaceleración

tr : tiempo de reacción → se adopta 1s.

v : velocidad del vehículo → se adopta 50km/h.

Por otro lado, la distancia que el vehículo recorre durante el tiempo de amarillo debe ser mayor a la suma de las distancias parciales para el despeje total de la pista:

Distancia total para el despeje: $x + a + L$ (figura 75)

Distancia recorrida durante el amarillo: $v \cdot Y$

$$v \cdot Y \geq x + a + L$$

y : duración del tiempo de amarillo.

a : ancho de calzada que debe atravesar el vehículo (medido de senda peatonal a senda peatonal).

L : longitud del vehículo.

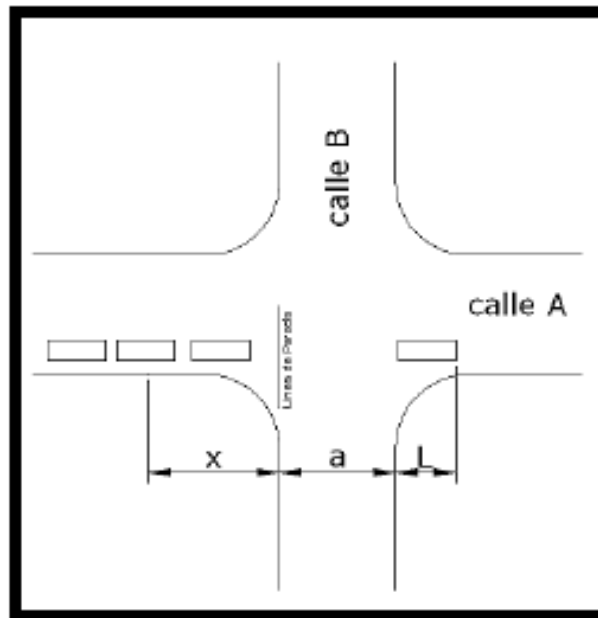


Figura 76. Distancia de despeje de intersección en tiempo de amarillo. (Fuente: apunte cátedra de Transportes. Facultad de Ingeniería. UNNE).

$$\left. \begin{aligned} X_c &= v * tr + \frac{V^2}{2g(f \pm i)} \\ X_0 &= v * Y - (a + L) \end{aligned} \right\} X_0 = X_c \rightarrow v * Y - (a + L) = v * tr + \frac{V^2}{2g(f \pm i)}$$

$$\therefore Y_{\min} = tr + \frac{V}{2g(f \pm i)} + \frac{a + L}{v}$$

El tiempo Y_{\min} es el tiempo de amarillo mínimo necesario para que al momento de encenderse la luz amarilla el conductor pueda optar por acelerar o frenar de manera segura.

- Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas

tr: 1s.

v: 50km/h = 45,54 pies/s

f: 0,475

a+L = 21 m = 68,9 pies



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

$$Y = 1s + \frac{45,54 \text{pies/s}}{2 * 32,2 \frac{\text{pievs}}{\text{s}^2} * 0,475} + \frac{68,9 \text{ pies}}{45,54 \text{ pies/s}} = 4 \text{ s}$$

$$Xc = v * Y - (a+L) = 45,54 \text{ pies/s} * 4s - 68,9 \text{ pies} = 113,26 \text{ pies}$$

- Av. Alberdi

tr: 1s.

v: 50km/h = 45,54 pies/s

f: 0,475

a+L = 33,5 m = 109,91 pies

$$Y = 1s + \frac{45,54 \text{pies/s}}{2 * 32,2 \frac{\text{pievs}}{\text{s}^2} * 0,475} + \frac{109,91 \text{ pies}}{45,54 \text{ pies/s}} = 4,9 \text{ s}$$

$$Xc = v * Y - (a+L) = 45,54 \text{ pies/s} * 4,9s - 109,91 \text{ pies} = 113,24 \text{ pies}$$

El tiempo de amarillo para la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas es de 4s y para la av. Alberdi es de 4,9s.



7.4.2.2) Cálculo de volumen equivalente de los grupos de carriles

Table 18.1: Through Vehicle Equivalents for Left-Turning Vehicles, E_{LT}

Opposing Flow V_o (veh/h)	Number of Opposing Lanes, N_o		
	1	2	3
0	1.1	1.1	1.1
200	2.5	2.0	1.8
400	5.0	3.0	2.5
600	10.0*	5.0	4.0
800	13.0*	8.0	6.0
1,000	15.0*	13.0*	10.0 ^b
$\geq 1,200$	15.0*	15.0*	15.0 ^b

E_{LT} for all *protected* left turns = 1.05

*indicates that the LT capacity is only available through "sneakers."

Table 18.2: Through Vehicle Equivalent for Right-Turning Vehicles, E_{RT}

Pedestrian Volume In Conflicting Crosswalk (peds/h)	Equivalent
None (0)	1.18
Low (50)	1.21
Moderate (200)	1.32
High (400)	1.52
Extreme (800)	2.14

Figura 77. Volúmenes equivalentes según número de carriles y giro a la izquierda protegidos. (Fuente: apunte cátedra de Transportes. Facultad de Ingeniería. UNNE).

- Dirección NO

- Giro a la izquierda: Ingresando en la tabla de la figura 77, según número de carriles y volumen de flujo opuesto obtenemos:

$$V_{GINO_{eq}} = 16 * 1,05 = 17 \rightarrow \text{debido a que el giro es protegido no hay flujo}$$

opuesto.

- Giro a la derecha: Considerando un flujo de peatones moderado:

$$V_{GDNO_{eq}} = 282 * 1,32 = 372$$

- Cruce: 508

$$\text{Volumen NO equivalente} = 17 + 372 + 508 = 897$$

- Dirección SE



➤ Giro a la izquierda: Ingresando en la tabla de la figura 77, según número de carriles y volumen de flujo opuesto obtenemos:

$V_{GISEeq} = 65 * 1,05 = 68 \rightarrow$ debido a que el giro es protegido no hay flujo opuesto.

➤ Giro a la derecha: Considerando un flujo de peatones moderado:

$$V_{GDSEeq} = 130 * 1,32 = 172$$

➤ Cruce: 239

$$\text{Volumen SE equivalente} = 68 + 172 + 239 = 479$$

• Dirección SO

➤ Giro a la izquierda: Ingresando en la tabla de la figura 77, según número de carriles y volumen de flujo opuesto obtenemos:

$$V_{GISOeq} = 76 * 1,05 = 80$$

➤ Giro a la derecha: Considerando un flujo de peatones moderado:

$$V_{GDSEeq} = 38 * 1,32 = 50$$

➤ Cruce = 267

$$\text{Volumen SO equivalente} = 80 + 50 + 267 = 397$$

Dirección NE

➤ Giro a la izquierda: Ingresando en la tabla de la figura 12, según número de carriles y volumen de flujo opuesto obtenemos:

$$V_{GINEeq} = 19 * 1,05 = 20$$

➤ Giro a la derecha: Considerando un flujo de peatones moderado:

$$V_{GDNEeq} = 16 * 1,32 = 21$$

➤ Cruce = 102

$$\text{Volumen NE equivalente} = 20 + 21 + 102 = 143$$

En la tabla 55 puede se puede ver un resumen de los valores calculados



Tabla 55. Resumen de volúmenes calculados. (Fuente: elaboración propia).

Dirección	Movimiento	Volumen (Veh/h)	Coef de Eq	Volumen de Eq	Vol de Grupo de Carriles (tvu/h)	Vol por Carril (tvu/h/carril)
NO	I	16	1,05	17	897	449
	C	508	1	508		
	D	282	1,32	372		
SE	I	65	1,05	68	479	239
	C	239	1	239		
	D	130	1,32	172		
SO	I	76	1,05	80	397	198
	C	267	1	267		
	D	38	1,32	50		
NE	I	19	1,05	20	143	72
	C	102	1	102		
	D	16	1,32	21		

Para el cálculo de volúmenes equivalentes se consideraron 2 carriles.

- Volúmenes críticos:

Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas (dirección NO) = 449tvu/h

Av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas (dirección SE) = 239tvu/h

Av. Alberdi (dirección SO) = 198tvu/h

Av. Alberdi (dirección NE) = 72tvu/h

$V_c = 449\text{tvu/h} + 239\text{tvu/h} + 198\text{tvu/h} + 72\text{tvu/h} = 958\text{tvu/h}$

- Tiempos de amarillo:

$Y_{\text{Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas (dirección NO)}} = 4\text{s}$

$Y_{\text{Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas (dirección SE)}} = 4\text{s}$

$Y_{\text{Alberdi (dirección SO)}} = 4,9\text{s}$

$Y_{\text{Alberdi (dirección NE)}} = 4,9\text{s}$

7.4.2.3) Determinación de los tiempos perdidos

El tiempo perdido se encuentra en función del tiempo perdido inicial (I1) y el tiempo perdido en el despeje (I2)

Según la norma HCM 2000, I1= Pérdida de tiempo inicial = 2 s.

Y el I2 está dado por la siguiente fórmula:



$$l_2 = y - e$$

Donde

e= Ocupación de vehículos en periodo de amarillo = 2 seg.

Y= Longitud del intervalo amarillo

Los tiempos perdidos en el despeje para cada acceso son:

$$l_2 \text{ Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas (dirección NO)} = 4s - 2s = 2s$$

$$l_2 \text{ Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas (dirección SE)} = 4s - 2s = 2s$$

$$l_2 \text{ Alberdi (dirección SO)} = 4,9s - 2s = 2,9s$$

$$l_2 \text{ Alberdi (dirección NE)} = 4,9s - 2s = 2,9s$$

Los tiempos perdidos totales que resultan de la suma de l_1 y l_2 , para cada fase fueron los siguientes:

$$Tl \text{ Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas (dirección NO)} = l_1 + l_2 = 2s + 2s = 4s$$

$$Tl \text{ Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas (dirección SE)} = l_1 + l_2 = 2s + 2s = 4s$$

$$Tl \text{ Alberdi (dirección SO)} = l_1 + l_2 = 2s + 2,9s = 4,9s$$

$$Tl \text{ Alberdi (dirección NE)} = l_1 + l_2 = 2s + 2,9s = 4,9s$$

- Determinación del tiempo perdido por ciclo

El tiempo perdido por ciclo para las cuatro fases resulta de la suma de los tiempos perdidos de cada fase:

$$TL = 4s + 4s + 4,9s + 4,9s = 17,8s.$$

$$TL = 17,8 \text{ s.}$$

7.4.2.4) Determinación del tiempo de ciclo deseado

Para la determinación del tiempo de ciclo deseado se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_{des} := \frac{T_L}{1 - \frac{V_c}{s \cdot PHF \cdot f_{uso}}}$$



Donde

TL: el tiempo perdido en el ciclo = 17,8s.

V_c = volumen crítico = 958 tvu/h.

v/c = factor de uso de carril = 1,15 → utilizamos este valor de volumen-capacidad debido al gran flujo vehicular que tendremos en la hora pico, y sabiendo que a mayor es esta relación, menores tiempo de Cdes tendremos para un mismo volumen vehicular.

Haciendo esto estamos aceptando que algunos vehículos durante la hora pico tendrán una demora de sobre flujo.

s = 1615 tvu/hv/c (involucrando otros factores como vehículos pesados, autobuses, estacionamiento, pendientes, peatones, etc.)

Factor de hora pico (FHP): para la determinación del FHP, se hizo un promedio entre el FHP para ambas avenidas. Donde los valores se pueden observar en la tabla 56.

El FHP se calcula mediante la relación entre el volumen total de la hora pico dividido por cuatro veces el volumen de los quince minutos más cargados durante la hora pico.

$$FHP = V_t / 4 * V_{pico}$$

Tabla 56. Cálculo de factor de hora pico. (Fuente: elaboración propia)

Volúmenes Hora	Av. Soberanía Nacional- Malvinas Argentinas	Av. Alberdi
12:00-12:15	276	128
12:15-12:30	204	137
12:30-12:45	309	113
12:45-13:00	320	135
VTOTAL	1108	512
FHP	0,87	0,93
FHP	0,90	

$$Cdes = 17,8 \text{ s} / [1 - (958 \text{ tvu/h}) / (1615 \text{ tvu/h/c} * 0,90 * 1,15)]$$

$$Cdes = 41,70 \text{ s} \approx 42 \text{ s}$$



7.4.2.5) Determinación del tiempo de verde

- Tiempo de verde de cada fase

$$G_{tot} = C_{des} - TL = 42 \text{ seg} - 17,8 = 24,2 \text{ s.}$$

$$G_i = G_{tot} * (V_{ci} / V_c)$$

$$G_{\text{Soberanía Nacional - Malvinas Argentinas (dirección NO)}} = 24,2 \text{ s.} * (449\text{tvu/h} / 958\text{tvu/h}) = 11,34\text{s}$$

$$G_{\text{Soberanía Nacional - Malvinas Argentinas (dirección SE)}} = 24,2 \text{ s.} * (239\text{tvu/h} / 958\text{tvu/h}) = 6\text{s}$$

$$G_{\text{Alberdi (dirección SO)}} = 24,2 \text{ s.} * (198\text{tvu/h} / 958\text{tvu/h}) = 5\text{s}$$

$$G_{\text{Alberdi (dirección NE)}} = 24,2 \text{ s.} * (72\text{tvu/h} / 958\text{tvu/h}) = 1,82\text{s}$$

- Tiempo de verde real

$$G_{real} = G_i + Y_i - Tl$$

$$G_{\text{Soberanía Nacional - Malvinas Argentinas (dirección NO)}} = 11,34\text{s} + 4\text{s} - 4\text{s} = 11,34\text{s}$$

$$G_{\text{Soberanía Nacional - Malvinas Argentinas (dirección SE)}} = 6\text{s} + 4\text{s} - 4\text{s} = 6\text{s}$$

$$G_{\text{Alberdi (dirección SO)}} = 5\text{s} + 4,9\text{s} - 4,9\text{s} = 5\text{s}$$

$$G_{\text{Alberdi (dirección NE)}} = 1,82\text{s} + 4,9\text{s} - 4,9\text{s} = 1,82\text{s}$$

- Tiempo de rojo efectivo

$$r_{efec} = C_{des} - G_{real}$$

$$r_{\text{Soberanía Nacional - Malvinas Argentinas (dirección NO)}} = 42\text{s} - 11,34\text{s} = 30,66\text{s}$$

$$r_{\text{Soberanía Nacional - Malvinas Argentinas (dirección SE)}} = 42\text{s} - 6\text{s} = 36\text{s}$$

$$r_{\text{Alberdi (dirección SO)}} = 42\text{s} - 5\text{s} = 37\text{s}$$

$$r_{\text{Alberdi (dirección NE)}} = 42\text{s} - 1,82\text{s} = 40,18\text{s}$$

- Tiempo de reparto para ambos accesos (tabla 57).

Tabla 57. Tiempos de reparto. (Fuente: elaboración propia)

	Verde (s)	Amarillo (s)	Rojo (s)
Av. Soberanía Nacional - Malvinas Argentinas (dirección NO)	11,34	4	$r - TL = 30,66 - 4 = \mathbf{26,66}$
Av. Soberanía Nacional - Malvinas Argentinas (dirección SE)	6	4	$r - TL = 36 - 4 = \mathbf{32}$
Av. Alberdi (dirección SO)	5	4,9	$r - TL = 37 - 4,9 = \mathbf{32,1}$



Av. Alberdi (dirección NE)	1,82	4,9	r - TL = 40,18 - 4,9 = 35,28
----------------------------	------	-----	------------------------------

7.5) Conclusión

De acuerdo a los valores de tiempo de ciclo de 42s y consecuente tiempos de reparto obtenidos, el grupo los consideró bajos y en búsqueda de evitar excesivas filas y demoras en los semáforos, se recomienda aumentar el tiempo de ciclo y consecuentemente los tiempos de reparto.

Basándonos en un estudio de campo, en el cual el tiempo de ciclo para el semáforo de la intersección de av. Soberanía Nacional-Malvinas Argentinas con av. Alberdi es de 100s, con tiempos de repartos iguales para los cuatro accesos. Consideramos recomendable utilizar un tiempo de ciclo de 90s, pero con tiempos de repartos diferentes, para la av. Soberanía Nacional-Malvinas Argentinas en ambas direcciones, tiempo de verde de 25s, tiempo de amarillo 4s y tiempo de rojo 61s. Y para la av. Alberdi en ambas direcciones tiempo de verde de 16s, tiempo de amarillo de 5s y tiempo de rojo 69s.

Obteniendo así mayor tiempo de verde efectivo en los accesos de la av. Soberanía Nacional-Malvinas Argentinas donde el flujo vehicular es mayor que en el caso de la av. Alberdi, disminuyendo así las demoras y la formación de largas filas.

ILUMINACIÓN

7.6) Generalidades

El alumbrado se coloca con el objetivo de permitir una visibilidad clara e identificación de personas y objetos que se presenten en la vía durante las horas nocturnas. Una correcta instalación de alumbrado público permitirá reducir el número de accidentes durante la noche, permitiendo una mayor y más fácil utilización de la vía y servicios. Permitiendo a los usuarios del camino tener una visualización completa del trazado de la calzada y reconocer las señales y obstáculos con seguridad y tiempo.

Se propone utilizar lámparas led, reemplazando a las actuales de sodio, debido a su mejor rendimiento lumínico y energético, con un menor consumo brindan igual o mayor



luminosidad que las luminarias de sodio, además por el tipo de luz blanca que brindan, dan una mayor definición, mejorando la visibilidad de conductores y peatones.

Las lámparas led tienen una vida útil promedio que supera ampliamente a las convencionales de sodio o halogenadas. Asimismo, consumen un 40 por ciento menos de energía eléctrica y por sus características técnicas y constructivas son de bajo mantenimiento.

7.6.1) Diseño de la iluminación vial

El diseño de una instalación de luminaria se basa en seleccionar adecuadamente las luminarias y disponerlas convenientemente, con el objeto de satisfacer las necesidades visuales a un costo razonable.

Para ello se procede al cálculo mediante el método del factor de utilización para determinar, la altura de montaje, tipo de luminaria, separación entre las mismas, disposición más adecuada y la iluminancia media en la calzada.

1. Nivel de iluminancia media:

Tabla 58. Clase de iluminación según tipo de vía. (Fuente: “Propuesta para la implementación del sistema “led” para la iluminación república en Antioquia”. Escuela de ingeniería de Antioquia. 2009)

Clase de Iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (Veh/h)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V>80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas.	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M3	Vías principales y ejes viales.	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

En el caso de la av. Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas nos encontramos con una clase de iluminación M3 (tabla 58).



2. Disposición de la luminaria:

Tabla 59. Disposición de las luminarias. (Fuente: “Propuesta para la implementación del sistema “led” para la iluminación república en Antioquia”. Escuela de ingeniería de Antioquia. 2009)

Clase de Iluminacion	altura (m)	Relacion S/H	Disposicion de las Luminarias	Criterio Disposicion
M1	10 - 12	2,5 - 3	Dos carriles de Circulacion	Unilateral
			Tres carriles de circulacion	Bilateral Alternada
			Cuatro carriles de circulacion	Bilateral opuesta
M2	8,5 - 10	3 - 4	Dos carriles de Circulacion	Unilateral
			Tres carriles de circulacion	Bilateral Alternada
			Cuatro carriles de circulacion	Bilateral opuesta
M3	8,5 - 10	3 - 4	Ancho de la Calzada \leq a la altura	Unilateral
			Ancho de la Calzada entre 1 y 1.5	Bilateral Alternada
			Alto de la calzada $>$ a 1.5 veces la	Bilateral opuesta
M4	7 - 10	3 - 5	Unilateral	
M5	3 - 6	4 - 5	A criterio del Diseñador	

Al ser la relación ancho de calzada sobre altura de montaje menor a 1, corresponde la disposición unilateral (tabla 59).

3. Tipo de lámpara:

Tabla 60. Altura recomendada según el flujo luminoso. (Fuente: “Propuesta para la implementación del sistema “led” para la iluminación república en Antioquia”. Escuela de ingeniería de Antioquia. 2009)

Flujo De La Lámpara (lm)	Altura (m)
$3000 \leq \Phi L < 10000$	$6 \leq H < 8$
$10000 \leq \Phi L < 20000$	$8 \leq H < 10$
$20000 \leq \Phi L < 40000$	$10 \leq H < 12$
$\Phi L \geq 40000$	$H \geq 12$

Al disponer una altura de montaje de 8m, se adopta un tipo de lámpara Hefesto VC 48, con un flujo (ϕl) = 13.800lm (ver figura 78).



Modelo	Cant. Módulos Led	Cant Led	Peso	Potencia de Línea	Flujo Luminoso	Cant de Drivers
Hefesto VC 48	3	48	9.7 kg	120 w	13.800 lm	1
Hefesto VC 64	4	64	11.7 kg	160 w	18.400 lm	1
Hefesto VC 80	5	80	12.5 kg	200 w	23.000 lm	1
Hefesto VC 96	6	96	13.5 kg	240 w	27.600 lm	2
Hefesto VC 128	8	128	16.5 kg	320 w	36.800 lm	2
Hefesto VC 160	10	160	18.5 kg	400 w	46.000 lm	2

Figura 78. Tipo de lámpara. (Fuente: Green Ligth iluminación led)

4. Separación entre luminarias:

Con los valores obtenidos anteriormente, más el factor de mantenimiento y el valor de luminancia, se puede obtener la distancia entre luminarias y el factor de utilización (figura 79).

- Para un tipo M3 se adopta un valor de luminancia media (E_m) = 14lx.

Tabla 61. Factor de mantenimiento. (Fuente: “Propuesta para la implementación del sistema “led” para la iluminación república en Antioquia”. Escuela de ingeniería de Antioquia. 2009)

CARACTERISTICAS DE LA VIA	LUMINARIA ABIERTA	LUMINARIA CERRADA
LIMPIA	0.75	0.8
MEDIA	0.68	0.7
SUCIA	0.65	0.68

Según tabla 61, se adopta un factor de mantenimiento (f_m) = 0,7.

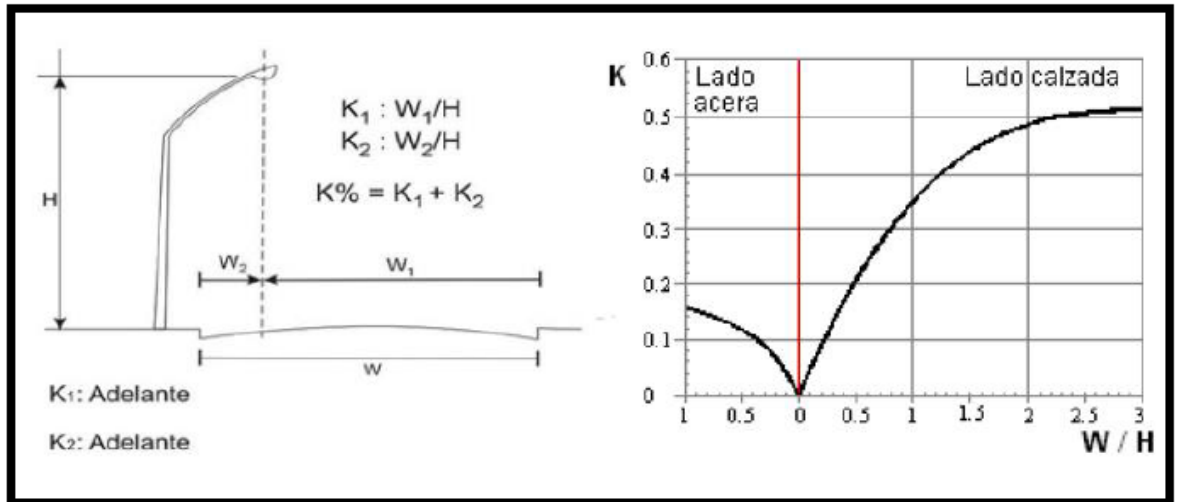


Figura 79. Factor de utilización K (Fuente: “Propuesta para la implementación del sistema “led” para la iluminación república en Antioquia”. Escuela de ingeniería de Antioquia. 2009)

Para calzada de 8 m

- $W_1 / H = 7,2\text{m} / 8\text{m} = 0,9 \rightarrow K_1 = 0,31$
- $W_2 / H = 0,8\text{m} / 8\text{m} = 0,1 \rightarrow K_2 = 0,04$
- $K = K_1 + K_2 = 0,35$
- $E_m = K * f_m * \phi l / W * d \rightarrow d = (K * f_m * \phi l) / (W * E_m)$
 $d = 0,35 * 13800 * 0,7 / (8 * 14) = 30,18\text{m} \approx 31\text{m}$

Para calzada de 7,3 m

- $W_1 / H = 6,5\text{m} / 7,3\text{m} = 0,89 \rightarrow K_1 = 0,31$
- $W_2 / H = 0,8\text{m} / 7,3\text{m} = 0,11 \rightarrow K_2 = 0,04$
- $K = K_1 + K_2 = 0,35$
- $E_m = K * f_m * \phi l / W * d \rightarrow d = (K * f_m * \phi l) / (W * E_m)$
 $d = 0,35 * 13800 * 0,7 / (7,3 * 14) = 33,08\text{m} \approx 33\text{m}$

Para calzada de 6,20 m

- $W_1 / H = 5,4\text{m} / 6,2\text{m} = 0,87 \rightarrow K_1 = 0,30$
- $W_2 / H = 0,8\text{m} / 6,2\text{m} = 0,13 \rightarrow K_2 = 0,05$
- $K = K_1 + K_2 = 0,35$
- $E_m = K * f_m * \phi l / W * d \rightarrow d = (K * f_m * \phi l) / (W * E_m)$
 $d = 0,35 * 13800 * 0,7 / (6,2 * 14) = 38,95\text{m} \approx 39\text{m}$



7.6.2) Disposición del alumbrado

Teniendo en cuenta el diseño geométrico de la vía, en el tramo que va desde RNn°11 hasta av. Urquiza, se decidió adoptar un diseño alternado de emplazamiento de las luminarias, adoptándose un diseño bilateral a tres bolillos. Ubicándose sobre los parterres postes con báculos de doble brazos, separados lateralmente entre sí a 66m y tendrán una distancia lateral con respecto a los postes ubicados en el otro parterre de 33m (ver figura 80).

Sobre las veredas se colocaran báculos simples separados lateralmente entre sí a 66m, quedando separados lateralmente con los ubicados en los parterres a 33m (ver figura 80).

En el tramo que va desde av. Urquiza hasta av. San Martín en Puerto Vilelas, la disposición del alumbrado será unilateral, colocándose báculos simples cada 33m (ver figura 81).

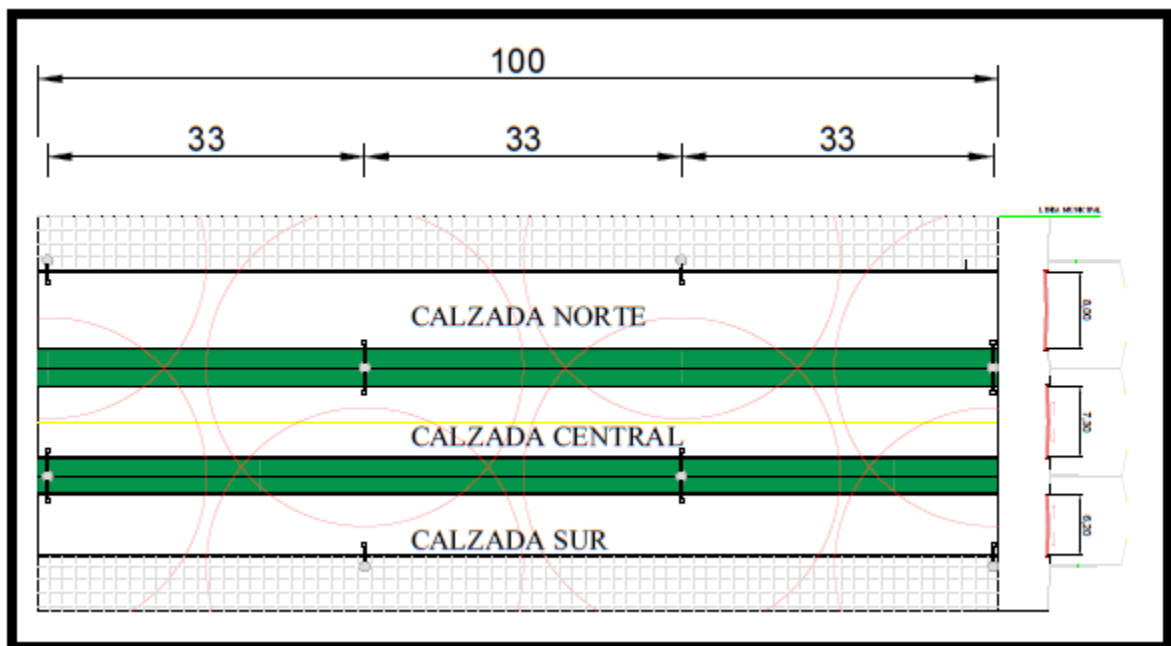


Figura 80. Croquis de disposición del alumbrado. Tramo RNn°11 – av. Urquiza. (Fuente: elaboración propia)

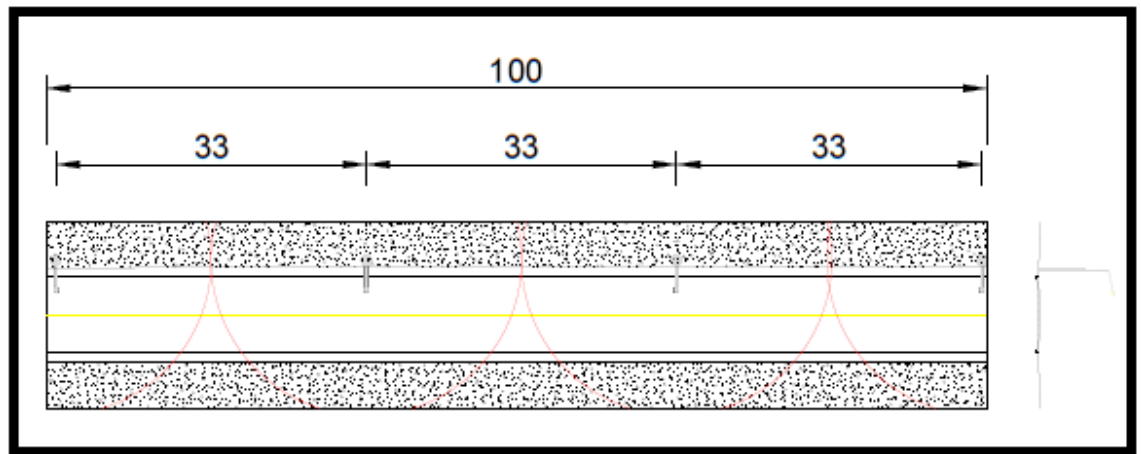


Figura 81. Croquis de disposición del alumbrado. Tramo av. Urquiza – av. San Martín (Fuente: elaboración propia)

7.6.3) Materiales

- Luminarias
 - Lámpara Led Hefesto VC 48
 - Cantidad de módulos led: 3
 - Cantidad Led: 48
 - Peso: 9,7kg
 - Potencia de línea: 120w
 - Flujo luminoso: 13.800lm
 - Tensión de entrada: 90 – 305 Vac
 - Frecuencia: 50/60 HZ
 - Temperatura de trabajo: -30°C hasta 50°C
 - Vida útil: 90% de eficacia lumínica
 - Estanqueidad: IP 66/67

- Soportes de columnas de alumbrado

El peso del artefacto completo es de 45 kg y a esto debe sumarse los efectos del viento cuyo valor depende la zona en que se encuentren ubicadas (debe ser tenido en cuenta 130 km/h como mínimo), según Normas IRAM. A tal efecto se considerará que la superficie efectiva del artefacto es de 0,28m² en el plano de la columna y 0,14m² en el plano normal a la misma y la flecha máxima admitida para la acción del viento sobre la



superficie de la columna y el artefacto no excederá el 1,5%. desarrollada en la parte exterior del empotramiento.

Las columnas de alumbrado serán con acometida subterránea en el nivel inferior. Tendrán una ventana de inspección ubicada a una altura de 2,40m por encima del nivel de empotramiento de la misma y tendrá una tapa de cierre metálica sujeta mediante tornillos.

Las fundaciones de las columnas irán empotradas en bases de hormigón simple, en los que se colocarán tubos de PVC de 50 mm de diámetro para la acometida y la salida de los cables de alimentación.

- Conductores eléctricos:

Los conductores podrán ser unipolares o multipolares con aislación de PVC, de cobre flexible o rígido, según norma IRAM 2.178.

Los conductores de distribución y alimentación a columnas no serán de sección menor a 4mm² y los conductores de alimentación a artefactos no serán de sección menor a 2,5mm². El cableado de las columnas subterráneo descansara sobre una cama de arena y ladrillo tanto en su parte superior como en la inferior. Los cables subterráneos, que crucen las arterias vehiculares se colocarán en canalizaciones de PVC de 63mm de diámetro como mínimo.

El cable de protección de puesta a tierra a las columnas así como la conexión a la jabalina del gabinete de comando será en todos los casos de cobre de 35mm² de sección mínima con un diámetro mínimo del alambre de 1,8mm y cumplirá con las normas IRAM 2.022.

Para la alimentación de los artefactos en el interior de cada columna se utilizarán conductores con doble aislamiento subterráneo, de cobre de 3 x 2,5mm².

- Puesta a tierra

Las puestas a tierra de todos los elementos metálicos estarán vinculadas rígidamente a tierra, por medio de una jabalina de acero-cobre de 1,50 metros de largo, conectada a la columna a través de un cable de cobre de 25 mm² de sección nominal como mínimo.



- Tablero y cableado interno de columna

El tablero de derivación estará alojado en el interior de la columna conteniendo los elementos para la alimentación y protección de fase y neutro de la luminaria. Serán de material resistente tipo resina epoxi, de propiedades no higroscópicas, de dimensiones 90 x 180mm.

El tablero contendrá una bornera con bornes de bronce para el conexionado de los conductores mediante el empleo de terminales de cobre con estaño de ojal redondo de tamaño adecuado a la sección del conductor.

Como sistema de protección se colocará una llave termomagnética bipolar de capacidad adecuada a la potencia de la luminaria a utilizar o dos fusibles para protección de fase y neutro de dimensiones apropiadas a la carga a proteger

El cableado interno del circuito eléctrico por el interior de la columna será realizado con cable Norma IRAM 2178 de (Tipo subterráneo) sección mínima de $2,5 \text{ mm}^2$ ($3 \times 2,5 \text{ mm}^2 + T$) de manera de satisfacer con una aislación clase II.



CAPITULO 8: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

8.1) Generalidades

Se tiene como premisa realizar una valoración de los costos monetarios y los beneficios sociales que la obra producirá. Para realizar este análisis se hace uso de los parámetros de Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

El VAN expresa en término monetarios y a valores del presente, los beneficios netos totales que generará el proyecto. Permite reconocer en qué medida se perciben los beneficios comparada con la tasa de interés promedio de préstamo usando como entidad el Banco Nación.

La TIR está expresada en términos porcentuales y resulta la rentabilidad social anual que generará el proyecto. Este indicador limita la situación de factibilidad del proyecto, demostrando las utilidades o pérdidas.

8.2) Cómputo y presupuesto

Se realizó un análisis detallado de los diferentes rubros, con sus respectivos ítems, que componen la obra con la finalidad de obtener las cantidades de materiales, equipos, costos y mano de obra para la materialización de la avenida (ver tabla 62).

En la consideración de los precios de mano de obra se recurrió a los valores impuestos por la UOCRA para los jornales de salarios básicos, según el convenio colectivo de trabajo 76/75 vigentes a partir del mes de julio del 2017. Mientras que los valores de los materiales son correspondientes al mes de noviembre del 2017.

En base a los valores calculados en el cómputo métrico y la aplicación de los precios obtenidos en el análisis antes mencionado fue posible calcular el valor del presupuesto total del anteproyecto de la nueva avenida.

El presupuesto posee adosado a cada ítem el valor de los gastos generales, beneficios, gastos financieros e IVA.



Tabla 62. Cómputo y presupuesto (fuente: elaboración propia)

COMPUTO Y PRESUPUESTO							
ITEMS	DESIGNACION	UN	CANTIDAD	PRECIOS		TOTAL	%
				UNITARIO	SUBTOTAL		
1	TRABAJO PRELIMINARES					\$ 1,064,808.14	0.23%
1	Limpieza y replanteo	m ²	148200	\$ 7.00	\$ 1,038,007.12		
2	Obrador	m ²	5	\$ 3,558.45	\$ 17,792.27		
3	Cartel de Obra	Un	1	\$ 9,008.75	\$ 9,008.75		
2	MOVIMIENTO DE SUELOS					21940514.76	4.80%
1	Excavación y retiro de suelo	m ³	70634	\$ 107.10	\$ 7,565,144.79		
2	Relleno de suelo	m ³	140834	\$ 102.07	\$ 14,375,369.97		
3	PAQUETE ESTRUCTURAL					\$ 406,882,753.42	89.01%
1	Suelo cal	m ³	6300	\$ 935.57	\$ 5,894,086.84		
2	RDC	m ³	28542	\$ 2,704.65	\$ 77,196,067.44		
3	Carpeta de rodamiento de H°A° H-30	m ³	45540	\$ 6,691.31	\$ 304,722,359.26		
4	Banquinas de H°A° de 1 m	m ³	2850	\$ 6,691.31	\$ 19,070,239.87		
4	OBRAS DE ARTE					\$ 19,897,381.86	4.35%
1	Cordones	ml	36000	\$ 508.80	\$ 18,316,923.61		
2	Alcantarilla rectangular 2m x 1,5m	m ³	63	\$ 13,089.91	\$ 824,664.41		
3	Desagües Pluviales	ml	672	\$ 127.41	\$ 85,617.62		
4	Imbornales metálicos	UN	64	\$ 2,500.00	\$ 160,000.00		
5	Sumideros	m ³	29.6	\$ 13,089.91	\$ 387,461.38		
6	Excavación para montaje	m ³	1145.76	\$ 107.10	\$ 122,714.84		
6	VARIOS					\$ 7,312,332.64	1.60%
1	Iluminación	Un	536	\$ 10,851.05	\$ 5,816,162.80		
2	Señalización horizontal	m ²	251	\$ 1,965.84	\$ 493,425.84		
3	Señalización vertical	m ²	180	\$ 5,570.80	\$ 1,002,744.00		
						\$ 457,097,790.83	100%

Dicho costo de construcción debe llevarse a costo social, el cual de acuerdo con recomendaciones de la DNV es igual a un 70% del presupuesto de obra.

Costo social de la construcción = 0,70 * PRECIO DE OBRA

Costo social de la construcción = 0,70 * \$ 457.097.790,83

Costo social de la construcción = \$ 287.610.084,30



8.3) Evaluación económica

Un análisis económico consiste en comparar los costos y los beneficios del proyecto desde el punto de vista de la economía en su conjunto.

Se cuantifica la contribución neta del proyecto a la generación de recursos que aportan bienestar o utilidad, para poder compararlo con otras inversiones posibles.

Por estos motivos, muchas veces a este tipo de evaluación se la denomina también evaluación social. Sin embargo, en términos estrictos, la evaluación social es una extensión de la evaluación económica, ya que examina también el proyecto desde el punto de vista nacional, pero evalúa no sólo la contribución de éste al bienestar económico, sino también a los objetivos de política social de redistribución de ingresos y riquezas. Así, en una evaluación social se ponderan de manera diferente los beneficios y costos que el proyecto genera en las diferentes clases sociales.

Como los coeficientes de ponderación pueden definirse subjetivamente para asignar inversiones de acuerdo a intereses políticos, muchos economistas sugieren utilizar la evaluación económica como pauta que guíe al gobierno en la toma de decisiones frente a los proyectos propuestos en el país.

La metodología utilizada en este capítulo es la difundida por el Banco Mundial para evaluar a los proyectos viales a financiar, a través de los índices económicos como la relación B/C, VAN, TIR.

En dónde:

- B = beneficio del usuario.
- C = costo de la obra
- VAN = Valor Neto Actualizado: $B - C$
- TIR = Tasa Interno de Retorno: se determina para la condición de que sea $B = C$.

El Banco Mundial para financiar un proyecto exige que los índices económicos cumplan con las siguientes condiciones:

- $B/C \geq 1$



- VAN: que sea (+)
- TIR: que sea $>$ a la tasa de descuento, que normalmente para nuestro país es del 12% (depende del riesgo país).

Los beneficios directos más importantes de un proyecto pueden citarse los siguientes:

- Disminución de los costos de operación de los vehículos: autos, camiones, ómnibus.
- Disminución del tiempo de viaje (de carga y pasajeros).
- Disminución de accidentes y deterioro.
- Aumento de confort y conveniencia.

Los costos de construcción son los costos que corresponden a la construcción y al de mantenimiento.

En obras nuevas y de rehabilitación se calculan dos tipos de costos: uno sin considerar las mejoras y otra considerando las mejoras, es decir costos con y sin proyecto.

8.3.1) Determinación del costo de operación

Para el análisis de los costos de operación se utiliza el informe COSTOP realizado por la DNV para octubre del 2016, afectando dichos valores por la suba del dólar, el aumento de la inflación en el último año y los porcentajes de variación interanual dados por la DNV.

El costo de operación de un camino se traduce, para el usuario de la infraestructura en un concepto de costo monetario, el cual mide el consumo, en términos de dinero, que le representa al usuario operar en una determinada vía. El mismo se determina bajo el supuesto de que el trazado del camino que se recorre es recto y pertenece a la categoría de topografía llana. La unidad con que se expresa el costo de operación es el \$/Km, o sea, se trata de un valor en pesos por unidad de longitud de circulación, tomando a ésta como de 1 Km.



Asimismo, esta publicación presenta a los costos de operación clasificados en costos de operación del usuario y costos de operación de la comunidad. Los costos de operación del usuario se calculan en función de precios de insumos a valores de mercado y los costos de operación de la comunidad se obtienen corrigiendo estos precios a valores económicos, de manera de representar a los mismos libres de la carga impositiva; o sea, sin considerar los subsidios, impuestos y transferencias (ver tabla 63)

Se analiza el costo generalizado de viaje o costo de operación de los vehículos para la situación actual (sin mejora) y para la situación con el proyecto en funcionamiento (con mejora), para ello se suponen distintas velocidades promedio de viaje a lo largo de la traza del proyecto (ver tabla 64 y tabla 65).

Tabla 63. Costos generales de los vehículos (fuente: COSTOP)

PRECIOS	COMBUSTIBLE	COSTO (\$/litro)
	NAFTA PREMIUM	25
	NAFTA SUPER	21,5
	DIESSEL	22,5
	LUBRICANTE	235

AUMENTO DEL DÓLAR	14	%
AUMENTO DE LA INFLACIÓN	21	%
VARIACIÓN INTERANUAL COSTOP (2015-2016)	21	%

VALORES	TIPO DE VEHÍCULO	AUTOMÓVIL	ÓMNIBUS	CAMIÓN
	VALOR DEL 0 km (\$)		239000	3435000
POTENCIA (HP)		93	355	296
NEUMÁTICOS (\$)		2800	10960	10960
CANTIDAD DE NEUMATICOS		4	8	10
LAVADO (\$)		200	575	535
FRECUENCIA DE LAVADO (km)		6000	2450	4850
ENGRASE (\$)			290	285
FRECUENCIA DE ENGRASE (km)			2420	2420



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida
Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

	SEGURO ANUAL (\$)	22400	135750	58350
	IMPUESTOS Y PATENTES ANUALES (\$)	21800	87500	57100
	MANTENIMIENTO (\$/h)	155	152	152
TIEMPOS DE VIAJE (\$/h)	CONDUCTOR (MOTIVO DE TRABAJO)	162,7	0	0
	CONDUCTOR (OTROS MOTIVOS)	48,9	0	0
	PASAJERO (MOTIVO DE TRABAJO)	77,8	95	0
	PASAJERO (OTROS MOTIVOS)	23,4	28,5	0
	SALARIO CHOFER (\$/mes)		68000	70300
SALARIOS	INCREMENTOS CARGAS SOCIALES (%)			1
	VIÁTICOS (\$/h)		92	0
	BONIFICACIÓN (\$/km)		0	1,9



Costos de operación de los vehículos sin proyecto

Tabla 64. Costo generalizado de viaje previo a la mejora (fuente: COSTOP)

TIPO DE VEHÍCULO		AUTOMÓVIL	ÓMNIBUS	CAMIÓN
VELOCIDAD MEDIA DE VIAJE (km/h)		40	35	30
RECORRIDO (km/año)		18000	86750	40000
COSTO OPERATIVO DEL VEHÍCULO (\$/km)	COMBUSTIBLE	1,02	3,78	5,77
	LUBRICANTES	0,22	1,37	1,77
	CUBIERTAS	0,15	0,65	1,79
	LAVADO	0,04	0,29	0,13
	ENGRASE	0,00	0,15	0,15
	MANTENIMIENTO	0,24	2,02	1,04
	AMORTIZACIÓN	0,86	4,08	1,85
	BONIFICACION	0,00	5,24	2,96
	INTERESES	0,75	2,93	2,53
	SALARIOS	0,00	18,98	34,03
	SEGUROS	2,46	1,56	1,46
	GASTOS GENERALES	0,00	4,92	6,43
	COSTO VEHÍCULO RECORRIDO	2,23	17,58	15,46
	COSTO VEHÍCULO TIEMPO	4,77	28,41	44,44
	COSTO PASAJERO TIEMPO	6,78	71,01	0,00
COSTO TOTAL		13,77	117,01	59,91

Costos de operación de los vehículos con proyecto

Tabla 65. Costo generalizado de viaje con la mejora (fuente: COSTOP)

TIPO DE VEHÍCULO		AUTOMÓVIL	ÓMNIBUS	CAMIÓN
VELOCIDAD MEDIA DE VIAJE (km/h)		55	45	40
RECORRIDO (km/año)		21000	97250	45000
COSTO OPERATIVO DEL VEHÍCULO (\$/km)	COMBUSTIBLE	0,98	3,38	5,32
	LUBRICANTES	0,18	1,20	1,56
	CUBIERTAS	0,17	0,76	2,17
	LAVADO	0,04	0,29	0,13
	ENGRASE	0,00	0,15	0,15
	MANTENIMIENTO	0,27	2,24	1,15
	AMORTIZACIÓN	0,74	3,64	1,65
	BONIFICACION	0,00	4,08	2,96
	INTERESES	0,64	2,61	2,25
	SALARIOS	0,00	16,94	30,25
	SEGUROS	2,11	1,39	1,29
	GASTOS GENERALES	0,00	4,39	5,87



COSTO VEHÍCULO RECORRIDO	2,14	15,72	15,09
COSTO VEHÍCULO TIEMPO	4,09	25,36	39,66
COSTO PASAJERO TIEMPO	4,94	55,24	0,00
COSTO TOTAL	11,17	96,32	54,75

El cálculo de beneficios de cada mejora vial durante un período anual se obtendrá multiplicando los beneficios unitarios recibidos por cada vehículo usuario, por el número de usuarios durante el año.

Aplicando estos valores a la composición del TMDA actual y a su proyección en el período de evaluación, se obtienen por diferencia los Beneficios.

8.3.2) Costo de operación anual

$$C.Op = L \text{ (km)} * D \text{ (días/ año)} * TMDA \text{ (veh/ días)} * C \text{ (\$/ veh.km)}$$

En dónde:

L: longitud del tramo que se analiza.

D: días por año que funciona la alternativa.

C: costo unitario combinado de operación y tiempo por vehículo.

Costo de operación de la situación sin mejora

$$C1 = 11,7 \text{ km} * 365 \text{ días/año} * 25.916 \text{ veh/día} * (0,918*13,77 + 0,035*117,01 + 0,047*59,91) \text{ \$/km} = 2.163.901.270 \text{ \$/año}$$

Costo de operación de la situación con mejora

$$C2 = 11,7 \text{ km} * 365 \text{ días/año} * 25.916 \text{ veh/día} * (0,918*11,17 + 0,035*96,32 + 0,047*54,75) \text{ \$/km} = 1.792.758.399 \text{ \$/año}$$

8.3.3) Disminución de los costos por accidentes

Los beneficios se determinan con base en el número esperado de siniestros que serían evitados si se implementa una propuesta específica o un conjunto de mejoras. El beneficio puede obtenerse en términos monetarios multiplicando el número esperado de siniestros evitados por un costo asignado a cada tipo y gravedad de siniestro.



De acuerdo con el estudio realizado por la Administración de seguridad de tránsito de carreteras de los Estados Unidos, “El costo económico de los accidentes de los vehículos de motor” se obtiene los siguientes costos debido a siniestros de tránsito:

- Fallecimiento: US\$ 702.281 = \$ 12.570.830
- Lesiones: US\$ 6.145 = \$ 109.995,5 (para un promedio de entre 3 a 5 días de internación, por ende un costo total de aproximadamente \$ 37.000 por día).
- Daños materiales = US\$ 1.481 = \$ 26.510

En base al capítulo 2: Estudio de tránsito, se tiene un total de 4 accidentes mortales, 24 accidentes con lesiones a la persona y 83 siniestros que generaron daños materiales a lo largo del año. Esto ocasiona el siguiente costo anual para el estado:

$$CA1 = \$ 12.570.830 * 4 + \$ 109.995,5 * 24 + \$ 26.510 * 83 = \$ 55.123.542$$

Se usan las potencialidades de reducción de siniestros para estimar la disminución que se espera ocurrirá durante un periodo dado, como resultado de la implementación de una contramedida propuesta. Dichas potencialidades de reducción se dan en términos de factores basados en la evaluación de los datos obtenidos de los proyectos de seguridad.

De acuerdo con un estudio realizado por la Administración de seguridad de tránsito de carreteras de los Estados Unidos, las mejoras introducidas con el proyecto se obtiene una reducción en la posible ocurrencia de siniestros de tránsito dada por los siguientes coeficientes:

- Mejora del diseño: 0,55
- Restricción de vueltas a la izquierda, con dotación de semáforos con vuelta a la izquierda: 0,55
- Control de accesos a la vía principal: 0,35
- Señalización: 0,30
- Iluminación: 0,25



- Mejora de la calzada: 0,20
- Sincronización de semáforos: 0,10

El factor de reducción de siniestros estará dado por la siguiente fórmula propuesta por Roy Jorgensen y asociados:

$$RS = RS1 + (1 - RS1) * RS2 + (1 - RS1) * (1 - RS2) * RS3 + \dots$$

Siendo RS1 la contramedida con mayor potencial de disminución de siniestros, RS2 la contramedida siguiente, y así sucesivamente.

$$RS = 0,95$$

$$\text{Siniestros evitados} = N * RS * (\text{TMDA con mejora}) / (\text{TMDA sin mejora})$$

$$\text{Siniestros evitados} = 111 * 0,95 * (12.310 \text{ veh/día}) / (16.183 \text{ veh/día}) = 80$$

Por ende existirá un beneficio generado por la reducción de accidentes a lo largo de la traza que será $BA = 80/111 * \$ 55.123.542 = 39.728.678 \$/\text{año}$

Se considera una variación interanual igual a la tasa exponencial de crecimiento del tránsito de 3,5 %.

8.3.4) Costo social de mantenimiento

Para que la obra pueda llegar a la vida útil proyectada es necesario que se realice un correcto mantenimiento a lo largo de la misma, por lo que se adopta un porcentaje del costo social de construcción de 5% anual, aconsejado por la cátedra “Economía y Evaluación de Proyectos”.

$$\text{Costo social de mantenimiento} = Mn = \$ 287.610.084,30 * 0,05 = \$ 14.380.504,22$$

8.3.5) Indicadores económicos

Valor actual neto (VAN)

Representa la suma actual equivalente a los ingresos netos futuros y presentes de un proyecto, para determinarlo es necesario trasladar los valores futuros al presente para generar igualdad de comparación, esto se realiza mediante la siguiente ecuación:



$$V_p = V_f / (1 + i)^n$$

Donde:

V_p: valor presente, expresado en \$.

V_f: valor futuro, expresado en \$.

I: tasa de descuento expresada en decimales (12 % Utilizada generalmente para evaluación de proyectos en el país).

n: horizonte de evaluación = 20 años.

El valor actual neto indica cuánto dinero de ganancia extra se genera con el anteproyecto, comparado con la mejor alternativa de inversión disponible, expresado a valores actuales. Se puede presentar tres situaciones, VAN igual a cero, VAN negativo Y VAN positivo.

Se calculó el VAN social para la materialización de la avenida en estudio.

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{B_{Nt}}{(1+i)^t}$$

$$B_{Nt} = B_t - C_t$$

B_{Nt}: Beneficios netos del año t.

B_t: Beneficio Social Bruto en el año t.

t: año 1,2,3,.....T

Para este cálculo se consideró:

- Costo Social de Inversión inicial en las obras.
- Beneficios Sociales (anuales) durante la vida útil del anteproyecto.
- Costos Sociales (anuales) de mantenimiento.

Tasa interna de retorno (TIR)

Indica la tasa de interés que hace que el VAN del proyecto sea igual a cero, en otras palabras indica la tasa de interés de oportunidad para la cual el proyecto será apenas aceptable. Mide la rentabilidad del dinero mantenido dentro del proyecto. Si la TIR es mayor que la tasa de oportunidad significa que el retorno del proyecto alcanza a compensar el costo de oportunidad del dinero y además genera un rendimiento adicional, considerándose evidentemente al proyecto como una inversión rentable.



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

Para obtener la TIR calculamos el VAN con diferentes valores de tasa “d” para ver en el momento que éste se hace negativo y aplicar la fórmula propuesta por la cátedra de Economía y Evaluación de Proyectos.

El VAN y la TIR pueden verse en la tabla 66.



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida
Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

Tabla 66. Resumen de la evaluación económica (fuente: elaboración propia)

AÑO	i	(1+r)^i	(1+d)^(a+c+i)	COSTOS SOCIALES		BENEFICIOS SOCIALES		BENEFICIO NETO
				INVERSIÓN	MANTENIMIENTO	DISMINUCIÓN DEL COSTO GENERALIZADO DE VIAJE	DISMINUCIÓN DEL COSTO SOCIAL POR ACCIDENTES	
2017	0	1.00	1.76	\$ -287,610,084.30				\$ -287,610,084.30
2018	1	1.04	1.97		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 39,728,678.00	\$ 396,491,044.79
2019	2	1.07	2.21		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 41,119,181.73	\$ 397,881,548.52
2020	3	1.11	2.48		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 42,558,353.09	\$ 399,320,719.88
2021	4	1.15	2.77		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 44,047,895.45	\$ 400,810,262.23
2022	5	1.19	3.11		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 45,589,571.79	\$ 402,351,938.57
2023	6	1.23	3.48		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 47,185,206.80	\$ 403,947,573.59
2024	7	1.27	3.90		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 48,836,689.04	\$ 405,599,055.83
2025	8	1.32	4.36		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 50,545,973.16	\$ 407,308,339.94
2026	9	1.36	4.89		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 52,315,082.22	\$ 409,077,449.00
2027	10	1.41	5.47		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 54,146,110.09	\$ 410,908,476.88
2028	11	1.46	6.13		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 56,041,223.95	\$ 412,803,590.73
2029	12	1.51	6.87		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 58,002,666.79	\$ 414,765,033.57
2030	13	1.56	7.69		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 60,032,760.12	\$ 416,795,126.91
2031	14	1.62	8.61		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 62,133,906.73	\$ 418,896,273.51
2032	15	1.68	9.65		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 64,308,593.46	\$ 421,070,960.25
2033	16	1.73	10.80		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 66,559,394.23	\$ 423,321,761.02
2034	17	1.79	12.10		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 68,888,973.03	\$ 425,651,339.82
2035	18	1.86	13.55		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 71,300,087.09	\$ 428,062,453.87
2036	19	1.92	15.18		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 73,795,590.14	\$ 430,557,956.92
2037	20	1.99	17.00		\$ -14,380,504.22	\$ 371,142,871.00	\$ 76,378,435.79	\$ 433,140,802.58
VAN								\$ 2,453,741,403.31
TIR								138%



Relación Beneficio Costo (RBC)

Este indicador expresa la relación entre los beneficio actualizados (ver tabla 67) y los egresos actualizados, es decir, indica cuántos pesos a valor presente se obtendrán por cada peso de costo aportado al proyecto.

El beneficio actualizado se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Bi = \sum \frac{Bn - Mn}{(1 + d)^{a+c+i}} * (1 + r)^i$$

a: tiempo de duración de la etapa de estudio, proyecto y licitación = 2 años

n: vida útil = 20 años

d: tasa de descuento = 12 %

r: tasa de aumento del tránsito por crecimiento vegetativo = 3,5 %

c: tiempo de construcción = 3 años

Tabla 67. Beneficios actualizados (fuente: elaboración propia)

AÑO	i	(1+r)ⁱ	(1+d)^(a+c+i)	BENEFICIO ACTUALIZADO
2017	0	1.00	1.76	
2018	1	1.04	1.97	\$ 207,905,317.15
2019	2	1.07	2.21	\$ 192,800,581.93
2020	3	1.11	2.48	\$ 178,812,845.13
2021	4	1.15	2.77	\$ 165,858,612.40
2022	5	1.19	3.11	\$ 153,860,670.40
2023	6	1.23	3.48	\$ 142,747,612.47
2024	7	1.27	3.90	\$ 132,453,400.31
2025	8	1.32	4.36	\$ 122,916,958.76
2026	9	1.36	4.89	\$ 114,081,801.28
2027	10	1.41	5.47	\$ 105,895,683.67
2028	11	1.46	6.13	\$ 98,310,284.14
2029	12	1.51	6.87	\$ 91,280,907.38
2030	13	1.56	7.69	\$ 84,766,211.19
2031	14	1.62	8.61	\$ 78,727,953.68
2032	15	1.68	9.65	\$ 73,130,759.57
2033	16	1.73	10.80	\$ 67,941,904.22
2034	17	1.79	12.10	\$ 63,131,113.94



2035	18	1.86	13.55	\$ 58,670,381.42
2036	19	1.92	15.18	\$ 54,533,795.05
2037	20	1.99	17.00	\$ 50,697,381.18
				\$ 2,238,524,175.26

$$\left(\frac{B}{C}\right)_{12\%} = \frac{\$ 2,238,524,175.26}{\$ 287.610.084,30} = 7,78$$

$$\left(\frac{B}{C}\right)_{12\%} = 7,78 > 1,00 \text{ estamos en Buenas Condiciones.}$$

8.4) Conclusiones

Del análisis financiero se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- VAN > 0 por lo tanto el proyecto es rentable desde el punto de vista social
- Si bien la tasa interna de retorno TIR es mayor que la tasa de interés del proyecto, la misma arroja un valor incoherente, debido a que los beneficios son instantáneos. Como procedimiento alternativo, se debe determinar el momento óptimo de realización del proyecto, el cual es aquel año donde por primera vez el beneficio neto anual (BNA) del proyecto es superior al monto de inversión (I) multiplicado por la tasa social de descuento, ya que la inversión estaría rindiendo una tasa superior a la tasa social de descuento. Una manera análoga para determinar el momento óptimo de operación es emplear la Tasa de Retorno Instantánea (TRI), que es la relación entre el beneficio neto de un determinado período dividido por el monto de inversión. Cuando la TRI resulta mayor a la tasa social de descuento de 12 % (r) indica el momento óptimo para captar los beneficios de la inversión.

$$Bn_i \geq I * r \quad \text{o} \quad TRI = \frac{Bn_i}{I} \geq r$$

Donde:

TRI: tasa de retorno instantánea

Bn: beneficio neto año n



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

I: valor capitalizado de la inversión al momento que el proyecto entra en operaciones.

r : tasa social de descuento

n: año óptimo de inversión

- La relación beneficio costo arroja un valor > 1 , por ende esto indica que por cada \$1 invertido en el proyecto se recuperarán \$6,78.



CAPITULO 9: OBRAS COMPLEMENTARIAS Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se van a realizar un análisis conceptual de las obras complementarias que el grupo recomienda deberían acompañar el anteproyecto de adecuación de la avenida, pero que escapan al alcance de análisis de este trabajo final.

OBRAS COMPLEMENTARIAS

Puentes

Los puentes hoy en día conectan a la población de la zona sur con el resto de la ciudad presentan una serie de falencias (ver figura 1):

- Falta de alineación con las intersecciones.
- Ancho inseguro para el tráfico que circula.
- No poseen senda peatonal.
- Daño en barandas.
- Calzada deteriorada.



Figura 82. Daños en la calzada (Relevamiento propio).



En su mayoría los puentes estan materializados de hormigón e incluso uno aun es de madera. Esto hace que su modificación o adaptación sea compleja o hasta imposible. Esto fundamenta la alternativa de remplazo del puente.

La obra debería cumplir con las siguientes características

- Una calzada que permita circulación en ambos sentidos.
- Calzadas peatonales protegidas del tránsito vehicular.
- Correcta alineación con el cruce.
- Continuidad de la rasante de proyecto.
- Puente que responde a la clasificación A-30.

Geometría general

El ancho de la sección transversal no será menor al ancho de acceso del puente y será calculado para que pueda contener los siguientes elementos:

- Calzada de circulación
- Calzada peatonal
- Elementos de protección
- Elementos de drenaje

Además, para el drenaje del tablero se debe en cuenta que no se deben adoptar pendientes transversales nulas y como mínimo del 2%. Como ejemplo puede verse la figura 2.



CORTE A-A

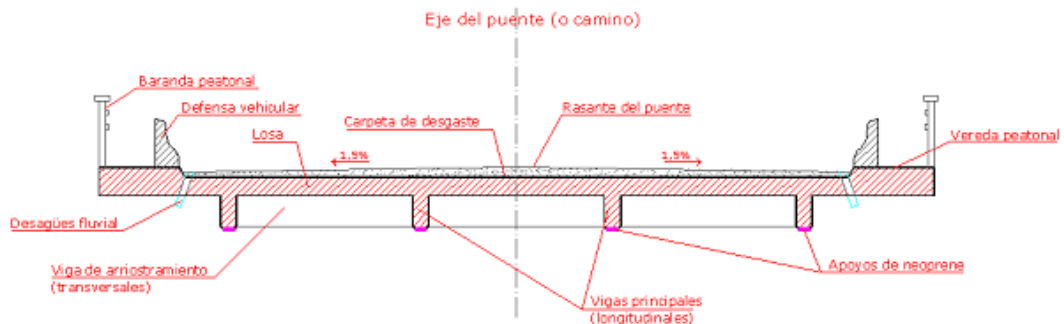


Figura 83. Corte de ejemplo (Fuente: apuntes de Hormigón Armado II)

Pavimentación

La pavimentación de la superficie de rodamiento del puente puede realizarse con pavimento asfáltico o de hormigón, optándose por el último para mantener la homogeneidad del proyecto. El espesor del pavimento será elegido en función al tráfico de la vía y las juntas de dilatación serán coincidentes con las juntas de dilatación de la estructura.

Metodología

Se propone el uso de una estructura prefabricada de hormigón pretensado haciendo alusión a las siguientes ventajas:

- La realización de los elementos en una planta, permite un mayor control de los materiales, dosificación, etc. lo que consigue una mayor calidad.
- Al realizarse la fabricación de las piezas prefabricadas normalmente en plantas cubiertas, su producción no está tan afectada por las condiciones climáticas como lo está la construcción tradicional, asegurándose los plazos de fabricación.
- Mayor precisión geométrica de las piezas al fabricarse en un entorno controlado
- Se pueden iniciar plazos de fabricación en planta y acopio de materiales en fases en que todavía no se ha iniciado en la obra ningún tipo de trabajos.



Anteproyecto de acondicionamiento y adecuación de la avenida Soberanía Nacional – Malvinas Argentinas.

UNNE – Facultad de Ingeniería – 2017

- Reducción de los tiempos de ejecución en obra derivados de la gran rapidez de puesta en obra de las piezas y sin necesidad de esperar plazos de encofrado, relleno, fragüe.
- Disminución de personal en obra al no ser necesarios los oficios adicionales.
- Menor costo de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones de la sección topografía

Con las tecnologías disponibles hoy en día, es factible realizar relevamientos topográficos con precisiones y densidades mayores. Es tal así que el uso de estaciones totales, permiten un rendimiento superior en el relevamiento y un fácil pos procesamiento de datos en programas de uso común (ver figura 3). Esto permite realizar planteos más refinados y reales a la hora del análisis para diseño geométrico o para el sistema de drenaje.

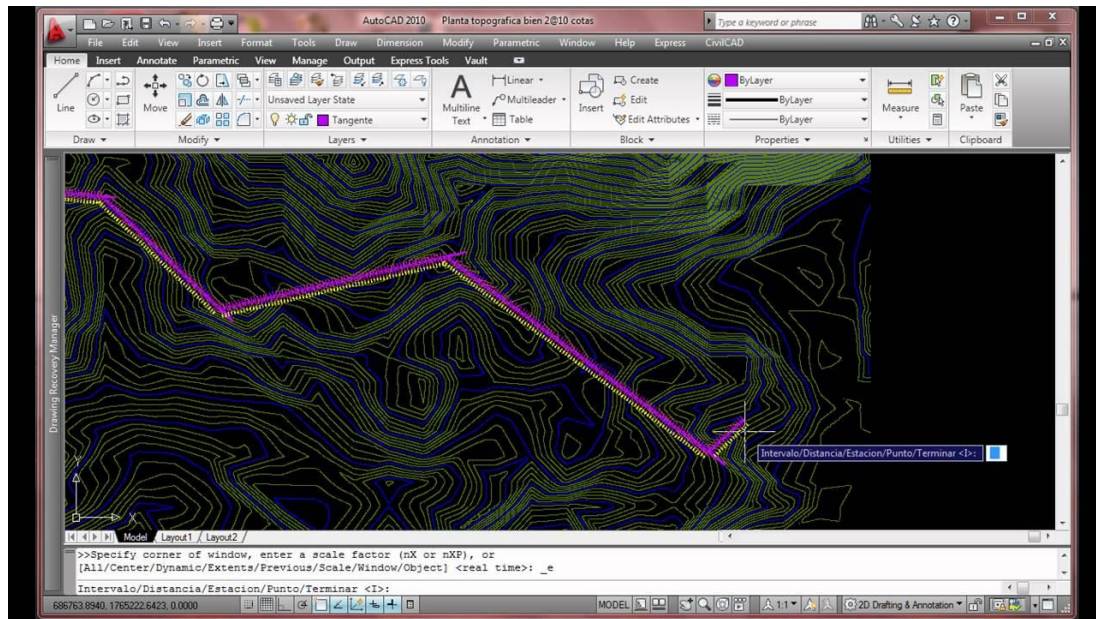


Figura 84. Programa CivilCad (Fuente: Autodesk)



Otra herramienta de utilidad, sería las maquetas fotogramétricas que se pueden realizar con drones. Permitiría tener un elemento de consulta del terreno a todo momento.

Recomendaciones de la sección de drenaje

Como recomendación al capítulo, se destaca la necesidad de un estudio hidráulico del funcionamiento del canal con respecto a la descarga que se propone para el sistema de drenaje de las calzadas con la finalidad de asegurar que no se produzcan efectos de remanso dentro del conducto.

Otro aspecto es que, debido al criterio de seguridad vial adoptado para el caso, los caudales de trabajo en el sistema son bajos, obligando en todos los casos a adoptar dimensiones mínimas, ya sea por limpieza, riesgo de obstrucción o por razones de modulación constructiva. Esto ameritaría hacer un análisis para determinar las condiciones de trabajo reales.

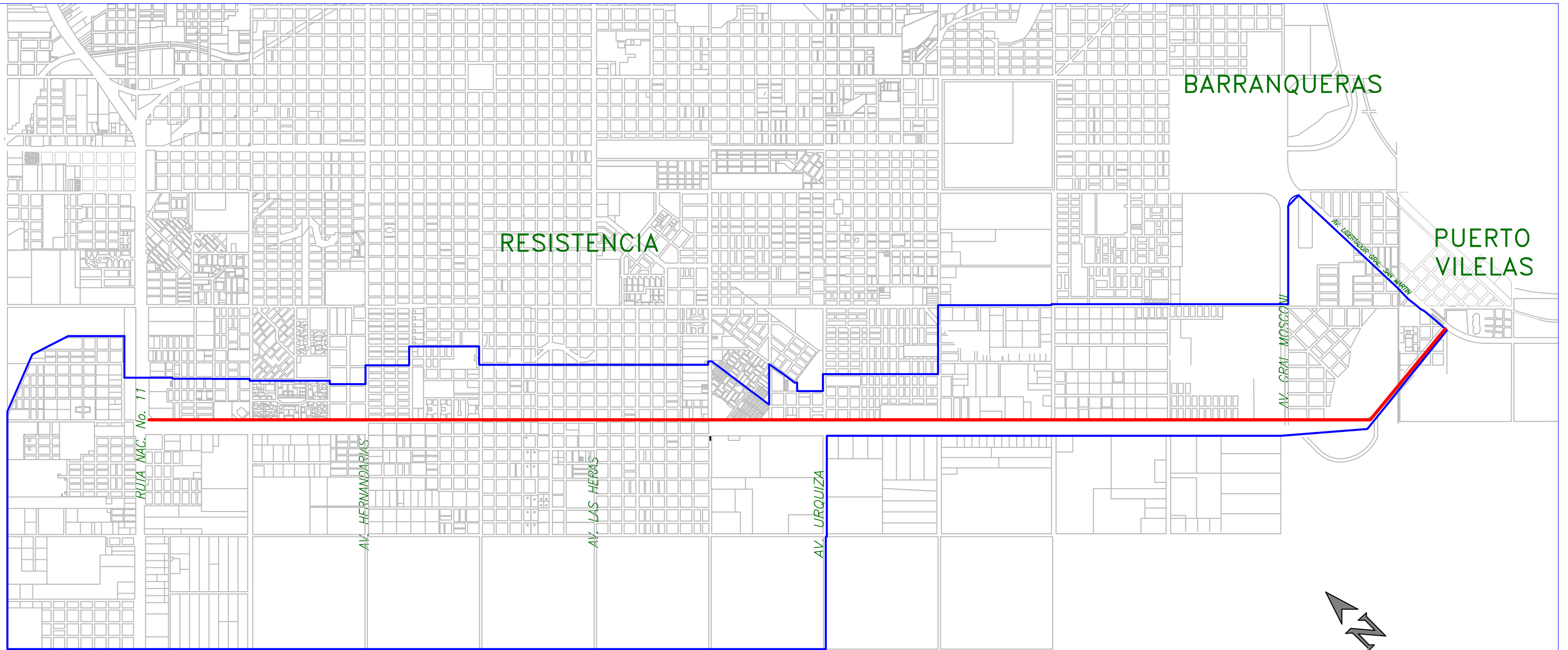
Recomendaciones de la sección semaforización

Como medida para asegurar la fluidez en la circulación del tráfico se debería plantear una sincronización de los semáforos para generar un “onda verde”. Esto generaría un flujo continuo de tránsito sobre varias intersecciones en la misma dirección.

Para esto de necesitaría hacer un análisis estadístico del tráfico para determinar los intervalos de tiempo entre los ciclos sucesivos de los semáforos en las intersecciones.

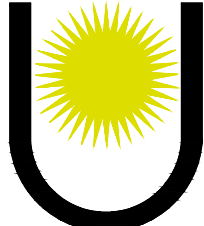
Recomendaciones de la sección de análisis financiero

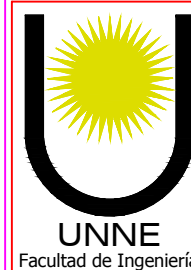
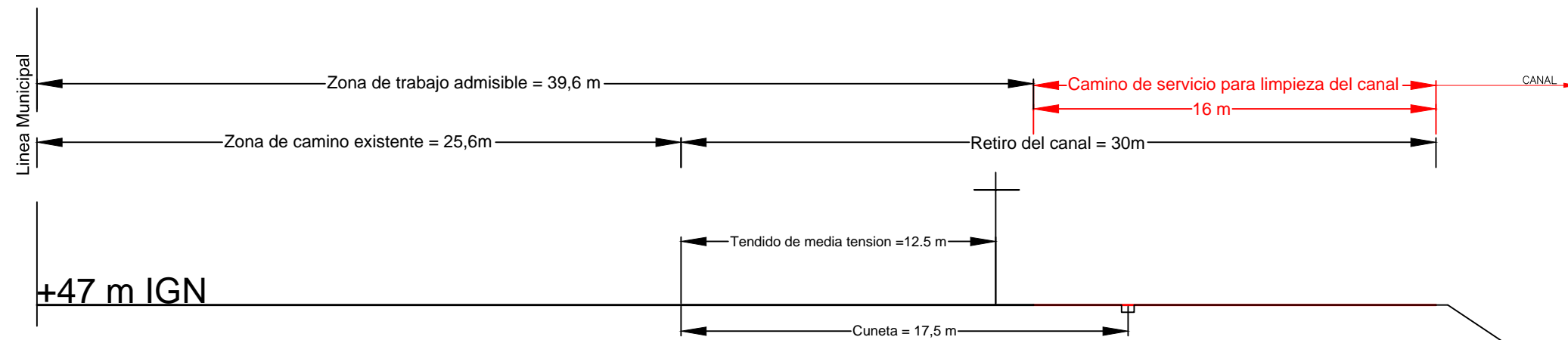
Para una correcta determinación de las velocidades en la situación actual y la de proyecto se debería hacer un relevamiento, que consistiría en realizar recorridos en vehículos por la actual traza para determinar una velocidad actual promedio de funcionamiento. Luego para determinar una velocidad para la situación de proyecto se debería hacer el mismo relevamiento en una avenida de similares características a las planteadas en el proyecto, obteniendo así valores representativos.



REFERENCIAS

- ZONA DE INFLUENCIA DEL ANTEPROYECTO
- AV. SOBERANÍA NACIONAL-MALVINAS ARGENTINAS

 UNNE Facultad de Ingeniería	OBRA: ANTEPROYECTO ACONDICIONAMIENTO Y ADECUACIÓN AV. SOBERANÍA NACIONAL - MALVINAS ARGENTINAS	
	PLANO: UBICACIÓN GENERAL Y ZONA DE INFLUENCIA DEL ANTEPROYECTO	
INTEGRANTES	CEBALLOS, Juan Pablo COMISSO BENTZ, Víctor Andrés MARTINA, Maximiliano Andrés	ESCALA: 1:35000 FECHA: NOVIEMBRE/2017
		PLANO N°: 1



OBRA: ANTEPROYECTO ACONDICIONAMIENTO Y ADECUACIÓN
AV. SOBERANÍA NACIONAL - MALVINAS ARGENTINAS

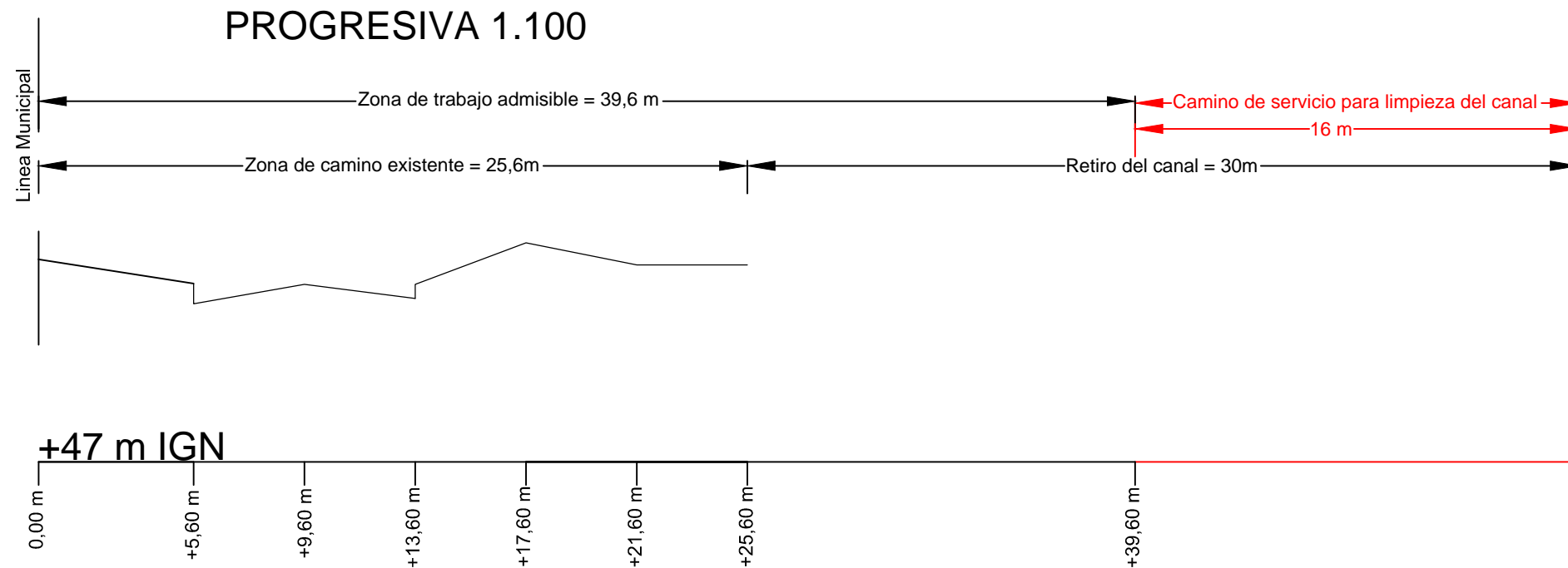
PLANO: ESPACIO DE OBRA

INTEGRANTES CEBALLOS, Juan Pablo
COMISSO BENTZ, Víctor Andrés
MARTINA, Maximiliano Andrés

ESCALA: 1:200

AÑO: 2017

PLANO N°: 2



Cota	49,77	49,91	49,81	50,21	50,01	49,99	COTAS DE CORDON
	49,91	49,91	49,91	50,21	50,01	49,99	COTAS DE CALZADA O TERRENO



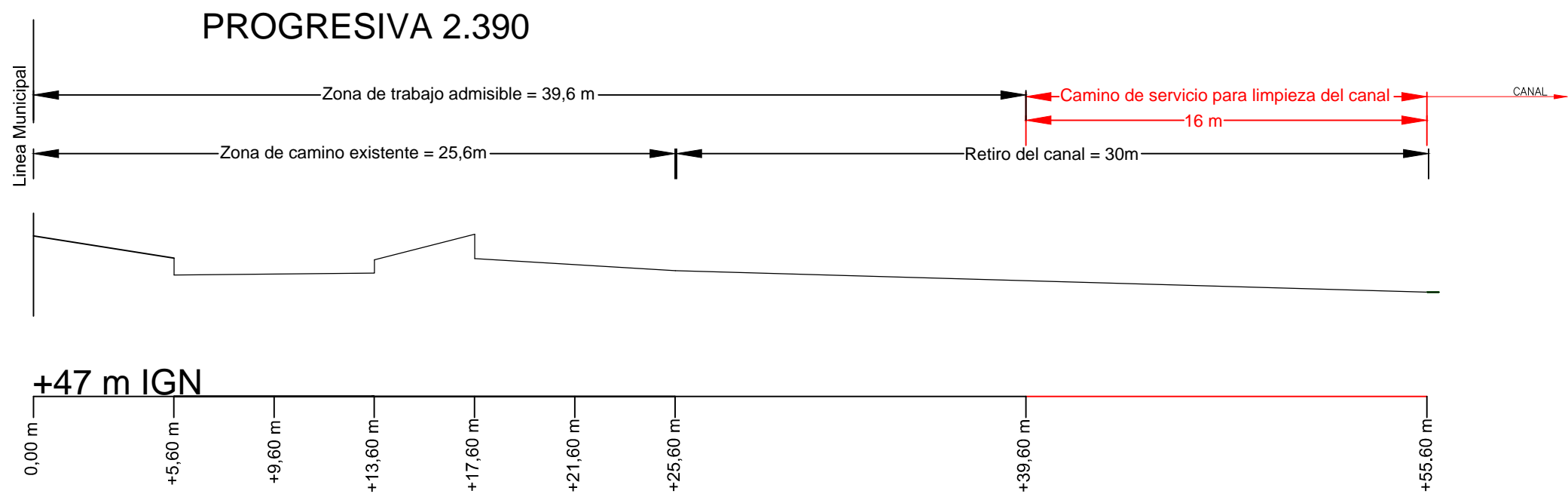
OBRA: ANTEPROYECTO ACONDICIONAMIENTO Y ADECUACIÓN
AV. SOBERANÍA NACIONAL - MALVINAS ARGENTINAS

PLANO: PERFIL TRANSVERSAL EXISTENTE RELEVADO
PROGRESIVA 1 + 100


INTEGRANTES CEBALLOS, Juan Pablo
COMISSO BENTZ, Víctor Andrés
MARTINA, Maximiliano Andrés

ESCALA HORIZONTAL: 1:200
ESCALA VERTICAL: 1:40
AÑO: 2017

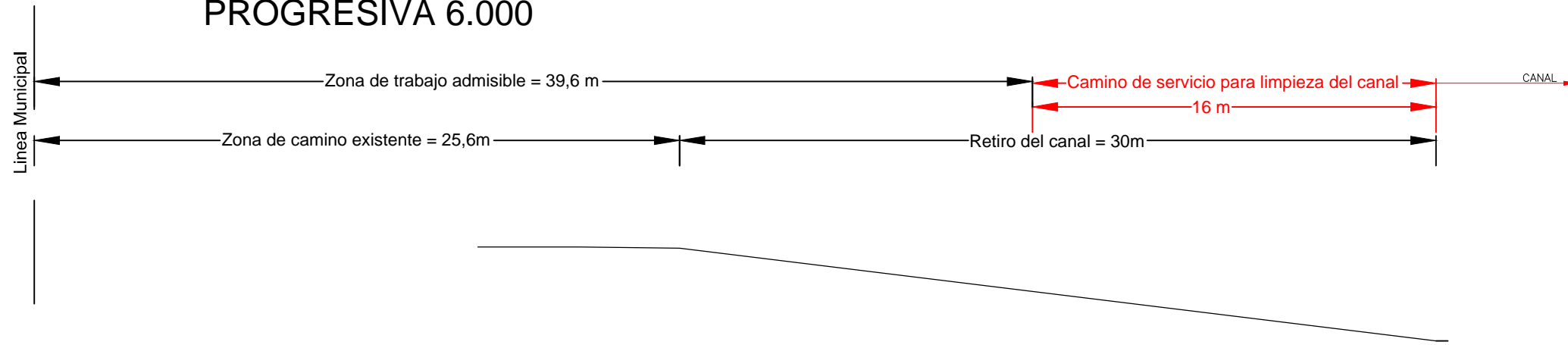
PLANO N°: 3



Cota	49,88	50,01	COTAS DE CORDON			49,74
	49,89	49,99	50,00	50,20	COTAS DE CALZADA O TERRENO	

 <p>UNNE Facultad de Ingeniería</p>	OBRA: ANTEPROYECTO ACONDICIONAMIENTO Y ADECUACIÓN AV. SOBERANÍA NACIONAL - MALVINAS ARGENTINAS	
	PLANO: PERFIL TRANSVERSAL EXISTENTE RELEVADO PROGRESIVA 2+390	
INTEGRANTES CEBALLOS, Juan Pablo COMISSO BENTZ, Víctor Andrés MARTINA, Maximiliano Andrés	ESCALA HORIZONTAL: 1:200 ESCALA VERTICAL: 1:40 AÑO: 2017	PLANO N°: 4

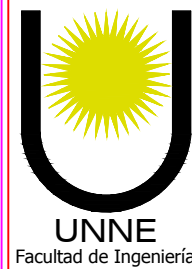
PROGRESIVA 6.000



+47 m IGN



Cota	COTAS DE CORDON			
	49,23	49,24	49,24	49,77
	COTAS DE CALZADA O TERRENO			



OBRA: ANTEPROYECTO ACONDICIONAMIENTO Y ADECUACIÓN
AV. SOBERANÍA NACIONAL - MALVINAS ARGENTINAS

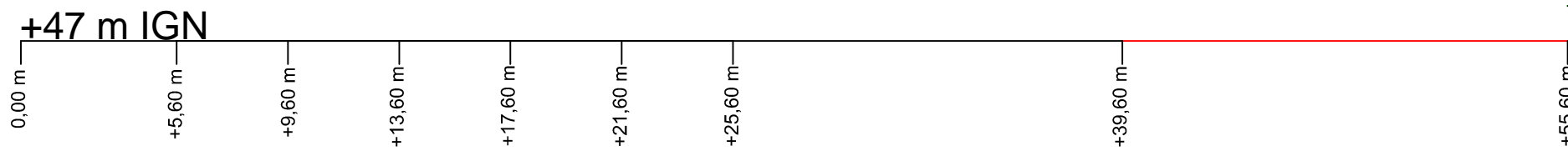
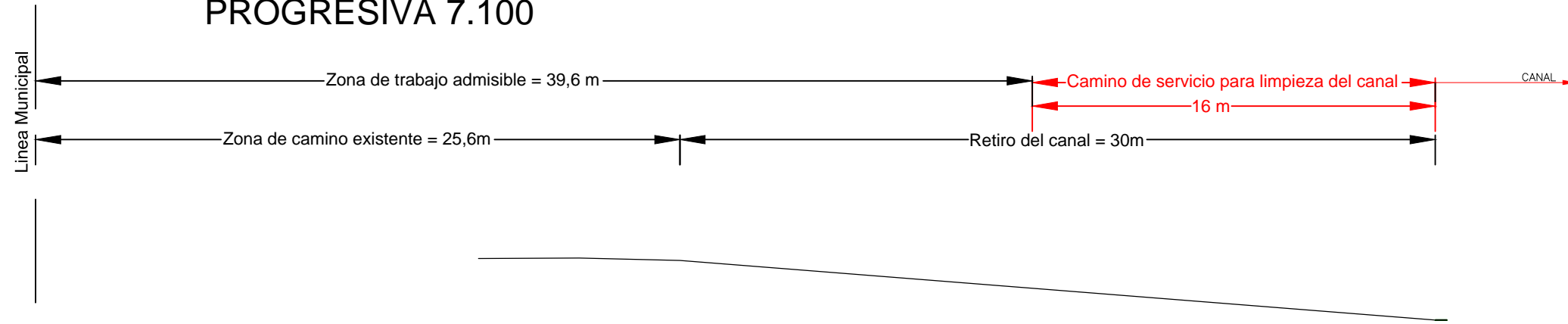
PLANO: PERFIL TRANSVERSAL EXISTENTE RELEVADO
PROGRESIVA 6+000

INTEGRANTES CEBALLOS, Juan Pablo
COMISSO BENTZ, Víctor Andrés
MARTINA, Maximiliano Andrés

ESCALA HORIZONTAL: 1:200
ESCALA VERTICAL: 1:40
AÑO: 2017

PLANO Nº: 8

PROGRESIVA 7.100



Cota	COTAS DE CORDON			
	48,74	48,75	48,73	48,26
	COTAS DE CALZADA O TERRENO			



OBRA: ANTEPROYECTO ACONDICIONAMIENTO Y ADECUACIÓN
AV. SOBERANÍA NACIONAL - MALVINAS ARGENTINAS

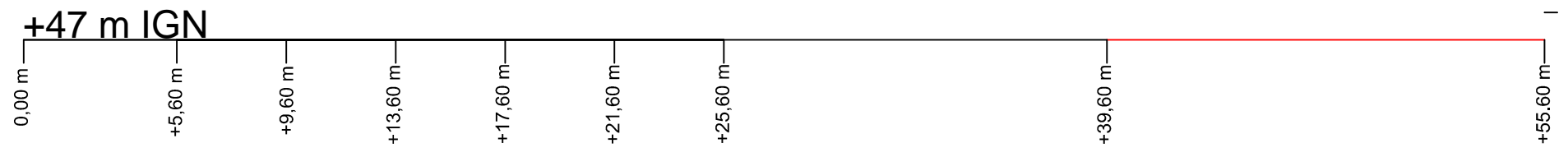
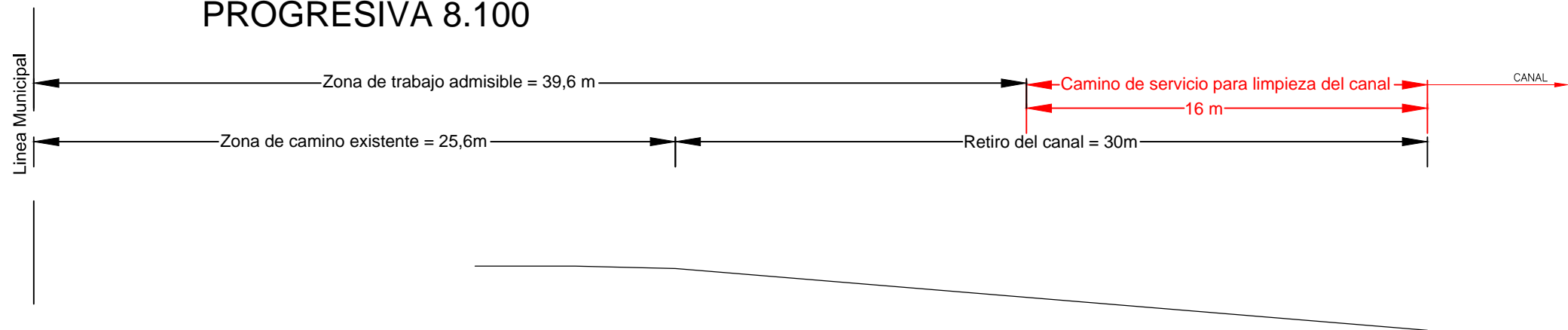
PLANO: PERFIL TRANSVERSAL EXISTENTE RELEVADO
PROGRESIVA 7+100

INTEGRANTES CEBALLOS, Juan Pablo
COMISSO BENTZ, Víctor Andrés
MARTINA, Maximiliano Andrés

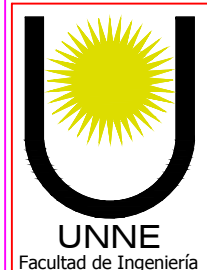
ESCALA HORIZONTAL: 1:200
ESCALA VERTICAL: 1:40
AÑO: 2017

PLANO N°: 9

PROGRESIVA 8.100



Cota				COTAS DE CORDON		
	48,51	48,51	48,49			47,99
	COTAS DE CALZADA O TERRENO					



OBRA: ANTEPROYECTO ACONDICIONAMIENTO Y ADECUACIÓN
AV. SOBERANÍA NACIONAL - MALVINAS ARGENTINAS

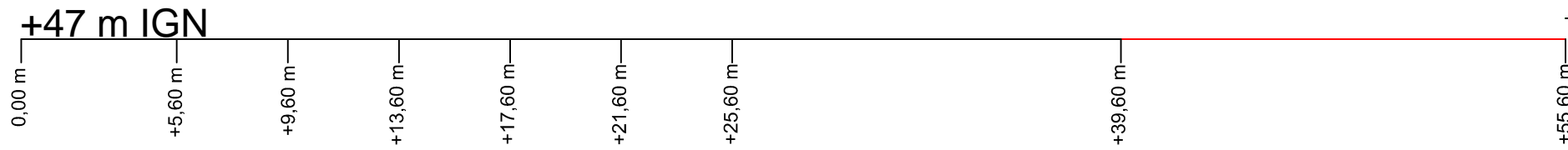
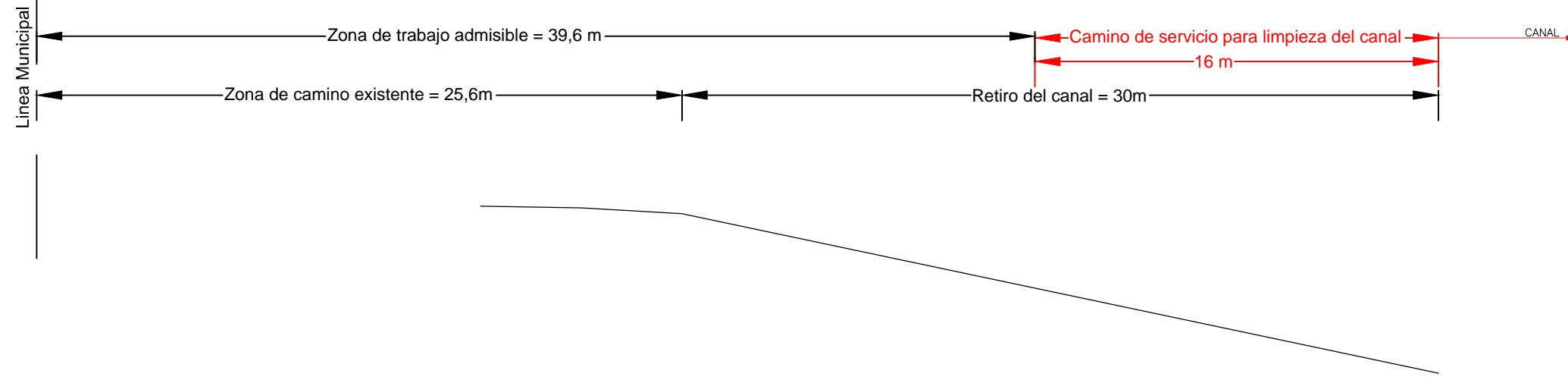
PLANO: PERFIL TRANSVERSAL EXISTENTE RELEVADO
PROGRESIVA 8+100

INTEGRANTES CEBALLOS, Juan Pablo
COMISSO BENTZ, Víctor Andrés
MARTINA, Maximiliano Andrés

ESCALA HORIZONTAL: 1:200
ESCALA VERTICAL: 1:40
AÑO: 2017

PLANO N°: 10

PROGRESIVA 9.100



Cota				COTAS DE CORDON	
	49,08	49,06	49,02		47,75
	COTAS DE CALZADA O TERRENO				



OBRA: ANTEPROYECTO ACONDICIONAMIENTO Y ADECUACIÓN
AV. SOBERANÍA NACIONAL - MALVINAS ARGENTINAS

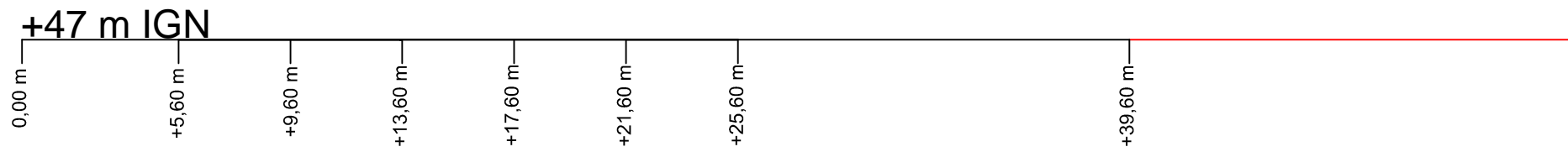
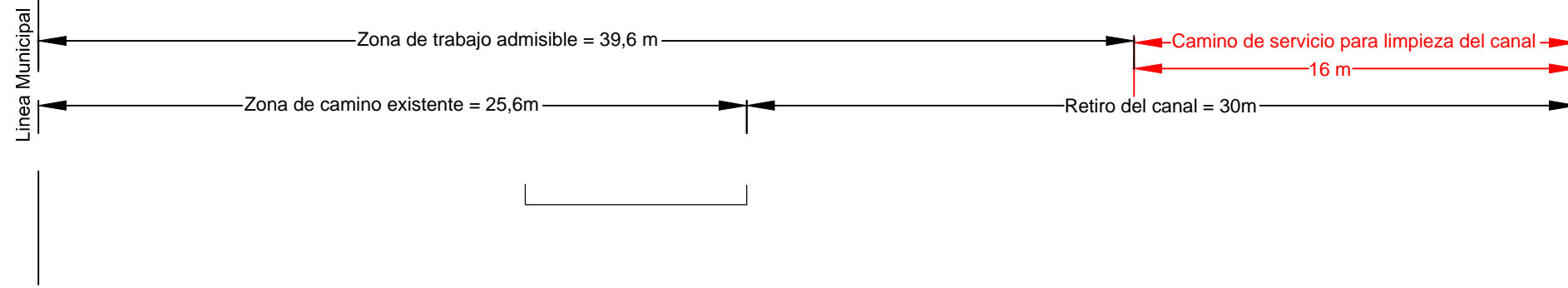
PLANO: PERFIL TRANSVERSAL EXISTENTE RELEVADO
PROGRESIVA 9+100

INTEGRANTES CEBALLOS, Juan Pablo
COMISSO BENTZ, Víctor Andrés
MARTINA, Maximiliano Andrés

ESCALA HORIZONTAL: 1:200
ESCALA VERTICAL: 1:40
AÑO: 2017

PLANO N°: 11

PROGRESIVA 11.150



Cota		49,89	50,03						
			49,90		49,89	50,03	COTAS DE CORDON		
							COTAS DE CALZADA O TERRENO		



OBRA: ANTEPROYECTO ACONDICIONAMIENTO Y ADECUACIÓN
AV. SOBERANÍA NACIONAL - MALVINAS ARGENTINAS

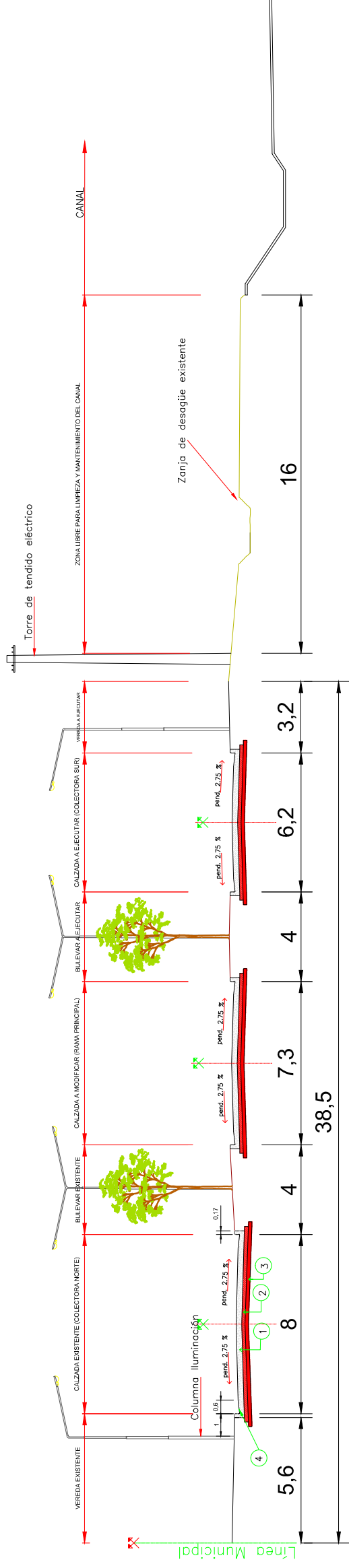
PLANO: PERFIL TRANSVERSAL EXISTENTE RELEVADO
PROGRESIVA 11+150

INTEGRANTES CEBALLOS, Juan Pablo
COMISSO BENTZ, Víctor Andrés
MARTINA, Maximiliano Andrés

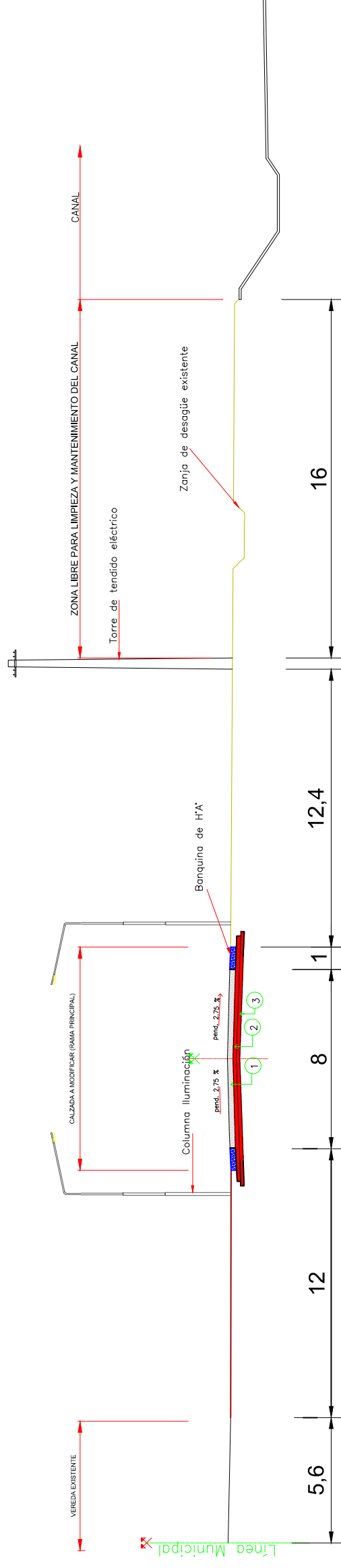
ESCALA HORIZONTAL: 1:200
ESCALA VERTICAL: 1:40
AÑO: 2017

PLANO N°: 12

PERFIL TRANSVERSAL TIPO OBRA PROYECTADA DE PROGRESIVA 0+000 A 6+000

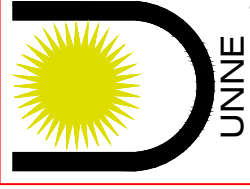


PERFIL TRANSVERSAL TIPO OBRA PROYECTADA DE PROGRESIVA 6+000 A 11+762



REFERENCIAS

- | | |
|---|--|
| 1 | PAVIMENTO DE HORMIGON H-30
CON CORDON INTEGRAL
e=0.25 m |
| 2 | SUBBASE DE RDC e = 0.15 m |
| 3 | SUBRASANTE DE SUELO
MEJORADO CON CAL
e=0.15 m
CAL ÚTIL = 2% |
| 4 | CORDÓN CUNETTA
L=0,60m
i=8% |



INTEGRANTES: CEBALLOS, Juan Pablo
COMISSO BENTZ, Victor Andrés
MARTINA, Maximiliano Andrés

ESCALA: 1:200

AÑO: 2017

PLANO Nº: 13

OBRA: ANTEPROYECTO ACONDICIONAMIENTO Y ADECUACIÓN
AV. SOBERANÍA NACIONAL - MALVINAS ARGENTINAS

PLANO: PERFIL TIPO DE OBRA BÁSICA Y DE ESTRUCTURA
AV. SOBERANÍA NACIONAL - MALVINAS ARGENTINAS
ENTRE PROG. 0+000 Y PROG. 6+000

Bibliografía:

- **AASHTO.** (1993). *Guía AASHTO: Diseño de estructuras de pavimentos.*
- **Administración Provincial del Agua.** (s.f.). *Base de datos.*
- **CFI.** (1970). *Curvas de nivel.*
- **Das, B. M.** (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica.*
- **Departamento de Planeamiento – DPV Corrientes.** (s.f.).
- **DINAG Ingenieros Civiles.** (s.f.). *Informe técnico: Canal colector y terraplén de defensa – av. Inglaterra – Rcia.*
- **Dirección Nacional de Vialidad.** (s.f.). *Manual de señalamiento horizontal.*
- **Dirección Nacional de Vialidad.** (s.f.). *Manual de señalamiento vertical.*
- **Escuela de Ingeniería de Antioquía.** (2009). *Propuesta para la implementación del sistema “LED” para la iluminación pública en Antioquia.*
- **Facultad de Ingeniería – UNNE.** (2017). *Apunte Cátedra de Transportes.*
- **Facultad de Ingeniería – UNNE.** (2017). *Apunte de cátedra Materiales Viales.*
- **Facultad de Ingeniería – UNNE.** (2017). *Apuntes de la cátedra de hidrología.*
- **Google Earth.** (s.f.).
- **Green Light.** (s.f.). *Iluminación led.* [Sitio web.](#)
- **Holsbasch, Gualtieri y Ayala.** (2017). *Trabajo final: Anteproyecto de la nueva terminal de ómnibus del AMGR* (Inédito).
- **INDEC.** (s.f.).
- **Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA).** (2014). *Normas para diseño para pavimentos rígidos.*
- *Manual de capacidad de carreteras (Highway Capacity Manual).* (s.f.).
- *Manual de Diseño de Vías de Colombia.* (s.f.).
- *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas de la ciudad de Lima – Perú.* (s.f.).
- *Manual de Diseño y Construcción de pavimentos de Hormigón.* (s.f.).
- *Manual de Vialidad Urbana de la República de Chile.* (s.f.).
- **Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo – España.** (s.f.). *Manual de Instrucción 5.2 IC.*
- **Municipalidad de Resistencia.** (s.f.). *Datos de accidentes.*
- **Pilar, Ruberto, Depettris et al.** (2007). *Actualización y análisis de las curvas IDF en el área metropolitana del gran Resistencia (AMGR).*
- **Policía del Chaco.** (s.f.). *Datos de accidentes.*
- **S.U.O.P.E.** (s.f.). *Datos de funcionamiento del riacho Arazá.*
- **Sierra, F. J.** (1986). *Trazado y diseño geométrico de caminos rurales.*
- **Vallejos, H. R.** (2012). *Elaboración de un proyecto vial, tomo 1: Planeamiento.*
- **Ven Te Chow, Maidment y Mays.** (1994). *Hidrología aplicada.*
- **Wikipedia.** (s.f.).