



Facultad de Ingeniería

Autores

Diego A. García

Federico M. Barreto

Pablo A. de Virgilio

TRABAJO FINAL

**Reacondicionamiento de av. Castelli
entre av. Chaco y av. Mosconi
Resistencia - Barranqueras
(Chaco)**

**TOMO I
DOCUMENTO
PRINCIPAL**

2.018





Facultad de Ingeniería

Reacondicionamiento de av. Castelli entre av. Chaco y av. Mosconi

**Resistencia - Barranqueras
(Chaco)**

Autores

Diego A. García

Federico M. Barreto

Pablo A. de Virgilio

Tutor

Ing. Tulio Altamirano

Asesores

Ing. Rolando Biain

Ing. Carlos Depettris

2.018

Autorización para la publicación del Trabajo Final en los registros bibliográficos, para resguardo, preservación y préstamos en Biblioteca Central de la Facultad de Ingeniería UNNE

Ciudad de Resistencia provincia del Chaco
Fecha: 12 de diciembre del 2.018

..

Facultad de Ingeniería
Biblioteca Central de la Facultad de Ingeniería

De nuestra consideración:

Por medio de la presente y en calidad de autor/es del Trabajo Final de grado de Ingeniería Civil de la UNNE, denominado: **“Reacondicionamiento de av. Castelli, entre av. Chaco y av. Mosconi”**, nos dirigimos a Ud. Con el fin de dar nuestra autorización a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste para que, en un futuro, permita sin límites la consulta del mismo, como así también el préstamo de su formato impreso y digital a los usuarios que las soliciten con fines de investigación y estudio u otro. Recordando que la *“reproducción de los textos, en forma total o parcial y por cualquier medio, está prohibida sin el consentimiento del autor y protegida por los artículos 71 a 78 de la Ley 11.723”*.

Declaramos que el Trabajo Final es original y que es de nuestra creación exclusiva, no existiendo impedimento de ninguna naturaleza para la cesión de derechos que se esta haciendo, respondiendo además por cualquier acción de reivindicación, plagio u otra clase de reclamación que al respecto pudiera sobrevenir.

Que dicha autorización se hace a título gratuito.

También se permite a la Biblioteca Central de la Facultad de Ingeniería de la UNNE que establezca los formatos de publicación en el catálogo web para su más adecuada visualización y la realización de copias digitales y migraciones de formato necesarias para la seguridad, resguardo y preservación a largo plazo del registro bibliográfico, como así también del documento impreso y de su formato digital.

Cordialmente,

Autor

Apellido y nombres: de Virgilio, Pablo Andrés
n° DNI:
Correo electrónico: pablo_dv88@hotmail.com

Firma del autor.....

Autor

Apellido y nombres: García, Diego Adolfo
n° DNI:
Correo electrónico: diego_adolfo_garcia@hotmail.com

Firma del autor.....

Autor

Apellido y nombres: Barreto, Federico Martín
n° DNI:
Correo electrónico: barretofedericomartin@gmail.com

Firma del autor.....



ÍNDICE

Capítulo 1: Introducción

1.1) Generalidades	1
1.2) Ubicación geográfica	2
1.3) Crecimiento demográfico	3
1.4) Desarrollo urbano	4
1.5) Siniestros viales	7
1.6) Parque automotor	10
1.7) Situación actual	10
1.8) Fundamentos y objetivos	16
1.8.1) Fundamentación del trabajo	16
1.8.2) Objetivos	17
1.9) Fuentes	18

Capítulo 2: Tránsito

2.1) Generalidades	19
2.2) Estudio del tránsito	20
2.2.1) Metodología	20
2.2.2) Mediciones	21
2.3) Determinación del tránsito medio diario anual	24
2.3.1) TMDA existente	24
2.3.2) Determinación del TMDA derivado, generado e inducido	28
2.3.3) Tasa de crecimiento	30
2.3.4) Determinación del TMDA de diseño	36
2.4) Análisis de accidentes	37
2.4.1) Relevamiento de siniestros	37
2.4.2) Determinación de indicadores de seguridad vial	39
2.5) Conclusiones	41
2.6) Fuentes	41

Capítulo 3: Estudios geotécnicos y topografía

3.1) Generalidades	42
3.1.1) Información general	42



3.1.2) Antecedentes	43
3.1.3) Correlaciones	45
3.1.4) Suelo mejorado con cal	46
3.1.5) Resumen geotécnico	46
3.2) Topografía	47
3.2.1) Generalidades	47
3.2.2) Recopilación de datos e información existente	47
3.2.3) Trabajo de campo	47
3.2.4) Características topográficas del tramo en estudio	48
3.3) Fuentes	49

Capítulo 4: Diseño geométrico

4.1) Generalidades	50
4.2) Metodología	50
4.2.1) Factores influyentes en el diseño	51
4.2.2) Determinación del tipo de vía	52
4.3) Geometría actual	53
4.4) Nivel de servicio	55
4.4.1) Nivel de servicio actual	56
4.5) Situación con proyecto	60
4.6) Geometría para proyecto	64
4.7) Fuentes	70

Capítulo 5: Diseño estructural

5.1) Objetivo	71
5.2) Variables de diseño	71
5.3) Metodología para la determinación del diseño estructural	71
5.3.1) Dimensionamiento por el método AASHTO	72
5.3.2) Verificación mediante el método de la PCA	87
5.4) Juntas, pasadores y barras de unión	94
5.4.1) Disposición de juntas	95
5.4.2) Juntas transversales de contracción	96
5.4.3) Juntas longitudinales de contracción o de articulación	97
5.5) Resumen	99
5.6) Fuentes	101



Capítulo 6: Seguridad vial

6.1) Generalidades	102
6.2) Señalización vial	102
6.2.1) Señalización vertical	102
6.2.2) Emplazamiento de señales laterales	105
6.2.3) Emplazamiento de señales aéreas	105
6.2.4) Señalización horizontal	106
6.2.5) Señales luminosas	107
6.3) Verificación de la intersección semaforizada	109
6.3.1) Metodología	110
6.3.2) Tiempos de reparto de la situación actual	112
6.3.3) Determinación de tiempos perdidos, verde efectivo y capacidad de acceso para situación actual.....	113
6.3.4) Cálculo de demora para la situación actual	116
6.4) Intersección semaforizada con proyecto	118
6.4.1) Cálculo del intervalo de cambio	119
6.4.2) Determinación de volúmenes críticos actuales para cada acceso	123
6.4.3) Determinación del tiempo perdido por fase	125
6.4.4) Determinación del tiempo de ciclo	126
6.4.5) Determinación de los tiempos de verde	127
6.4.6) Determinación de los tiempos de rojo	127
6.4.7) Tiempos de reparto para la intersección	128
6.4.8) Determinación de la demora en la intersección	128
6.5) Iluminación	130
6.5.1) Generalidades	130
6.5.2) Diseño de la iluminación vial	130
6.5.3) Metodología	131
6.5.4) Determinación del nivel de iluminación necesario	131
6.5.5) Tipo de lámpara	132
6.5.6) Disposición de las luminarias	133
6.5.7) Determinación del factor de mantenimiento	134
6.5.8) Determinación del factor de utilización	135
6.5.9) Disposición del alumbrado	137
6.6) Fuentes	139



Capítulo 7: Drenaje pluvial

7.1) Generalidades	140
7.2) Objetivos generales	142
7.3) Metodología	142
7.4) Cálculo de caudales	143
7.4.1) Método racional	146
7.4.1.1) Tiempo de retorno	146
7.4.1.2) Coeficiente de escorrentía y áreas de aporte	147
7.4.1.3) Intensidad de precipitación	150
7.4.2) Caudal de diseño	151
7.5) Diseño del sistema de desagüe pluvial	154
7.5.1) Diseño de la sección transversal	154
7.5.2) Diseño y cálculo de cordones cuneta	155
7.5.3) Diseño y cálculo de sumideros	157
7.5.4) Drenaje del parque urbano Tiro federal	161
7.5.5) Diseño y cálculo del sistema secundario	162
7.6) Fuentes	165

Capítulo 8: Evaluación económica

8.1) Generalidades	166
8.2) Objetivos generales	166
8.3) Metodología	166
8.4) Cómputo y presupuesto	167
8.4.1) Cómputo métrico	167
8.4.2) Presupuesto	167
8.4.3) Precio de obra	168
8.5) Análisis económico	169
8.5.1) Clasificación de beneficios económicos	169
8.5.2) Determinación del costo de operación	170
8.5.3) Beneficios obtenidos	172
8.5.4) Indicadores de rentabilidad	173
8.5.5) Conclusión	175
8.6) Fuentes	176

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1) Generalidades

El presente trabajo estará enfocado al estudio técnico y económico a nivel de anteproyecto sobre una obra vial existente que presenta inconvenientes en su infraestructura y su interacción con el tránsito vehicular y peatonal.

El estudio en cuestión se basará en el “*reacondicionamiento de la avenida Castelli entre las avenidas Chaco y Mosconi de la ciudad de Resistencia, Chaco*”, ubicado según se observa en la figura 1.1 (plano n°1).



Figura 1.1. Tramo en estudio. Av. Castelli entre av. Chaco y Av. Mosconi.
(Fuente: Google Earth, año 2.018)

La ciudad de Resistencia fue fundada el 2 de febrero del año 1878, por decreto del gobierno nacional, que posteriormente en el año 1884 fue declarada capital del territorio nacional del Chaco.

La provincia tiene su principal actividad económica basada en la explotación del sector primario, en particular en la producción y transformación del algodón. Es la primera productora de este cultivo y sus exportaciones constituyen el principal producto exportado por la provincia.

Es la zona más poblada del Chaco convirtiéndose en su centro administrativo, comercial y cultural, albergando alrededor del 35% del total de la población provincial, contando en su zona urbana con 290.723 habitantes (INDEC, 2010).

La ciudad fue desarrollada en un plan o trazado en damero, es decir con calles formando un ángulo recto, creando manzanas rectangulares o cuadradas. Se adoptó esta disposición por la dirección del drenaje natural de las aguas en la región. La urbanización no se desarrolla en forma equilibrada y homogénea en el territorio, sino que tiende a polarizarse en determinados espacios. Tal es así que la expansión de la



población urbana en Resistencia y los cambios de uso de suelo, generó una discontinuidad en el diseño urbanístico típico, por lo cual debió ajustarse la infraestructura a las condiciones del nuevo trazado.

Barranqueras es considerada como una ciudad-puerto situada sobre la costa del riacho de Barranqueras (constituyendo un brazo del río Paraná) dentro de una zona baja e inundable. A través del puente general Belgrano se conecta a la provincia de Corrientes. El puerto está ubicado sobre la ribera derecha del río Paraná a 7km de la ciudad de Resistencia.

1.2) Ubicación geográfica

La provincia del Chaco es una de las 23 provincias de la República Argentina situada al noreste de la misma (figura 1.2), entre los paralelos 24° y 28°, formando parte de la denominada región del NEA (noreste argentino); tiene como limitante a las provincias: de Formosa al norte, Corrientes al este, al oeste Salta y Santiago del Estero, y al sur Santa Fe.

Cuenta con un área de 96.633 km² estando conformada por 25 departamentos, teniendo como capital a la Ciudad de Resistencia



Figura 1.2. Ubicación de la provincia del Chaco en la República Argentina (Fuente: Wikipedia.)



La ciudad de Resistencia se encuentra al sudeste de la provincia, donde en compañía de las localidades de Fontana, Barranqueras y Puerto Vilelas, constituyen el área metropolitana del Gran Resistencia, AMGR (figura 1.3).

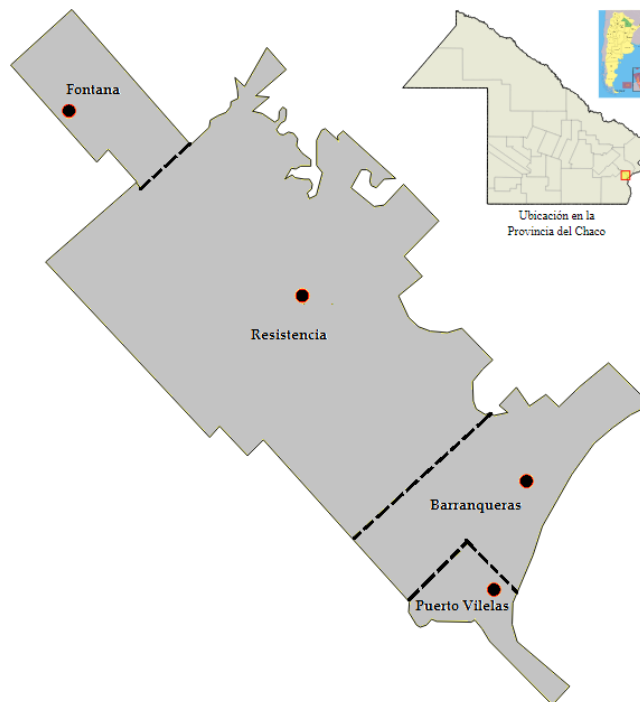


Figura 1.3. Área metropolitana del Gran Resistencia. (Fuente: Wikipedia.)

1.3) Crecimiento demográfico

La población la provincia del Chaco para el año 2.010, alcanzaba un total 1.055.259 habitantes, es decir un 7,19% mayor a los 985.446 habitantes del censo del 2.001. En la tabla 1.1 se observa como fue la evolución demográfica del Chaco.

La densidad poblacional en dicho año fue de 10,6 habitantes cada kilómetro cuadrado, inferior en un 26% respecto al promedio nacional que es de 14,4 hab/km².

Tabla 1.1. Evolución demográfica del Chaco. (Fuente: INDEC 2010.)

Evolucion demográfica en la provincia del Chaco	
Años	Población (Habitantes)
1960	543.331
1970	566.613
1980	701.392
1991	839.677
2001	984.446
2010	1.055.259



Resistencia es la ciudad más poblada de la provincia (según la tabla 1.2) con un total de 290.723 habitantes, la segunda de la región NEA (Nordeste Argentino). Esta cantidad indica un 27,6 % de la población provincial. El 99% de la población de Resistencia es urbana, mientras que la rural tanto agrupada como dispersa alcanza un total de 1000 habitantes. A continuación se muestra la distribución de habitantes por ciudad (figura 1.4).

Tabla 1.2. Cantidad de habitantes en el AMGR. (Fuente: INDEC 2.010)

Área Metropolitana de Gran Resistencia					
Ciudades	Fontana	Resistencia	Barranqueras	Puerto Vilelas	Total
Población	32.027	290.723	54.715	8.278	385.743

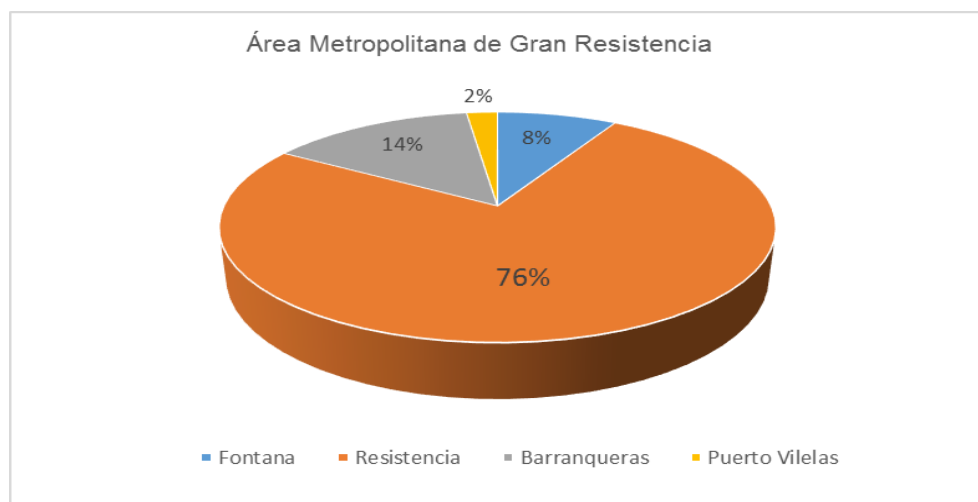


Figura 1.4. Distribución de habitantes en el AMGR. (Fuente: INDEC 2010)

1.4) Desarrollo urbano

El desarrollo del casco urbano fue delimitado temporalmente por avenidas principales que, durante el paso del tiempo, por la demanda de territorio para uso residencial, estos límites se vieron superados. A los inicios de la ciudad los primeros límites del extremo Sur-Oeste fueron las vías del ferrocarril Belgrano, luego las avenidas Alvear y Castelli, Edison y Marconi y actualmente Av. Soberanía Nacional e Islas Malvinas.

Se muestra a continuación mediante fotografías aéreas el crecimiento urbano de las Ciudades de Resistencia y Barranqueras, desde el año 1991 al 2017 (figuras 1.5 y 1.6).

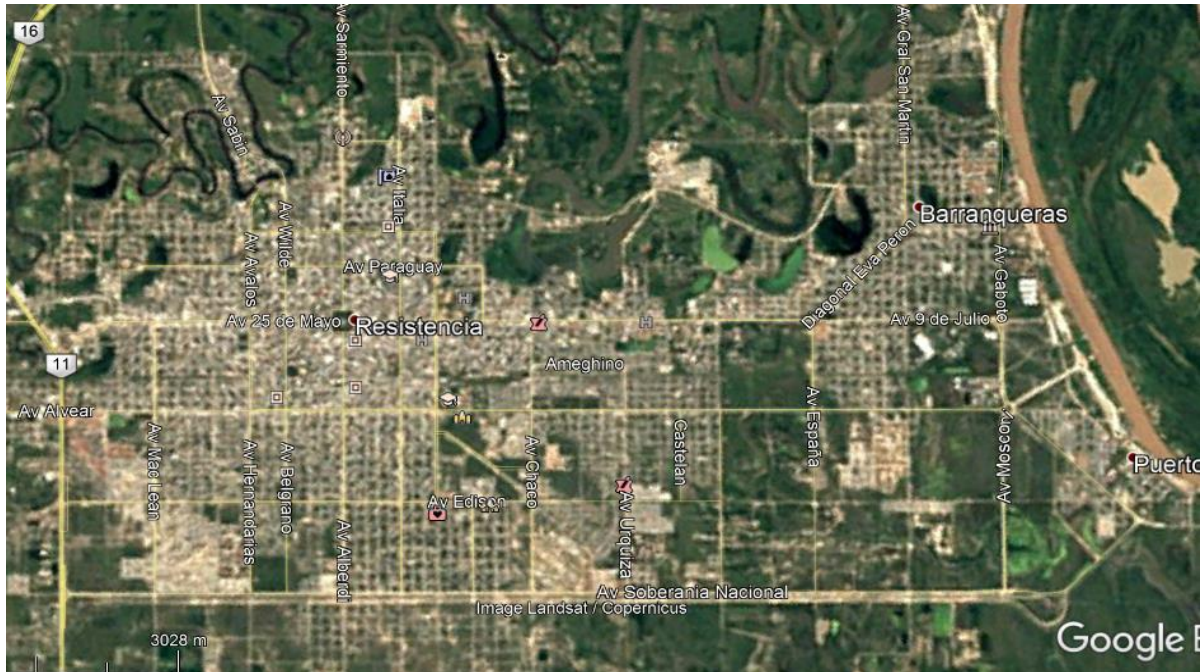


Figura 1.5. Desarrollo urbano en Resistencia y Barranqueras.
(Fuente: Google Earth, año 1.991)

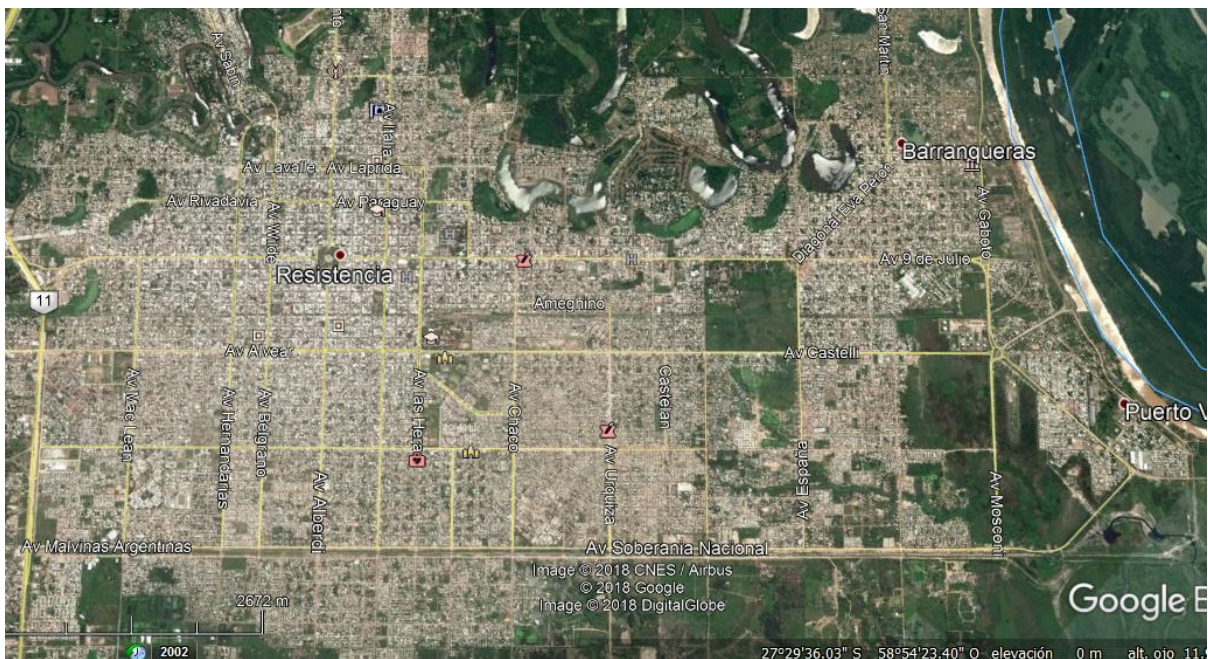


Figura 1.6. Desarrollo urbano en Resistencia y Barranqueras.
(Fuente: Google Earth, año 2.017)



Los distritos de influencia en la zona de estudio (figuras 1.7 y 1.8), en función a la nomenclatura adoptada por el Código de Planeamiento Urbano de la ciudad, Ordenanza N° 523/79 se aprecian a continuación:

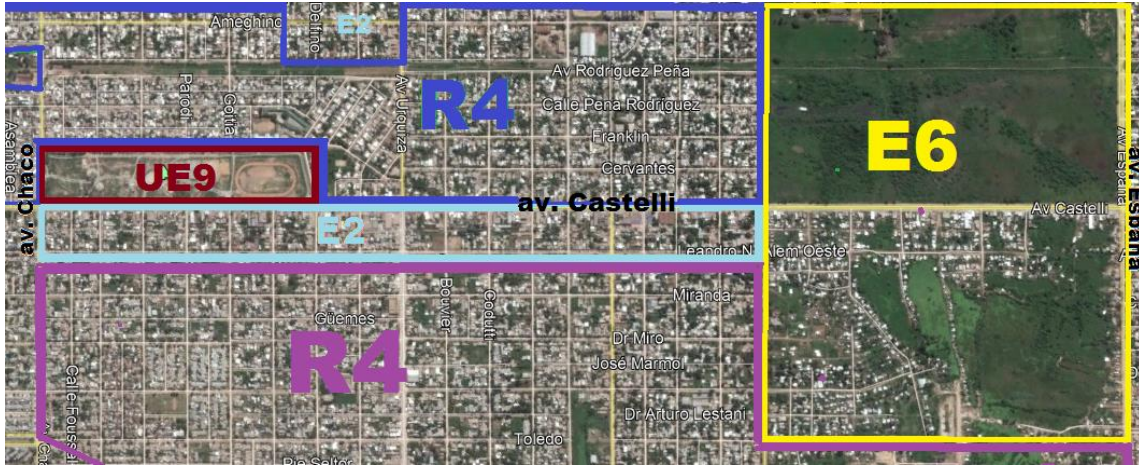


Figura 1.7. Usos de suelo en la zona de Resistencia según el código de planeamiento urbano y ambiental de AMGR.

(Fuente: Municipalidad de Resistencia, Google Earth año 2.017.)

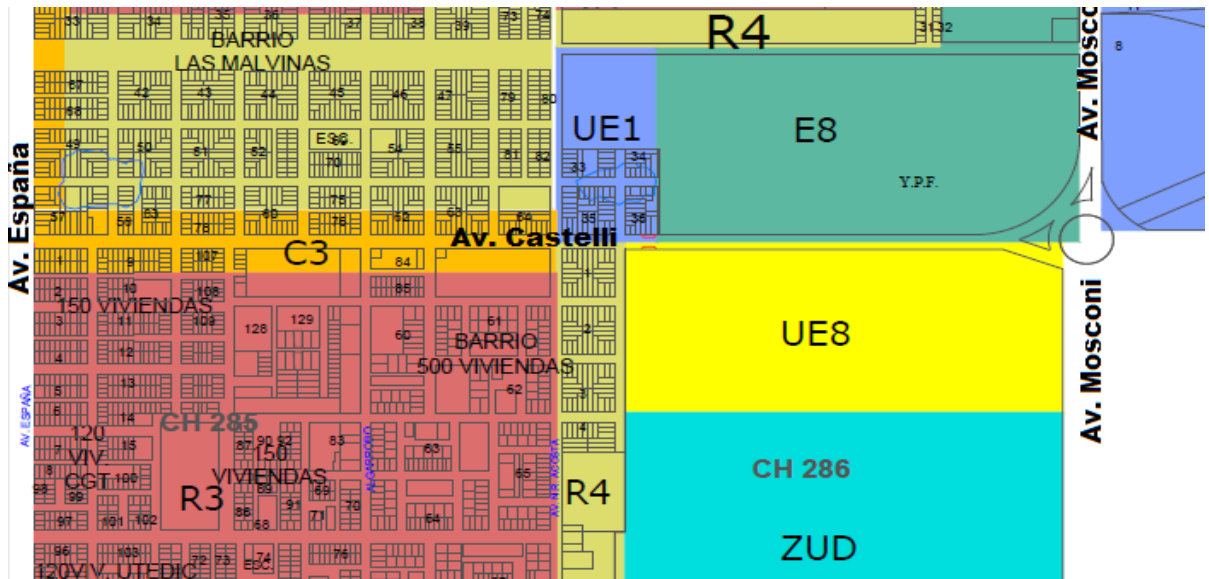


Figura 1.8. Usos de Suelo en Barranqueras, según el código de planeamiento urbano ambiental de AMGR. (Fuente: Municipalidad de Barranqueras.)



Distritos Centrales

C2: Centro Principal. Área destinada a la máxima concentración del equipamiento comercial minorista como así también del administrativo, financiero e institucional a escala de amplios sectores urbanos.

C3: Centro local. Área destinada a la localización del equipo institucional, comercial, administrativo y financiero a escala local en correspondencia con distritos residenciales de densidad media y baja que cuenten con la infraestructura de servicios completa.

Áreas residenciales:

R3: de densidad baja. Área destinada a alojar densidades moderadas del uso residencial en zonas que cuentan con la infraestructura de servicios completa.

R4: de densidad baja limitada a la vivienda individual: área destinada a alojar el uso residencial de baja densidad, pudiendo coincidir con zonas que no cuentan con la infraestructura de servicios completo.

Áreas de equipamiento

E2: de equipamiento local: área en que se permite la localización de usos que presentan cierto grado de molestias y que sirven a la población local en diferentes sectores urbanos.

E6: de equipamiento determinado. Corresponden a terrenos de apreciables dimensiones que están ocupados por un equipamiento específico.

E8: de equipamiento industrial especial, están destinados a la localización de las actividades industriales de mayor desarrollo permisible dentro de la ciudad.

Distrito de urbanización especial:

Áreas que corresponden a importantes fracciones de terrenos que aún no han sido urbanizados o cuentan con usos de previsible remoción y que de acuerdo al Plan Urbano General, es conveniente destinar a usos específicos que exige un plan previo del conjunto en base a normas especiales. Las que corresponden al estudio se identifican como **U.E.1, U.E.8 y U.E.9** terrenos de propiedad privada ocupados por el Tiro Federal (equipamiento cultural-deportivo).

ZUD: (Zonas de urbanización diferida), área cuya urbanización está prevista para el mediano plazo y cuya habilitación general para el uso urbano se efectuará a medida que se complete la ocupación de los distritos adyacentes.

1.5) Siniestros viales

Frente a esta situación de somera planificación, crecimiento poblacional y también el incremento en el parque automotor; la vía pública presenta una serie de inconvenientes. Entre ellos se puede mencionar:

- Congestión vehicular.



- Deterioros en el paquete estructural de la vía y falta de mantenimiento de la misma.
- Anegamientos en la vía ante pequeñas precipitaciones.
- Ausencia de señalización horizontal y vertical.
- Falta de control por parte las autoridades responsables.

Tales problemas, sumado al mal uso de la mayoría de los usuarios, contribuye a incrementar el riesgo de sufrir accidentes de tránsito en la vía pública.

Los accidentes tránsito que derivan en lesiones o muertes de los habitantes constituyen un importante problema de la salud pública, que lamentablemente está desatendido.

Según la información brindada por la Jefatura de policía de la provincia del Chaco, para el año 2017 se registra, en Gran Resistencia un total de 5927 accidentes de tránsito, entre los cuales 174 corresponde al tramo de la avenida Castelli en cuestión (tabla 1.3).

Tabla 1.3: Accidentes en Gran Resistencia durante el año 2017.
(Fuente: Jefatura de policía del Chaco.)

Accidentes en Resistencia en 2017	
Mes	Cantidad
Enero	413
Febrero	390
Marzo	426
Abril	411
Mayo	427
Junio	512
Julio	540
Agosto	557
Septiembre	587
Octubre	585
Noviembre	525
Diciembre	554
Total	5927

La Asociación civil “Luchemos por la vida” (ONG) asegura que los accidentes son la causa de 21 muertos por día (más de 7.000 al año), más de 120.000 heridos por año.

Partiendo del análisis de situaciones reales o casos de siniestros de tránsito que cobran estado público, se pueden observar distintos aspectos y factores que intervienen en la circulación, como ser:

- a) **El factor humano:** constituyen a las personas y sus comportamientos en sus distintos roles (peatón, pasajero, conductor). La conducta vial de una persona está regida no solo por sus conocimientos sobre la conducción y la circulación en la vía



pública, sino también por el entorno y la circunstancia que atraviesa. Este factor es considerado una de las principales causas de siniestros viales en la actualidad.

- b) **El factor vehicular** se refiere a los móviles que se desplazan por la vía pública como ser los autos, colectivos, motos y bicicletas. Las condiciones y el estado general en que se encuentra el vehículo constituyen el factor vehicular. Por tal motivo es importante realizar los controles y mantenimientos periódicos necesarios para garantizar una conducción segura.
- c) **El factor ambiental** está conformado por el camino, su estructura vial, el señalamiento de tránsito y las condiciones en que se encuentran las calles. También se engloban aspectos como ser las condiciones del medio ambiente, fenómenos naturales y climáticos.

Según la OMS, los factores conductuales tienen una incidencia de entre el 85% y el 90% en los siniestros viales; un 5% se atribuye a la infraestructura vial y el otro 5% a la ingeniería vehicular.

El municipio de Resistencia implementó un programa de seguridad vial, el cual llegó en el año 2017 a un total de 85 escuelas, con un alcance de 25.000 alumnos. Estas actividades impulsadas por la dirección de Educación Vial sirven de una manera didáctica y lúdica enseñar a los niños desde muy temprana edad a conocer las normas de tránsito.

El Automóvil Club Argentino tiene un compromiso de seguridad y educación vial por ello es que produce material gráfico y visual dirigido a distintos niveles educativos. En conjunto con la municipalidad de Resistencia, promueve dicho programa mediante un parque infantil de tránsito que recrea situaciones similares y habituales en la circulación urbana de vehículos y peatones (figura. 1.9).

Es una iniciativa diseñada para que concurren niños de los niveles preescolares e inicial donde la idea es incorporar aspectos generales vinculados con la seguridad vial, en esta también dictan charlas previas sobre educación vial.



Figura 1.9. Programa parque infantil de tránsito en colonia de vacaciones del Club Sarmiento.
(Fuente: Diario norte, año 2.017.)

1.6) Parque automotor

En los últimos 10 años, en la provincia del Chaco, según los datos brindados por el Observatorio Nacional de datos de Transporte, se registró un aumento del parque automotor (figura 1.10).

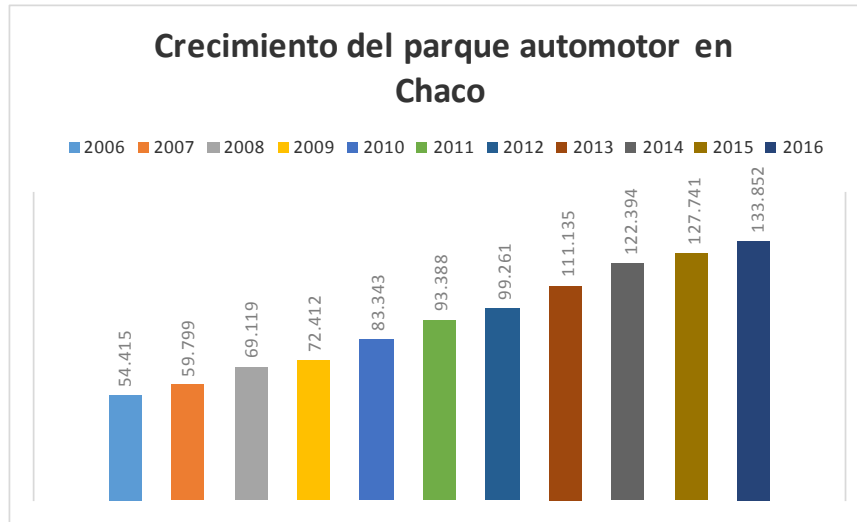


Figura 1.10. Crecimiento del parque automotor en la provincia del Chaco.
(Fuente: observatorio nacional de datos del transporte.)

Como puede apreciarse en el gráfico anterior para el año 2006 se registraban 54.415 vehículos en la provincia, y para el año 2016 con un incremento de 146% alcanza el total de 133.852 vehículos.

1.7) Situación actual

El tramo de la av. Castelli comprendido entre la avenida Chaco y avenida Mosconi tiene una longitud total de 5km de los cuales 3km corresponden a Resistencia y 2km a Barranqueras, ambas delimitadas por av. España, acometiendo un total de 34 calles secundarias.

Mediante el relevamiento de campo se pudieron observar algunas características y deficiencias, estructurales y de uso de la avenida (ver registros fotográficos en anexo del capítulo 1).

La misma cuenta con una calzada de hormigón con 2 sentidos de circulación, delimitadas con un separador físico. Ambos sentidos cuentan con dos carriles de circulación, de los cuales un carril por sentido posee un tratamiento de recapado con concreto asfáltico (figura 1.11).

El sector analizado se emplaza dentro de una zona sin ordenamiento urbano pudiéndose apreciar: viviendas aisladas junto a espacios de recreación como parques o plazoletas, escuelas, áreas comerciales, bancos, lavaderos, pequeños edificios de alquiler, etc.



Figura 1.11. Traza en estudio. Sector de Barranqueras.
(Fuente: Google Earth – Street View, año 2.014.)

Entre los principales problemas identificados podemos señalar una calzada dañada, la inexistencia de cordones cuneta, una ocupación indebida de los espacios e insuficiente o precaria señalización vertical como horizontal. También encontramos funcionando una semaforización coherente.

De los inconvenientes mencionados presentemente, a continuación, hacemos una breve reseña:

Calzada dañada: En determinados sectores se aprecian deterioros de la capa de rodamiento, que genera una circulación interrumpida y poco fluida. Esto podría derivar en accidentes por maniobras bruscas efectuadas por los conductores con el fin de esquivar estos baches y ahuellamientos (figuras 1.12 y 1.13), acentuándose en horas nocturnas por la falta o insuficiente iluminación. Ante las irregularidades de la calzada, se genera acumulación de agua de lluvia. La carencia de una infraestructura en buen estado también produce daños en la mecánica de los vehículos, y se refleja en un perjuicio económico al usuario.



Figura 1.12. Deterioros de la capa de rodamiento. (Fuente: elaboración propia.)



Figura 1.13. Deterioros de la capa de rodamiento con acumulación de agua.
(Fuente: elaboración propia.)

Inexistencia de cordones cuneta: generando en el tramo un sistema de desagüe pluvial deficiente y en algunos sectores se podría considerar su inexistencia (figura 1.14). Los imbornales y los conductos pluviales se encuentran tapados con basura no cumpliendo así con su función (figuras 1.15 y 1.16)

En consecuencia, aparecen anegamientos en la vía pública como así también en las veredas, generando el descontento por parte de los vecinos y peatones.

También se observó que las veredas existentes se encuentran en mal estado, y esto en conjunto con la ausencia del cordón cuneta facilita el estacionamiento indebido por parte de los conductores, perjudicando la transitabilidad peatonal (figura 1.17).



Figura 1.14. Cordón cuneta inexistente. (Fuente: elaboración propia.)



Figura 1.15. Sistema de desagüe pluvial afectado por la concentración de basura.
(Fuente: elaboración propia.)



Figura 1.16. Imbornales cubiertos con vegetación.
(Fuente: elaboración propia.)



Figura 1.17. Estacionamiento indebido de automóviles indebido.
(Fuente: elaboración propia.)

Semaforización y señalización: En las intersecciones con semaforización se observó que dichos dispositivos se encuentran en buen estado y la ubicación de los mismos a lo largo del tramo analizado, se considera correcta ya que se encuentran antes de cruzar la boca calle, lo cual resulta ventajoso debido a que los conductores que están esperando el verde, no pueden ver el cambio de luces de los equipos contiguos, con lo cual se elimina la costumbre de iniciar la marcha cuando a estos le da amarillo y antes que se encienda su propia luz verde (figura 1.18).

Cabe destacar también la falta de señalización horizontal (línea de eje en calzada, senda peatonal con su respectiva línea de detención) y vertical.

En todo el tramo se observa la ausencia de protección alguna para los peatones en los sitios destinados a cruces, esto genera un peligro potencial para el peatón (figura 1.19).



Figura 1.18. Correcta ubicación de los semáforos.
(Fuente: Google Earth – Street View, año 2.017.)



Figura 1.19. Falta de demarcación horizontal (línea de eje y senda peatonal).
(Fuente: elaboración propia.)

Ocupación indebida de los espacios: En las inmediaciones al parque Tiro Federal, durante los fines de semana y/o feriados se concentra una importante cantidad de personas, las cuales desarrollan actividades comerciales y de recreación (figura 1.20), y en la zona adyacente a la calzada, se encuentra ocupada por vehículos estacionados en forma indebida (figura 1.21) y los conductores deben realizar maniobras peligrosas para evitar colisiones.



Figura 1.20. Puesto de vendedores ubicados adyacente a la calzada. Ubicación: parque Tiro Federal.
(Fuente: elaboración propia.)



Figura 1.21. Vehículos estacionados sobre la banquina.
(Fuente: Google Earth – Street View, año 2.017.)

1.8) Fundamentos y objetivos

1.8.1) Fundamentación del trabajo

Cuando hablamos de **seguridad vial** nos referimos al conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito, empleando conocimientos (leyes, reglamentos) y normas de conducta, tanto del peatón como del pasajero o conductor; a fin de usar correctamente la vía pública previniendo los accidentes de tránsito.

Podemos decir que existen tres componentes fundamentales que equilibran la seguridad en la vía pública, ellos son: *la educación vial, el control de tránsito y el mantenimiento de la infraestructura vial.*

La educación vial, hace referencia a las reglas y normas que debemos conocer, incluidas las señales, para transitar por las diferentes vías de circulación y el modo en el cual nos vinculamos con los otros usuarios cuando transitamos y circulamos por los espacios públicos. La misma contempla un conjunto de acciones y conductas que el ciudadano debiera adquirir a efectos de poder garantizar y promover la seguridad, evitar siniestros y poder minimizar o evitar los daños causados entre el tránsito y la vía pública.

El control de tránsito, contempla todas las medidas para la distribución y control de los flujos de tránsito, en tiempo y espacio, con el fin de evitar la aparición de incidentes, asegurando así una adecuada organización de la circulación vehicular y peatonal. El control de tráfico se lleva a cabo mediante las siguientes medidas:

- a) **Medidas indirectas** que deben ser tenidas en cuenta antes del viaje, que se basan en la información y recomendaciones brindadas por las emisoras de radios, páginas web, aplicaciones para dispositivos móviles.
- b) **Medidas directas** que hacen referencia a la señalización vertical mediante dispositivos físicos como ser los semáforos, carteles de tránsito con el fin de garantizar una adecuada organización vehicular.
- c) **Sanciones** que se aplican a las personas que incumplen o violentan a las leyes de tránsito.

El mantenimiento de la infraestructura vial, corresponde al conjunto de acciones continuas y permanentes, para prever y asegurar el funcionamiento normal y eficiente de la red vial. Se considera que existen dos clases de mantenimiento de infraestructura vial:

El **mantenimiento preventivo**, que constituyen acciones destinadas a impedir que se presenten fallas que obstaculicen el buen funcionamiento de la vía; y el **mantenimiento correctivo** correspondiente a corregir fallas a efectos de reestablecer las condiciones originales.

La disponibilidad de una vía adecuada permite obtener beneficios, como ser un bajo índice de accidentes, disminución de la demora y así también poder garantizar la competitividad del mercado entre los municipios.



Figura 1.22. Componentes que garantizan la Seguridad de tránsito.
(Fuente: elaboración propia.)

1.8.2) Objetivos

El objetivo general del proyecto consiste en llevar a cabo un diseño integral de la sección en el tramo analizado, estudiando y eligiendo la alternativa más conveniente.

Se persiguen los siguientes objetivos particulares:

❖ Optimización del tránsito: mediante una infraestructura vial adecuada, con lo cual se pretenderá reducir la demora en las intersecciones que mayor conflicto presentan dentro del tramo.

- Mejorar el sistema de iluminación y de señalización para lograr una eficiente organización del tránsito vehicular y peatonal.
- Readecuación de las inmediaciones del parque tiro federal, para su integración adecuada con la vía pública.
- Optimizar la conexión entre los municipios de Resistencia y Barranqueras.



- ❖ Ofrecer a la comunidad una infraestructura de transporte público que cumpla con las mínimas normas de seguridad.
- ❖ Disminución de accidentes e infracciones por parte del usuario.
- ❖ Desarrollo y ejecución de un plan de vereda con el fin de optimizar la transitabilidad peatonal complementándola con un plan de arborización.
- ❖ Lograr una eficiente red de drenaje evitando futuros anegamientos.

1.9) Fuentes

Bibliografía

- Wikipedia (2.018). Enlace:
https://es.wikipedia.org/wiki/Gran_Resistencia
https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_del_Chaco
- Instituto Nacional de Estadística y censos. República Argentina. Enlace:
<https://www.indec.gob.ar/>
- Municipalidad de Resistencia (2.018). Código de planeamiento urbano del Gran Resistencia. Enlace:
ftp://ftp.justiciachaco.gov.ar/biblioteca/MUNICIPALIDAD%20RESISTENCIA/MUNICIPALIDAD%20PLANEAMIENTO%20URBANO/codplaneamiento_urbano.PDF
- Departamento de estadística de la Jefatura de policía de la provincia del Chaco (2.018). Datos de accidentes.
- Observatorio nacional de datos de transporte (2.018). Crecimiento del parque automotor en la provincia del Chaco. Enlace:
<http://www.ondat.fra.utn.edu.ar/>



CAPÍTULO 2

TRÁNSITO

2.1) Generalidades

La configuración de un camino está influenciada por dos factores, uno de ellos son las características del terreno circundante a la traza del mismo y el otro el tránsito que deberá soportar. Cuando el tránsito no sea de considerable magnitud el diseño estará enfocado en gran medida por el primer factor; ahora bien, cuando se cuente con un intenso flujo vehicular el estudio estará centrado en el análisis del tránsito, debiéndose realizar el conteo o aforo de vehículos para luego determinar las características y las solicitaciones que estos producen.

Básicamente el estudio del tránsito sirve en la planificación, diseño y operación de tráfico en las calles, autopistas y carreteras con el fin de obtener una infraestructura eficiente para el flujo vehicular obtenido, y así poder asegurar una adecuada relación entre los diferentes medios de transporte consiguiendo un traslado seguro, eficiente y conveniente tanto para las personas como las mercaderías.

Para estudiar el comportamiento y las características del tránsito se deberá estudiar los elementos del flujo vehicular para así poder determinar los requisitos básicos para el planeamiento, proyecto y operación de las vías de circulación y sus obras complementarias dentro del sistema de transporte.

El flujo vehicular está representado por tres variables, *flujo de tránsito o intensidad, velocidad y densidad*.

❖ *Flujo de tránsito o intensidad*

a) *Flujo continuo*: hace referencia al flujo, en el cual el vehículo que va transitando por la vía se ve obligado a detenerse por razones inherentes al tránsito. Las calles que poseen las características de flujo continuo, no tienen elementos externos a la corriente de tránsito como ser los semáforos que puedan interrumpir el mismo. Cuando se tiene un camino con estas condiciones, las características de operación de los vehículos que por él circula son el resultado de la intersección entre los vehículos existentes en la corriente de tránsito y entre los vehículos y las características geométricas y del medio ambiente.

Básicamente el flujo continuo es la circulación de vehículos donde no existen intersecciones con semáforos o con las señales de pare.

b) *Flujo discontinuo*: es el flujo característico de las calles donde las interrupciones son frecuentes, por ejemplo, los controles de tránsito, intersecciones con semáforo, pasos peatonales etc. Los caminos que poseen flujo discontinuo tienen elementos fijos que interrumpen la corriente vehicular, estos elementos incluyen semáforos, señales de pare, y cualquier otro dispositivo de control que origine la detención periódica de los vehículos (o la disminución significativa de la velocidad) independientemente de los volúmenes de tránsito existentes.



❖ **Velocidad**

El término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo.

❖ **Densidad**

Como tercera variable básica para caracterizar un flujo vehicular tenemos a la densidad, también conocida como ocupación vial. Representa el número de vehículos que se encuentran en un cierto momento en un tramo de una vía, calzada o carril. Se expresa en vehículos por kilómetro.

2.2) Estudio del tránsito

Todo proyecto vial se define en función del tránsito que tendrá durante su periodo de vida útil. Los volúmenes, composición, distribución, tasa de crecimiento y velocidad del tránsito en conjunto con la topografía permiten determinar la categoría del proyecto y las variables que intervienen en el diseño geométrico.

El volumen de tránsito es un parámetro muy significativo que representa el número de vehículos que atraviesan un tramo dado de un carril o calzada durante un lapso de tiempo determinado. Esta información que brindan los censos vehiculares evidencia los problemas de la vía, representando un factor fundamental en el diseño geométrico y estructural de un camino, en la planificación vial, como así también tareas de mantenimiento para la determinación de acciones preventivas no estructurales referidas a la seguridad vial.

Por medio del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA), representamos la cantidad de vehículos/días totales en ambos sentidos de circulación, que transitan por una determinada sección de camino.

La composición del tránsito, indica la participación en cantidad o porcentaje de los diferentes tipos de vehículos que integran un determinado volumen de tránsito. Este último deberá analizarse ya que no es constante, debiendo conocerse sus variaciones de flujo.

2.2.1) Metodología

La metodología adoptada para obtener un adecuado diseño geométrico se basa, en primera medida, en llevar a cabo un estudio que permita determinar la demanda de tránsito esperada a futuro, para lo cual se tendrá que establecer un tránsito de diseño y su proyección teniendo en cuenta la tasa de crecimiento. Esto nos permitirá diseñar el paquete estructural, el ancho de la calzada, adoptar el número de carriles, diseñar los ciclos de los dispositivos de control, elaborar un plan de mantenimiento, etc.

Por lo tanto, el tránsito medio diario anual, será el parámetro que definirá el volumen para dimensionar la infraestructura. El volumen de tránsito que circulará durante la vida en servicio de la obra está en función del TMDA, de la tasa de crecimiento y de los años de vida útil que tendrá la obra.

2.2.2) Mediciones

En el tramo de estudio, se determinará y clasificará el flujo de tránsito mediante, contadores electrónicos del modelo SDR traffic y un censo volumétrico de clasificación manual (ver anexo capítulo 2).

a) Contadores electrónicos (SDR traffic)

Estos elementos electrónicos fueron provistos por la Dirección de Vialidad Provincial del Chaco (DVP). Los mismos fueron colocados en puntos representativos del tramo en cuestión (figuras 2.1 y 2.2) para obtener información del tránsito actual: Av. Castelli n° 1850 y Av. Castelli n°5700.



Figura 2.1. Ubicación de contadores y censos manuales. (Fuente: elaboración propia.)



Figura 2.2. Ubicación de contadores y censos manuales. (Fuente: elaboración propia.)

El sistema de conteo electrónico empleado, denominado SDR traffic (figura 2.3), tiene incorporado un sensor de microondas que mediante el efecto doppler permite cuantificar, clasificar y determinar la velocidad del vehículo pasante por la zona de detección.



Figura 2.3. Contador SDR traffic+ (Fuente: DataCollect.)

Los dispositivos estuvieron emplazados en lugares estratégicos, recopilando información durante 24 horas seguidas devolviendo resultados en intervalos de 60 minutos, obteniendo: tipo y cantidad de vehículos, clasificándolos motovehículos (motos), autos y pick ups (livianos), camiones y colectivos (pesados). Dicha información se visualiza en un formato de planilla, en la que se observa el número de vehículos en un cierto lapso de tiempo (tabla 2.1). El sistema también detecta el sentido de circulación y lo referencia según el tramo en donde se encuentra realizando el conteo, esto nos permite obtener el flujo vehicular ascendente y descendente, a partir de la dirección entrante o saliente del tramo en estudio.

Tabla 2.1. Información resultante por el contador electrónico.
(Fuente: Dirección de Vialidad Provincial del Chaco.)

Longitud clases [L en m]

AvUrqaAvChaco				
Tiempo	Σ	Motos	Livianos	Pesados
00:00-05:59	803	361	420	22
06:00-12:59	5814	2245	3335	234
13:00-15:59	1754	470	1222	62
16:00-23:59	5347	1551	3618	178
00:00-24:00	13743	4634	8612	497

Se registra la velocidad de cada vehículo y configurando previamente algunos parámetros de velocidad, el software del equipo electrónico confecciona una tabla con valores de velocidades máxima, mínima, promedio, 85 percentil (tabla 2.2).

Tabla 2.2. Velocidades según el sentido de circulación.
(Fuente: Dirección de Vialidad Provincial del Chaco.)

Cifras de velocidad [V en km/h]

	Vmin	Vmax	Vavg	V15	V50	V85	Vexc %
AvUrqaAvChaco	8	111	48	38	47	58	11.0



A través de la información recopilada, elaborará una gráfica que refleja la fluctuación de tránsito a lo largo del día (figura 2.4) siendo de vital importancia para estudiar el comportamiento de la vía.

Tiempo Curva de Variación

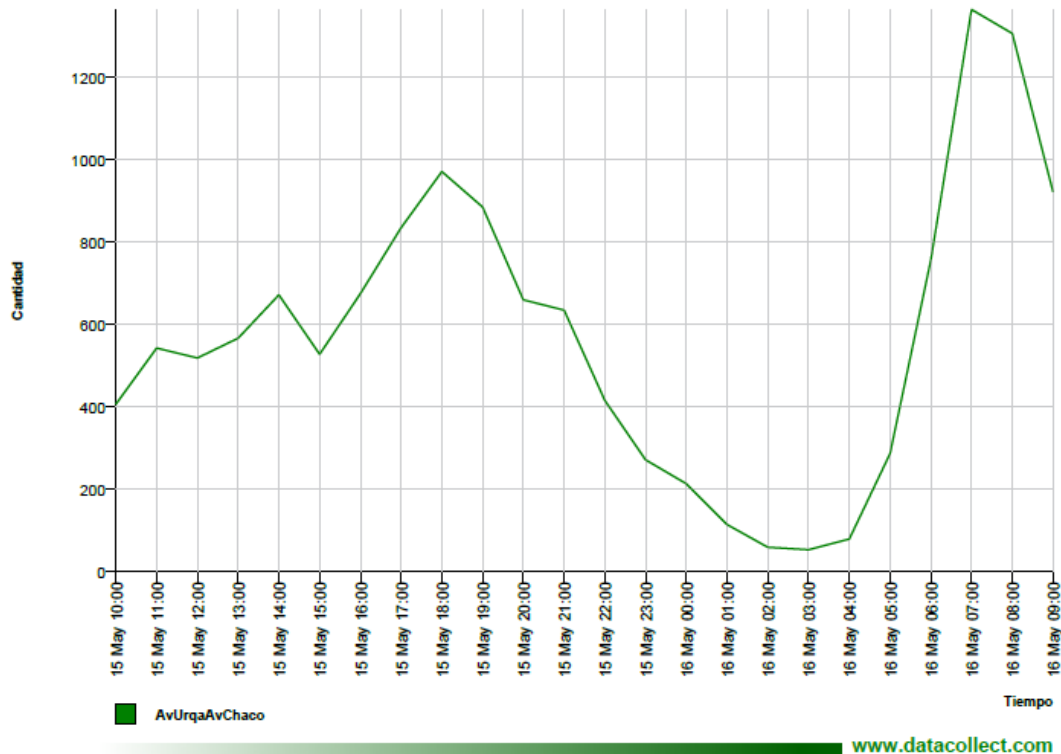


Figura 2.4. Curva representativa de la variación del flujo de vehículos.
(Fuente: Dirección de Vialidad Provincial del Chaco.)

b) Censo volumétrico y de clasificación manual

El conteo manual de vehículos se realizó en la intersección de la Av. Castelli y Urquiza (figura 2.5) considerándose como punto de interés para el estudio.

El aforo se llevó a cabo en diversas franjas horarias a efectos de tener un mejor conocimiento de la variación del tránsito a lo largo del día, como así también obtener el volumen horario pico. Este censo sirvió para constatar los datos brindados por el contador electrónico provisto por la DVP, ya que el mismo podría manifestar errores al estar ubicado cercano a las intersecciones semaforizadas, asociando las motos y los vehículos próximos entre sí, a un móvil de mayor porte.

Se cuantificó un importante número de infracciones, entre ellas la de no respetar los tiempos los semáforos en la intersección.

Teniendo en cuenta la distribución horaria de vehículos extraídos del contador, se identificaron tres franjas horarias para la posible realización del conteo manual en la intersección de las av. Castelli y Urquiza, las cuales fueron entre las 6:00 – 9:00, 11:00 – 13:00 y el intervalo de las 18:00 – 20:00 horas.

El procedimiento para el conteo y posterior clasificación, dada la complicada situación de la intersección elegida, consistió en grabar mediante dispositivos móviles en archivos de video y luego proceder a la clasificación degrabandolos en un procesador portátil (PC).

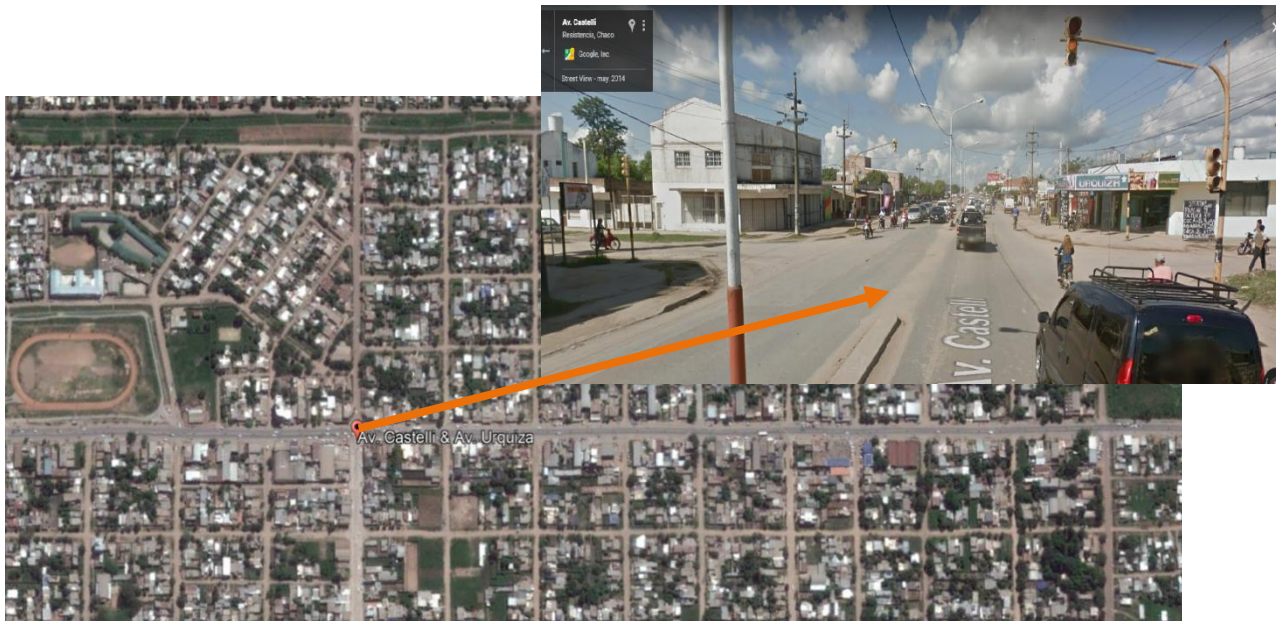


Figura 2.5. Intersección aforada manualmente. (Fuente: Google Earth.)

2.3) Determinación del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA)

2.3.1) TMDA existente

Con todos los datos obtenidos en el apartado anterior, se puede estimar el tránsito medio diario anual (TMDA) existente, y posteriormente se puede analizar la existencia de tránsito derivado, inducido y generado si correspondiese.

Los contadores electrónicos provistos por DVP arrojaron los siguientes valores (tabla 2.3):

Tabla 2.3. Flujos ascendentes y descendentes en vehículos por día, según los contadores electrónicos provistos por DVP. (Fuente: elaboración propia.)

Tramo de estudio (5km)	Barranqueras		Resistencia	
	Av. Arribalzaga - Av. Mosconi (3km)		Av. Chaco - Av. Arribalzaga (2km)	
	Flujo Ascendente	Flujo descendente	Flujo Ascendente	Flujo descendente
	4323	4178	13743	17245
TD	8501		30988	

Como el estudio presente comprende a las ciudades de Resistencia y Barranqueras podemos definir dos tránsitos diarios (TD), donde existe una disminución del orden del 75% del volumen de vehículos, respecto al volumen que transita la zona de "Resistencia". Es decir que la cantidad de vehículos que circulan por la zona de Resistencia disminuye un 75 % al atravesar la ciudad portuaria. Por lo tanto, el TD existente en la vía queda definido por:

$$TD (R) = 30.988\text{veh/d}$$

$$TD (B) = 8.501 \text{ veh/d}$$

El contador 1 se ubicó entre las calles Goitia y Parodi (figura 2.6).



Figura 2.6. Flujos ascendentes y descendentes en Resistencia, según contadores electrónicos.
(Fuente: Google maps y elaboración propia.)

El contador 2 se ubicó en las inmediaciones de la Av. Mosconi sobre av. Castellí frente al actual depósito de la petrolera YPF (figura 2.7).



Figura 2.7. Flujos ascendentes y descendentes en Barranqueras, según contadores electrónicos.
(Fuente: Google maps y elaboración propia.)

Para establecer el TMDA existente, lo definimos a partir del máximo flujo diario constatado en los contadores electrónicos (tablas 2.4 y 2.5).



Tabla 2.4. Flujos Ascendentes en tramo Resistencia, según contadores electrónicos.
(Fuente: elaboración propia.)

Av Chaco - Av Urquiza				
Horario	Σ	Motos	Livianos	Pesados
0 a 6	1199	539	627	33
6 a 13	5639	2177	3235	227
13 a 16	2576	690	1795	91
16 a 0	7831	2271	5299	261
Total	17245	5677	10956	612

Tabla 2.5. Flujos descendentes en tramo Resistencia, según contadores electrónicos.
(Fuente: elaboración propia.)

Av Urquiza - Av Chaco				
Horario	Σ	Motos	Livianos	Pesados
0 a 6	812	364	423	25
6 a 13	5821	2245	3339	237
13 a 16	1762	475	1225	62
16 a 0	5348	1551	3618	179
Total	13743	4635	8605	503

Así mismo para el tramo que atraviesa la ciudad de Barranqueras, además del aforo realizado por el contador electrónico, en el extremo intersección con Av. Mosconi, que entendemos arroja un valor mínimo, se realizó un aforo manual de una hora, en horario pico en la intersección con Av. Arribáizaga (si bien la intersección mencionada corresponde al municipio de Resistencia, lo consideramos el extremo del tramo denominado "Barranqueras") con el cual se ajustara el TMDA existente en este tramo.

Los resultados de los aforos manuales se pueden ver en el anexo del capítulo 2.

Un cuadro resumen con los valores antes mencionados se plasman en la tabla 2.6.

Tabla 2.6. Resumen de aforo intersección Av. Arribáizaga (Fuente: elaboración propia.)

Total adoptado			
Tramo	Motos	Livianos	Pesados
Barranqueras (av. Arribalzáaga)	471	535	40
	236	535	40
Total	811		

Con el resultado del aforo manual obtenemos el volumen horario pico (VHP) y para la estimación del TMDA en la intersección con la Av. Arribáizaga, se tendrá en cuenta la expresión empleada en el "HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2010" (Manual de Capacidad):

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



Donde:

VHP= Volumen de Hora Pico o Volumen horario de diseño.

K= % del TMDA que pasa durante la hora pico.

TMD: Tránsito medio diario Anual.

Se toma el valor de $K = 0,08$ considerando las recomendaciones del “Manual de carreteras de Blazquez&García” basado en el manual de capacidad, entonces para la intersección con Av. Arribálzaga obtendremos:

$$TMDA (Inter. Arribalzagaga) = \frac{VHP}{K} = \frac{811 \text{ veh/h}}{0,08} = 10.137 \text{ veh/d}$$

Realizando el mismo análisis con respecto a los motovehiculos, para el extremo de la intersección con Av. Mosconi (tabla 2.7), obtenemos:

Tabla 2.7. Resumen de aforos electrónicos intersección Av. Mosconi
(Fuente: elaboración propia.)

Total adoptado				
Tramo	Sentido	Motos	Livianos	Pesados
Barranqueras (av. Mosconi)	Ascendente	412	3680	231
	Descendente	555	3276	347
	Combinando Motos	484	6956	578
Total		8018		

Mediante un promedio directo definimos el TMDA del tramo Barranqueras; obtenemos como TMDA existente para los diferentes tramos los siguientes valores:

TMDA (Resistencia) = 31.000 veh/d

TMDA (Barranqueras) = 9.000 veh/d

2.3.2) Determinación del TMDA derivado, generado, e inducido

- **Tránsito derivado:** *es el tránsito que deja de utilizar otras alternativas de rutas para utilizar la ruta de proyecto.*

En obras de rehabilitación se estima como un porcentaje del tránsito existente, que *puede llegar a ser del 100% cuando se trata de una obra en que se pavimenta un camino de tierra.*

El tránsito derivado es aquel que opta por circular por la vía rehabilitada y no por las vías que lo venía haciendo por cuestiones económicas, básicamente disminuyendo gastos de combustible, tiempo, deterioro del vehículo por deformaciones en la calzada, etc. En nuestro caso la Av. Soberanía Nacional es la vía de interés más próxima que podría derivar tránsito sobre nuestro tramo de estudio. Teniendo en cuenta que las vías que conectan la mencionada avenida con la Av. Castelli carecen de infraestructura alguna, consideramos que los usuarios no intentarían llegar a destino por medio de nuestra vía, sino adelantarse por Soberanía Nacional y conectarse a la av. Castelli por una calle o avenida en mejores condiciones, siendo la primera de ellas la av. Chaco que es el límite de nuestro tramo. Por lo mencionado el tránsito derivado, se considerará nulo.

Tránsito Derivado = 0 veh/d

- **Tránsito generado:** *es el que se produce como efecto de la mejora, al producirse asentamientos industriales, agroindustriales, agropecuarios, subdivisión de la tierra, etc.*

A través de un relevamiento realizado en zonas aledañas al proyecto, se pudo evidenciar sectores a poblarse como se observa en la figura 2.8. Estos pueden ser urbanizados y explotados según el código de planeamiento urbano de Barranqueras (figura 2.9).



Figura 2.8. Futuras zonas a urbanizar. (Fuente: Google Earth – elaboración propia.)

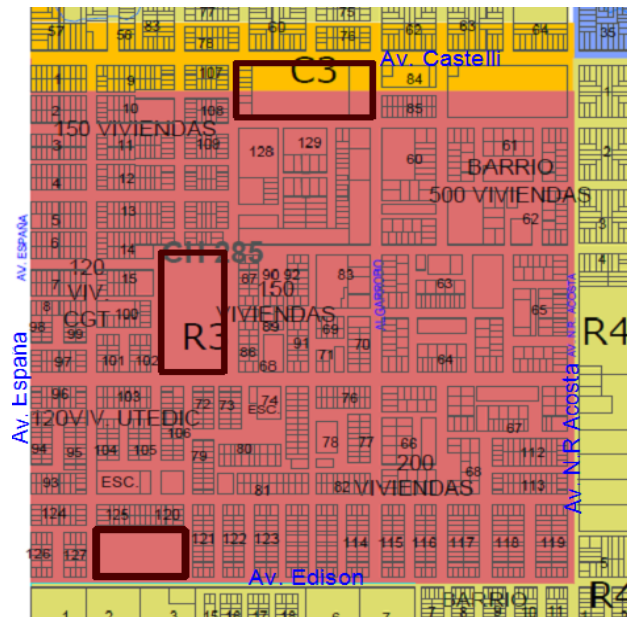


Figura 2.9. Código de planeamiento urbano de Barranqueras.
(Fuente: Municipalidad de Barranqueras.)

Estimación del tránsito generado

Para el cálculo se estimó 10 casas por cuadra, con lo cual tendríamos 40 viviendas por manzana (1 hectárea). Los espacios marcados suman la siguiente superficie:

$$1,82 \text{ ha} + 3,26 \text{ ha} + 3,24 \text{ ha} = 8,30 \text{ ha}$$

Se obtiene un total aproximado de 320 viviendas y se considera que en cada familia poseen un vehículo.

$$\text{Cantidad de vehiculos} = 320 \text{ vehiculos}$$

Se estima que los usuarios se trasladan de sus hogares a su lugar de trabajo y de vuelta 2 veces al día, con lo cual se obtiene un total de:

$$320 \text{ vehiculos} * 4/\text{día} = 1280 \text{ veh/d.}$$

Finalmente concluimos que:

$$\text{Tránsito generado} = 1280 \text{ veh/d}$$

- **Tránsito inducido:** es aquel que produce viajes motivados por la mejora, y que si no hubiera la mejora esos viajes no se realizarían.

Se debe tener en cuenta que la avenida Castelli se presenta como principal vía troncal este – oeste, además este tránsito no está influenciado solamente por los costos, sino por motivos de diversa índole como ser: personales, de apreciación de paisaje, costumbre, por detenciones en el viaje para



realizar compras, etc. Podemos decir, que una mejora sobre la vía no dará lugar a tránsito inducido, ya que es la única vía de esta categoría, y una mejora solo atendería a los usuarios existentes.

Por tal motivo consideramos el tránsito inducido nulo.

$$\text{Tránsito inducido} = 0 \text{ veh/d}$$

En la tabla 2.8 puede observarse los valores de los distintos TMDA calculados.

Tabla 2.8. Tabla resumen de los TMDA calculados. (Fuente: elaboración propia.)

Tabla resumen del TMDA (Veh/d)				
Tramo	Existente	Derivado	Generado	Inducido
Resistencia	31.000	0	1280	0
Barranqueras	9.000	0	1280	0

2.3.3) Tasa de crecimiento

Para su determinación nos basaremos en dos metodologías de cálculo, concluyendo posteriormente en un único valor para la proyección y el diseño final.

Estas metodologías consisten en:

- Un estudio socio económico de la región.
- El estudio del crecimiento del tránsito medio diario anual.

a) Estudio socio económico

Este método de análisis propuesto por el Ing. Horacio R. Vallejos en su libro “Elaboración de un proyecto vial, tomo 1: Planeamiento, 2.012” para proyectos de vías de comunicación rurales, se basa en estudiar el crecimiento de diversos indicadores socio-económicos de series históricas. Estos parámetros son:

- ~ Población
- ~ Parque automotor
- ~ TMDA
- ~ Consumo de combustible
- ~ Producción

Al tratarse de una obra en rehabilitación se utilizaron los porcentajes de la segunda columna de la tabla 2.9 y luego ponderando las tasas de los crecimientos individuales de cada parámetro, se obtendrá la tasa de crecimiento final.



Tabla 2.9. Porcentaje de ponderación. (Fuente: Ing. Vallejos, Horacio R. 2.012.)

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

La tasa de crecimiento individual se calcula a partir de una serie estadística:

$$ri = \left(\frac{rf}{ro}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

ri = tasa de crecimiento individual

rf = último dato de la serie

ro = primer dato de la serie

n = n° de años de la serie

Se analizarán las series históricas en función de los datos de la provincia del Chaco, debido a que, en el área de influencia del tramo en estudio, no se cuenta con datos estadísticos de los respectivos parámetros a ser evaluados.

- Tasa de crecimiento poblacional**

La determinación de la tasa de crecimiento individual en función de la población, se obtiene mediante los datos censales realizados por el INDEC, desde los años 1960 a 2010, en el Área Metropolitana del Gran Resistencia (tabla 2.10).

Tabla 2.10. Evolución demográfica del AMGR. (Fuente: INDEC.)

COMPONENTE	CENSO 1960	CENSO 1970	CENSO 1980	CENSO 1991	CENSO 2001	CENSO 2010
Resistencia	sin datos	sin datos	174.419	229.212	274.490	290.723
Barranqueras	sin datos	sin datos	21.900	42.572	50.738	54.698
Fontana	sin datos	sin datos	7.303	14.436	26.745	32.027
Puerto Vilelas	sin datos	sin datos	4.604	6.067	7.617	8.278
Total	108.287	142.848	208.226	292.287	359.590	385.726

Se observa que la provincia del Chaco ha atravesado en estos últimos años una aceleración en el ritmo de urbanización, aumentando considerablemente su densidad poblacional. Para determinar la tasa se tiene en cuenta los censos de los años 1960 y 2010, teniendo un registro estadístico de 50 años.

Mediante la fórmula propuesta:

$$rp = \left(\frac{pf}{p0}\right)^{\left(\frac{1}{n}\right)} - 1 = \left(\frac{385.726}{108.287}\right)^{\left(\frac{1}{50}\right)} - 1 = \mathbf{2,58\%}$$



- **Tasa de crecimiento según parque automotor**

Se obtiene mediante los registros de patentamiento vehicular en la provincia del Chaco, el cual aumentó significativamente en los últimos años como consecuencia del incremento poblacional.

Se analiza la serie histórica del año 2.005 al 2.015 (tabla 2.11) para obtener la tasa de crecimiento individual del parque automotor.

Tabla 2.11. 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	2015
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	276.266
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	2.626
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	13.620
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	s/d
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	441.311

Obtenemos:

$$ra = \left(\frac{af}{a0}\right)^{\left(\frac{1}{n}\right)} - 1 = \left(\frac{13.620}{5.257}\right)^{\left(\frac{1}{11}\right)} - 1 = 9,03\%$$

- **Tasa de crecimiento según el TMDA**

Para la determinación del crecimiento en función del TMDA, se analiza la serie histórica obtenida de la DNV del acceso a Barranqueras intersección con el acceso a Resistencia (ubicada a 10 kilómetros aproximadamente de la zona en estudio) ya que dentro del AMGR no se cuenta con una estación permanente, estos datos censales se ven reflejados en la tabla 2.12.

Tabla 2.12. Serie histórica de la estación permanente: ACC. a Barranqueras - ACC.a Resistencia.
(Fuente: DNV – elaboración propia.)

ESTACION PERMANENTE- ACC.A BARRANQUERAS - ACC.A RESISTENCIA (I)											
AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TMDA	13.000	13.500	13.900	14.300	14.350	15.600	16.500	17.400	17.900	18.844	20.146

$$r_{TMDA} = \left(\frac{TMDA_f}{TMDA_i}\right)^{\left(\frac{1}{n}\right)} - 1 = \left(\frac{20.146}{13000}\right)^{\left(\frac{1}{11}\right)} - 1 = 4,06\%$$



- **Tasa de crecimiento según el consumo de combustible**

Se analiza el consumo en m³ de combustible de la serie histórica comprendida entre los años 2.003 al 2015 en la provincia del Chaco (tabla 2.13).

Tabla 2.13. 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	2015
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	276.266
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	2.626
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	13.620
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	s/d
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	441.311

$$rc = \left(\frac{cf}{c0}\right)^{\left(\frac{1}{n}\right)} - 1 = \left(\frac{441.311}{224.941}\right)^{\left(\frac{1}{13}\right)} - 1 = \mathbf{5,32\%}$$

- **Tasa de crecimiento de la producción**

La tasa de crecimiento individual de la producción se la estima a partir del promedio de las tasas de crecimiento de la ganadería, actividad agrícola y forestal, en base a la serie historia entre los años 2.003 al 2.014 (Tabla 2.14).

- **Ganadería**

La producción ganadera se obtiene de la sumatoria del stock bobino y caprino.

$$r_{prod_f} = 2.610 + 480 = 3.090$$

$$r_{prod_o} = 2.578 + 320 = 2.898$$

$$r_{prod_G} = \left(\frac{3.090}{2.898}\right)^{\left(\frac{1}{5}\right)} - 1 = \mathbf{1,30\%}$$

- **Agrícola**

La producción agrícola se obtiene de la sumatoria de la producción de algodón, soja, girasol y sorgo.

$$r_{prod_f} = 485 + 1.385 + 158 + 473 = 2.501$$

$$r_{prod_o} = 106 + 1.606 + 501 + 144 = 2.357$$

$$r_{prod_A} = \left(\frac{2.501}{2.357}\right)^{\left(\frac{1}{12}\right)} - 1 = \mathbf{0,50\%}$$



- Forestal

La producción forestal está comprendida por la producción de leña de bosque, rollizos de bosque, postes de bosque nativo, carbón y tanino.

$$r_{prod_f} = 690 + 375 + 9 + 313 + 48 = 1.435$$

$$r_{prod_o} = 716 + 418 + 34 + 204 + 41 = 1.413$$

$$r_{prod_F} = \left(\frac{1.435}{1.413} \right)^{\left(\frac{1}{11} \right)} - 1 = 0,15\%$$

Tasa de crecimiento promedio de la producción

$$r_{prod} = \frac{(1,30 + 0,50 + 0,15)}{3} = 0,65\%$$

Tabla 2.14. Indicadores de la 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
Stock bovino	miles de cab.	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
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
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

- Determinación final de la tasa de crecimiento

Una vez obtenido cada uno de los valores anteriores se prosigue a determinar la tasa de crecimiento ponderada para una obra de rehabilitación (tabla 2.15).

Tabla 2.15. Tasa de crecimiento para una obra de rehabilitación. (Fuente: elaboración propia.)

Parametros	Obra rehabilitada	Tasa individual	Tasa ponderada(%)
Poblacion	10% rp	2,58%	0,26
Parque automotor	15% ra	9,03%	1,35
Combustible	15% rc	5,32%	0,80
TMDA	50% tmda	4,06%	2,03
Produccion	10% rprod	0,65%	0,07
Total ri (%)			4,51



b) Tasa de crecimiento según el estudio del tránsito medio diario anual.

A modo de comparar con el método anterior, este se centra únicamente en considerar el TMDA para la determinación de la tasa de crecimiento, ya que se considera que dicho parámetro es el de mayor influencia en el tránsito.

Para este análisis se requiere de una estación permanente dentro del área metropolitana del gran Resistencia, pero ante la ausencia del mismo se optó por considerar la más cercana, es decir la estación permanente ubicada en el acceso a Barranqueras, a 10 kilómetros de la zona de nuestro estudio (tabla 2.16).

Tabla 2.16. Tasa de crecimiento según TMDA. (Fuente: DNV – elaboración propia.)

ESTACION PERMANENTE- ACC.A BARRANQUERAS - ACC.A RESISTENCIA (I)											
AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TMDA	13.000	13.500	13.900	14.300	14.350	15.600	16.500	17.400	17.900	18.844	20.146

$$r_{TMDA} = \left(\frac{TMDA_f}{TMDA_i} \right)^{\left(\frac{1}{n} \right)} - 1 = \left(\frac{20.146}{13000} \right)^{\left(\frac{1}{11} \right)} - 1 = 4,06\%$$

Conclusión a cerca de la tasa de crecimiento estimada

A nivel de anteproyecto, desconociendo las características de la zona, se podría utilizar el resultado de cualquiera de las dos metodologías antes vistas para determinar la tasa final de crecimiento r_i (%), quedando a criterio del proyectista decidir cuál valor es el que más se ajusta al proyecto.

En la primera metodología propuesta por el Ing. Vallejos se tiene en cuenta diversos parámetros socio económicos, los mismos deberían ser evaluados en zonas adyacentes al tramo, pero al carecer de dicha información se toma los valores a nivel provincial, lo cual se estaría sobreestimando la tasa de crecimiento.

En la segunda solamente es de consideración el TMDA, con lo cual se estarían obviando algunos parámetros intervinientes que modifican la tasa de crecimiento.

Finalmente se adopta el valor de la tasa de crecimiento del segundo método, aunque por la insuficiencia de espacio físico de la zona de estudio apta para el crecimiento poblacional, consideramos que este valor debería ser aún menor, así entonces poniéndonos del lado de la seguridad a efectos de determinar un diseño geométrico y el paquete estructural.

$$\text{Tasa de crecimiento } (r_{i\%}) = 4,00\%$$



2.3.4) Determinación del TMDA de diseño

Para el tramo situado en las inmediaciones al territorio de la ciudad Resistencia, debemos entender que el TMDA existente antes mencionado, no discrimina a las motocicletas las cuales hacen crecer desmesuradamente su valor, el cual deberá usarse posteriormente para el diseño tanto geométrico como estructural.

Observando el número de motovehículos (≈ 9.000 unidades diarias en ambos sentidos), en la práctica vial para proyectos, se considera 2 motovehículos = 1 vehículo liviano. Con este criterio ajustamos el tránsito diario para definir un TMDA para el tramo "Resistencia". También para este tramo hacemos una diferenciación o discriminación en la clasificación del tránsito ya que una alternativa de proyecto es la posibilidad de desagregar este tipo de tránsito en un carril exclusivo.

Habiendo mencionado esto, podemos resumir los valores de TMDA existente como lo muestra la tabla 2.17:

Tabla 2.17. Clasificación del tránsito, tramo Resistencia. (Fuente: elaboración propia.)

TMDA (Veh/d)				
Tramo	Pesados	Livianos	Motovehículos	Total
Resistencia	1.000	21.000	9.000	31.000

Así mismo para el tramo que atraviesa la ciudad de Barranqueras, un cuadro resumen con los valores antes mencionados con una clasificación por tipo de vehículos se plasman en la tabla 5, donde posteriormente calculamos el TMDA equivalente.

Estimando para los periodos de estudio, construcción y habilitación de la obra un periodo de dos años, el año inicial se trasladaría al año 2.020. Con la expresión siguiente obtenemos el TMDA inicial:

$$TMDA_{año_{2020}} = TMDA_{existente_{2018}} * (1 + r)^n$$

Para el tramo "Resistencia" obtenemos el siguiente valor:

$$TMDA_{año_{2020}} = 26.000 \text{ veh/día} * (1 + 0,04)^2 = \mathbf{28.121 \text{ veh/d}}$$

Para el Tramo "Barranqueras"

$$TMDA_{año_{2020}} = 9.000 \text{ veh/día} * (1 + 0,04)^2 = \mathbf{9.734 \text{ veh/d}}$$

Para la determinación del TMDA final, en base a la elección de una estructura de pavimento tipo "rígido" de hormigón, la vida útil de diseño oscila entre 20 y 30 años, donde obtendremos los siguientes valores (tabla 2.18):



Tabla 2.18. TMDA final para distintos valores de años de vida útil.
(Fuente: elaboración propia.)

Vida útil (años)	TMDA final (veh/d)	
	Resistencia	Barranqueras
20	61.617	20.101
25	74.966	24.456
30	91.208	29.755

En base a estos valores obtenidos, el valor considerado para TMDA de diseño se considerará igual al promedio simple de los mismos, ya que la obra será requerida por un volumen menor al inicio y alcanzará estos valores al final de la vida útil, y utilizar el valor mayor caería en un sobredimensionamiento excesivo (tabla 2.19)

Tabla 2.19. TMDA diseño teórico para distintos valores de años de vida útil.
(Fuente: elaboración propia.)

Vida útil (años)	TMDA de diseño teórico (veh/d)	
	Resistencia	Barranqueras
20	44.869	14.638
25	51.543	16.815
30	59.664	19.464

En el capítulo 4 se estudiarán alternativas de diseño geométrico donde se calculará la capacidad de la vía y podrá definirse un TMDA de diseño real aplicable.

2.4) Análisis de accidentes

Atendiendo a la seguridad de los usuarios que utilicen la vía propuesta, en el estudio es importante determinar el número de accidentes que se registraron en el último año en toda la extensión del tramo estudiado, su ubicación y la magnitud de las mismas para posteriormente tomar medidas preventivas a efectos de minimizar futuras colisiones.

2.4.1) Relevamiento de siniestros

Desde la jefatura de Policía del Chaco y la policía caminera provincial, fueron proporcionados los registros de siniestros viales del tramo en estudio, con los cuales se elaboró un resumen de las colisiones sobre la avenida Castelli (tabla 2.20).

Se contabilizaron en el registro un total de 231 colisiones en el año 2.017, de los cuales 203 fueron considerados leves con daños materiales, 25 fueron considerados graves con lesionados y 3 sucesos gravísimos con muerte de alguno de los accidentados. (ver anexo del capítulo 2)



Se puede constatar el elevado número de accidentes que ocurren en el tramo, donde se suceden aproximadamente 2 siniestros cada 3 días y cabe destacar la importante participación de los motovehículos en la totalidad de los mismos (figura 2.10), siendo el caso más común, con el 45% del total, la situación donde colisionan un automóvil con un motovehículo, y a continuación le sigue el caso de 2 motovehículos entre sí con un 23% y en conjunto alcanzan el 68% del total (para una información más detallada ver anexo del capítulo 2)

Tabla 2.20. Colisiones registradas en el tramo de Av. Castelli entre Av. Chaco y Mosconi.
Distribución temporal y clasificación por tipo de intervinientes.
(Fuente: Policía del Chaco - elaboración propia.)

MES	N° EVENTOS	(A) - Auto-Auto	(B) - Moto-Moto	(D) - Auto-Moto	(C) - Un solo	Total
Enero	18	1	4	10	3	18
Febrero	24	6	5	6	7	24
Marzo	24	4	1	15	4	24
Abril	14	4	2	6	2	14
Mayo	14	1	3	7	3	14
Junio	19	3	2	10	4	19
Julio	15	4	4	6	1	15
Agosto	24	4	10	7	3	24
Septiembre	22	2	9	10	1	22
Octubre	21	1	5	13	2	21
Noviembre	15	0	4	7	4	15
Diciembre	21	0	5	6	10	21
TOTAL	231	30	54	103	44	231
Porcentaje		12,99	23,38	44,59	19,05	100

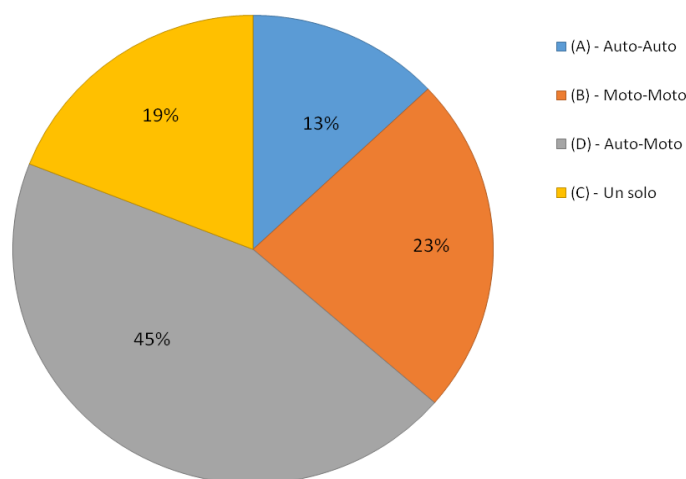


Figura. 2.10 Distribución de colisiones según porte de vehículos intervinientes.
(Fuente: Policía del Chaco - elaboración propia.)



2.4.2) Determinación de indicadores de seguridad vial

Desde la Dirección Nacional de Observatorio Vial perteneciente al Ministerio de Interior y Transporte de la Nación, proponen un conjunto de indicadores, de nivel local y global, con la finalidad de establecer una forma de descripción de la situación de seguridad de una vía, poder comparar la evolución de la misma con el paso del tiempo y así mismo comparar tramos de distinta ubicación.

Esta dirección propone 3 indicadores principales, reconocidos mundialmente y son los utilizados para comparar el estado de accidentalidad de un país a otro.

Estos son:

- **Ip_{at}** (*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.

$$IPAT = \frac{1.000.000 * N}{TPD * 365 * L}$$

- **Ip_{av}** (*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.

$$IPAV = \frac{1.000.000 * N_v}{TPD * 365 * L}$$

- **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.

$$IS = \frac{1.000.000 * [(9 * AF) + (1,5 * AS) + ASimple]}{TPD * 365 * L}$$

Donde:

N = Número de accidentes

N_v = Número de accidentes con víctimas = AF + AS

AF = Accidentes fatales

AS = Accidentes serios

ASimp = Accidentes simples

TPD = Tráfico promedio diario (veh/día)

L = Longitud del tramo (km)



Para el presente trabajo se dividió al tramo en estudio y se clasificaron los siniestros viales en base a su severidad (tabla 2.21) para el posterior cálculo de los indicadores antes mencionados (tabla 2.22).

Tabla 2.21. Distribución y clasificación de eventos en el tramo en estudio.
(Fuente: Policía del Chaco - elaboración propia.)

Tramo	Eventos ocurridos			
	Simples	Severos	Con Fallecidos	Totales
Av. Chaco - Av. España (Resistencia)	171	14	1	186
Av. España - Av. Mosconi (Barranqueras)	32	11	2	45
Total	203	25	3	231

Tabla 2.22. Indicadores de siniestralidad. (Fuente: elaboración propia.)

Tramo	Longitud (km)	Indicadores		
		IPAT	IPAV	IS
Av. Chaco - Av. España (Resistencia)	3	5,66	0,46	6,12
Av. España - Av. Mosconi (Barranqueras)	2	2,05	0,59	3,04

Estos indicadores principalmente fueron generados para utilizarse en tramos rurales, y con algunas modificaciones pueden ajustarse para tramos urbanos.

Desde la Dirección Nacional de Observatorio Vial en su publicación "**Relevamiento de indicadores estadísticos en materia de Seguridad Vial en Argentina, consignando autor y entes que utilizan cada uno**" podemos citar

"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"*

En base a estos criterios, podemos definir que ambos tramos pueden considerarse críticos, a pesar de superar solamente a 2 criterios, lo hacen en una proporción muy superior al valor base y demandarán un estudio pormenorizado a la hora del diseño de los elementos pertinentes a la seguridad de la vía.



2.5) Conclusiones

La seguridad vial, como se mencionó en el capítulo 1, depende de la íntima interacción de 3 factores primordiales, **la infraestructura** de la vía, las **condiciones ambientales o factores externos** y principalmente del **factor humano**. Especialmente este último factor se ve fuertemente condicionado por los otros 2 y los accidentes de tránsito en su mayoría se deben a negligencias de los conductores, ya sea por falta de pericia en la manipulación de los vehículos, desatención al entorno y/o diversas infracciones a las normas preestablecidas.

No obstante, una infraestructura inadecuada o insuficiente, promueven o acrecientan las condiciones para las causales de siniestros viales.

En función de los datos y la información expuesta, podemos concluir que el tramo de la Av. Castelli estudiado, se encuentra en la necesidad de un rediseño, tanto geométrico para cumplimentar una opción de viaje cómoda y económica, como de componentes de seguridad que promuevan la disminución del riesgo de sufrir accidentes.

2.6) Fuentes

Bibliografía

- Dirección de Vialidad Provincial del Chaco (2.018). Provisión de contadores electrónicos.
- Ing. H. R. Vallejos (2.012). Elaboración de un proyecto vial, tomo 1: Planeamiento.
- Departamento de estadística de la Jefatura de policía de la provincia del Chaco (2.018) y policía caminera. Datos de accidentes.
- Dirección Nacional de Vialidad (2.018). Transito Medio Diario Anual. Enlace: http://transito.vialidad.gov.ar:8080/SelCE_WEB/intro.html



CAPÍTULO 3

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y TOPOGRAFÍA

3.1) Estudios Geotécnicos

3.1.1) Información general

Nos referimos a estudios geotécnicos al conjunto de actividades que permiten obtener la información geológica y geotécnica de los suelos, con el objeto de determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesarios para definir el tipo y condiciones de cimentación para una futura construcción.

La mecánica de suelos estudia las propiedades físicas y comportamientos de las masas de suelos sometidas a varios tipos de esfuerzos.

Resistencia y características del suelo

La respuesta mecánica del suelo, en conjunto con las sollicitaciones causadas por el tránsito, son las variables más importantes que se deben tener en cuenta para establecer el tipo de paquete y dimensiones del paquete estructural del pavimento, ya sea este rígido o flexible.

Para ello surge la necesidad de caracterizar mecánicamente al suelo a efectos de poder conseguir la mayor estabilización posible, de tal manera que las tensiones se transmitan de forma uniforme y decrezcan progresivamente con la profundidad, y no se produzcan importantes asentamientos o incluso el colapso, local o general de la estructura.

Una de las propiedades más importantes a determinar es la capacidad portante del suelo, la cual se define como la carga que éste es capaz de soportar sin que se produzcan asentamientos excesivos.

El ensayo más empleado para inferir esta propiedad, es el ensayo de valor soporte relativo V.S.R o más conocido como CBR (California Bearing Ratio). Este factor, puede ser obtenido mediante ensayo de laboratorio o mediante correlaciones aplicando diversas fórmulas empíricas que tratan de relacionar el valor del CBR con diversos parámetros relativos a las propiedades plásticas del suelo.

Siendo algunas de ellas las fórmulas de Trocchi y la de Peltier:

$$CBR = \frac{(22 - IG) * \frac{D}{1,45}}{1 + \frac{LL*LP}{750}} \quad \text{Trocchi} \qquad CBR = \frac{4250}{LL * IP} \quad \text{Peltier}$$

Dónde:

LL: límite líquido

IP: índice de plasticidad del suelo

D: densidad seca máxima obtenida mediante el ensayo Proctor normal.

IG: índice de grupo del suelo



3.1.2) Antecedentes

La zona de Resistencia se encuentra en uno de los principales valles de inundación del Río Paraná y Río Negro, en la mayoría de su extensión está formada por arcillas plásticas de variada plasticidad en niveles superficiales, hasta encontrar estratos más profundos de suelos limosos y arenosos.

Para determinar los tipos de suelo y sus características, se cuenta con estudios de suelos, que fueron provistos por el Dpto. de Geociencias de la UNNE y por Estudio Sigma SRL (ver anexo del capítulo 3).

La ubicación de estos estudios puede observarse en la figura 3.1, los cuales fueron realizados en:

- Avenida Castelli y Tatané (Barranqueras). Destino: obra "Escuela primaria Juan Domingo Perón 954".
- Av. Castelli y calle Dr. Ramírez. Destino: Dpto. de Mecánica de la UNNE
- Barrio "La Rubita", inmediaciones de Av Edison 3600. Destino: Proyecto de desagües cloacales.

Esta información recopilada fue considerada válida y suficiente para el nivel de anteproyecto.

Debiera ser responsabilidad por parte del proyectista a futuro, realizar los sondeos necesarios a su criterio, para así tener una mayor precisión a la hora del diseño definitivo del pavimento.

Para ambos estudios las muestras fueron extraídas por el método de barreno, para su posterior clasificación en laboratorio. En los mismos informes también se obtuvieron los resultados de los ensayos de penetración estándar (SPT) hasta una profundidad de 6 metros.

Para la clasificación se adoptó el método del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el sistema de la A.A.S.H.O. Highway Research Board (HRB).

Un resumen de los estudios antes mencionados se puede observar en la tabla 3.1. Los estudios completos se detallan en el anexo del capítulo 3.

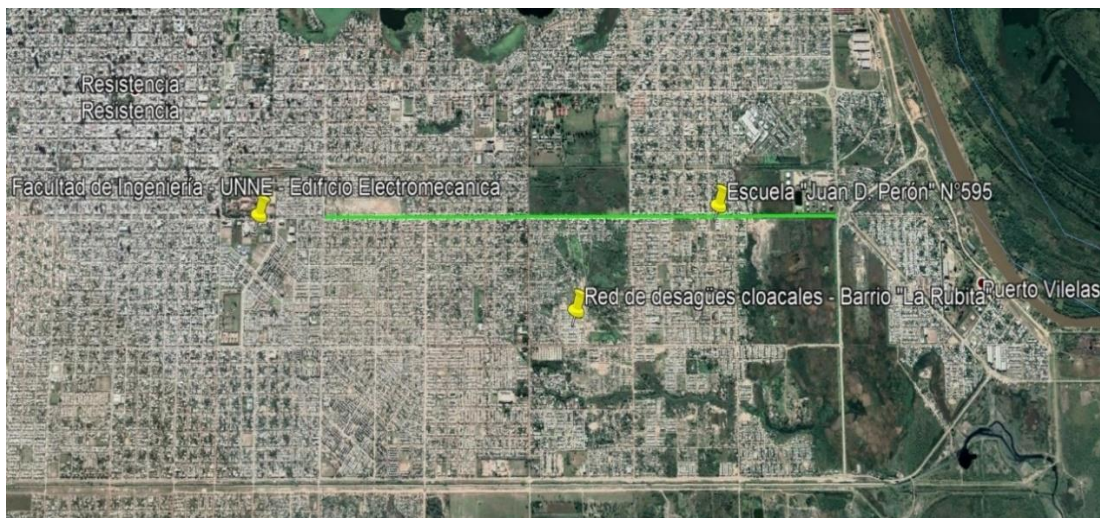


Figura 3.1. Ubicación de la extracción de muestras de suelos.
(Fuente: elaboración propia y Google Earth, año 2.018.)



Tabla 3.1. Resumen de los estudios de suelo. (Fuente: elaboración propia.)

Parámetro	Prof.	Punto 1 Dpto Mecánica Facultad de Ingeniería	Punto 2 Barrio Rubita	Punto 3 Escuela Barranqueras
Wn (%)	Hasta 1,10m	15	20	25
LP		20	16	19
LL		33 - 50	30	35
IP		19	16	15
P#200 (%)		92	70 - 80	88
HRB (IG)		A - 7 - 6 (*)	(A - 6) -- (A - 7 - 6)	(A - 6) -- (A - 7 - 6)
SUCS		CL	CL (con presencia de ML)	CL
Descripción		Arcilla a Arcilla Limosa - media plasticidad	Arcillas de plasticidad baja y algunos rastros de Limos y escombros	Arcilla de Plasticidad Baja a Media
Wn	Hasta 2,50 m	16	20	24
LP		44	17	17
LL		22	31	30
IP		22	16	17
P#200		92	75	40 - 60
HRB (IG)		A - 7 - 6 (*)	A6	(A - 6) -- (A - 4)
SUCS		CL	CL	CL -- SM
Descripción		Arcilla c/ toscas - media plasticidad	Arcillas de plasticidad baja y algunos rastros de Limos y Arcillas Arenosas	Arcilla de Plasticidad Baja y Arenas limosas
Wn	Hasta 3,50 m	23	26	22
LP		14	-	-
LL		17 - 29	-	-
IP		6 - 11 (*)	-	-
P#200		65 - 98	20	7
HRB (IG)		(A - 6) -- (A - 4)	A - 2 - 4	(A3) -- (A4)
SUCS		CL - ML	SM	SP-SM
Descripción		Arcilla a Arcilla Limosa - baja plasticidad	Arena Limosa	Arenas Limosas mal graduadas

Según la información anterior se puede apreciar que los suelos más desfavorables y que predominan al nivel de la subrasante son las arcillas y limos de mediana a alta plasticidad, clasificándose por el sistema HRB en A-7-6 y A-6. Estos suelos son predominantes en nuestra zona de estudio y alrededores, correspondiéndole un valor de CBR entre 2 a 4.

Los mismos presentan complicaciones de estabilidad frente a cambios de humedad, disminuyendo su capacidad portante y por ende sin tratamiento afectarían a una futura superestructura. Estos también pueden presentar consistencia variable, alta plasticidad y elevados valores de límite líquido con lo cual se pueden generar variaciones volumétricas.



En el estrato que alcanza los 2,5 metros, los suelos del tipo A-6 tienen mayor presencia que los A-7-6, y a continuación empiezan a encontrarse algunos rastros del tipo A-4 los cuales presentan una compacidad media.

3.1.3) Correlaciones

Anteriormente se partió de la premisa, que a nivel de anteproyecto se considerara válido aceptar los resultados otorgados por la empresa Estudio Sigma SRL, pero debiera ser responsabilidad del proyectista realizar los ensayos pertinentes a efectos de poder determinar el valor soporte a nivel de la subrasante, mediante un ensayo normalizado de penetración en conjunto con la obtención de los valores de hinchamiento.

La capacidad portante del suelo se la puede obtener también mediante correlaciones en función de los parámetros plásticos del suelo como ser los límites plástico y líquido.

Haciendo uso de la correlación del Dr. Ruiz (tabla 3.2), el cual tiene en cuenta los parámetros que intervienen en la determinación del Índice de Grupo y mediante resultados experimentales, es posible vincular el CBR con el Índice de Grupo mediante la siguiente tabla:

Tabla 3.2. 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

Según los estudios de suelos obtenidos se observa que el suelo predominante a lo largo de la traza en estudio, según la clasificación H.R.B es el A-7-6 con valores de índice de grupo que oscilan entre 15 y 25, cuyos valores de CBR in situ se encontrarían por debajo de 5% según la tabla 3.2. El de comportamiento mecánico de estos suelos es malo según tabla 3.

Haciendo uso de la correlación del Dr. Ruiz se adoptó un valor de CBR del 3%, estos suelos se los considera malos desde el punto de vista vial, por lo cual deberán ser sometidos a un tratamiento físico-químico, siendo el más recomendado por distintos autores y/o reparticiones el estabilizado con cal, más conocido como, suelo-cal.



3.1.4) Suelo mejorado con cal

Un suelo mejorado con cal se refiere a una mezcla íntima de suelo, cal y agua, que compactada a alta densidad se transforma, por la acción de la cal, en un material fuerte y durable con buena resistencia a compresión y flexión, manteniéndose estas propiedades a través del tiempo.

El pliego de especificaciones técnicas de la Dirección Nacional de Vialidad, recomienda que el suelo a nivel de la subrasante debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- CBR mayor o igual a 3%
- Hinchamiento menor o igual a 2,5%
- Índice de plasticidad menor a 25

Si bien el suelo característico de la zona presenta un CBR aproximado del 3%, un índice de plasticidad en el entorno de los 15 % a 25%, será necesario agregar un cierto contenido de cal para su estabilización al mismo. El contenido de cal útil vial (CUV) recomendado por la DNV es mayor al 3%, referido al peso de suelo seco.

Esto mejora las características físicas del suelo, reduciendo su plasticidad y los cambios volumétricos susceptibles al agua, mejorando su capacidad soporte.

La determinación de la cal útil vial es de aplicación específicamente para las estabilizaciones de suelo con cal, permitiendo dosificar acertadamente en base a porcentajes de CUV en vez de porcentajes de cal comercial (CC), cuyos valores de CUV pueden ser muy variados.

3.1.5) Resumen Geotécnico

Se consideró válido adoptar la información brindada por la empresa “Estudio Sigma SRL”, el cual arrojó como resultado que, a una profundidad de hasta 1,50 metros, se encuentra un suelo arcilloso a limo arcilloso de mediana plasticidad, con un índice plástico de alrededor de 20, el mismo es considerado no apto para uso vial.

Estos suelos expansivos tienen como mayor inconveniente presentar significativas variaciones volumétricas, susceptibles al contenido de agua, ante esta situación será necesario modificar las propiedades de dichos suelos agregándole un 3% de cal útil vial a efectos de mejorar las características del mismo.



3.2) Topografía

3.2.1) Generalidades

La provincia del Chaco se halla ubicada en una llanura continua, con muy pocos accidentes geográficos, forma parte de la gran llanura chaco-pampeana que va desde el Paraguay hasta la provincia de Buenos Aires. El terreno es poco inclinado; presenta una pendiente que decrece en dirección noroeste-sudeste y se alza a unos 145 metros sobre el nivel del mar en Taco Pozo, su límite occidental, y ya unos 50 metros en Barranqueras, cerca de Resistencia, en el área oriental.

Los estudios topográficos servirán de ayuda para el desarrollo de planos del terreno, comprendiendo así de manera parcial el relieve de la superficie terrestre.

Esta información permitirá contar con puntos de referencia para el replanteo de la obra y ayudará a comprender el drenaje de la cuenca urbana.

3.2.2) Recopilación de datos e información existente

En el proceso de recopilación de datos existentes y trabajos de nivelación se obtuvieron los siguientes:

- * Plan director de desagües pluviales - SAMEEP
- * Estudio de los desagües pluviales del sector sur de la ciudad de Resistencia (año 1.995) - Dpto. de Hidráulica UNNE.
- * Relevamiento de campo – Elaboración propia.

3.2.3) Trabajo de campo

Para el trabajo de campo se realizó una poligonal abierta, mediante una nivelación de ida, partiendo de un punto fijo existente (O.S.N) ubicado en la actual "Escuela Nº 675" de Resistencia, Chaco, en la intersección las avenidas Chaco y Castelli, realizando un cierre parcial en un punto fijo de la red de la APA en la intersección de av. Castelli y Nicolás Rojas Acosta, completando los 5 kilómetros del tramo, hasta la avenida Mosconi.

El sentido de trabajo fue desde la Av. Chaco hasta la Av. Mosconi (NO – SE), sobre la "zona de camino" de la actual Av. Castelli. Se realizaron perfiles transversales de la calzada actual en puntos de interés, como el cruce de avenidas importantes y cambios abruptos en la topografía.

Se empleó para este trabajo el Nivel óptico automático "BOIF AL1 28" y los elementos de medición altimétrica (figuras 3.2, 3.3 y 3.4) perteneciente al Departamento de Vías de Comunicación de la Facultad de Ingeniería.



Figura 3.2. Elementos para medición alimétrica. Nivel óptico BOIF, trípode, regla y cinta métrica con alcance de 30 m. (Fuente: elaboración propia.)



Figura 3.3. Nivelación de puntos.
(Fuente: elaboración propia.)



Figura 3.4. Ubicación de la regla en el punto fijo de OSN de la "Escuela N° 675"
(Fuente: elaboración propia.)

Debemos mencionar que las cotas finales adoptadas para la nivelación, están referidas al cero IGN (ex IGM)

Durante la nivelación se registraron 300 puntos de interés, los cuales incluyen cotas de bordes de calle, eje de avenida (sobre nivel de pavimento), cunetas de calles secundarias, veredas, umbrales y algunos centro de calle en calles secundarias que interceptan a la av. Castelli.

En el anexo del capítulo 3 se adjunta planillas con la totalidad de los puntos relevados, confeccionándose los planos planialtimétricos y de secciones transversales (planos N° 2,3,4,5,6,7,8 y 9).

3.2.4) Características topográficas del tramo en estudio

Tomando como origen la intersección de la línea municipal de la Av. Chaco con el eje de la av. Castelli, la traza estudiada presenta pendientes parciales, de variados valores, en tramos desiguales, como se puede ver en la tabla 3.3, las cotas extremas, distancia entre tramos y la correspondiente pendiente. Cabe destacar que, en el ancho de 7,00m de la calzada, el eje central cuenta con un desnivel transversal de 0,14m respecto a los bordes de calzada.



Tabla 3.3. Cotas y pendientes de diferentes tramos de la traza en estudio.
(Fuente: elaboración propia.)

Interseccion	Cota (IGN)	Longitud de tramo (m)	Desnivel (m)	Pendiente (‰)
Av. Chaco	49,940			
Calle Delfino Dominguez	49,770	820,00	0,170	0,207
Calle Roger Ballet	49,840	956,00	-0,070	-0,073
Av. Linch Arribalzaga	49,650	236,00	0,190	0,805
Av. España	49,875	991,00	-0,225	-0,227
Av. Nicolas Rojas Acosta	48,955	1011,00	0,920	0,910
Estacion de Bombeo	48,865	151,00	0,090	0,596
Av. Mosconi	49,260	750,00	-0,395	-0,527

Como puede observarse las pendientes longitudinales, se aproximan en cierta medida a la pendiente regional de 0,30‰, alternándose pendientes inclinadas hacia la Av. Mosconi y hacia la Av. Chaco, formándose pequeños cuencos en los puntos relativos bajos.

En las cercanías de la traza actual podemos encontrar una zona que se encuentra aproximadamente en un mismo nivel que la Av. Castelli, y a la altura de la calle Castelán, las inmediaciones comienzan a adquirir un desnivel más pronunciado alcanzando los 0,50m a 0,70m de desnivel en menos de 20m.

Este descenso de nivel se mantiene hasta el actual predio del Ejército Argentino Delegación Resistencia, siendo localmente una de las zonas más bajas, situación que se ve desmejorada teniendo en cuenta que las actuales vías de ferrocarril poseen un nivel más elevado que la Av. Castelli, conformando una depresión, que resultará de interés para el capítulo 7, donde se tratará la hidrología de la zona.

El tramo de la avenida que recorre la localidad de Barranqueras, desde Av. España presenta un declive más importante que los antecesores, y entre calle Sauce y Timbo presenta un brusco descenso de los umbrales a mano derecha, aproximadamente 1m en menos de 50cm de distancia, a partir de esta última, el descenso de nivel de la Av. Castelli, alcanza a suavizar el desnivel con el umbral derecho, hasta igualarse en la Av. Nicolás Rojas Acosta, continuando un descenso más moderado hasta la actual estación de bombeo de líquidos cloacales, donde una alcantarilla atraviesa la avenida.

3.3) Fuentes

Bibliografía

- Ing. R.E. Livingston (2.001). Departamento de vías de comunicación – Facultad de Ingeniería –UNNE
- Braja M. Das (2.011). Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones. México
- J.F Brevia Garcia, L Bañon Blazquez (2.000). Manual de Capacidad de Carreteras: Elementos de proyecto.



CAPÍTULO 4

DISEÑO GEOMÉTRICO

4.1) Generalidades

El diseño geométrico de una obra vial comprende un proceso por el cual se deben adoptar un conjunto de medidas para satisfacer una necesidad funcional, de seguridad y/o de estética, relacionada con el transporte de bienes y/o personas, comprendiendo una de las etapas más difíciles de definir en un proyecto.

Para que un diseño geométrico opere de manera segura, se deberá tener en cuenta para su análisis las características del conductor, del peatón, de los vehículos y las condiciones del medio.

En esta etapa se procede al dimensionamiento de los distintos elementos físicos que la componen, como ser curvas verticales y horizontales, ancho y número de carriles, secciones transversales, intersecciones, cruces, etc.

La finalidad del diseño geométrico de la vía será permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad.

Al definir la geometría se busca diseñar una vía que reúna las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del medio, dentro del marco de la viabilidad económica.

Aspectos como la confortabilidad, comodidad, seguridad y operabilidad deben ser tomados en cuenta para que un diseño geométrico opere de manera eficiente y así tener como objetivo:

- Un flujo continuo
- Una reducción en el número accidentes
- Mínimos tiempos de demora
- Evitar la disipación del pelotón de vehículos.

A nivel de anteproyecto para el diseño geométrico, se atenderá únicamente a los parámetros más relevantes como la seguridad y comodidad, a efectos de optar por un diseño simple y uniforme, buscando la mejor funcionalidad posible para garantizar que los vehículos transiten por la vía a velocidades adecuadas, en buenas condiciones.

4.2) Metodología

Entre los factores que influyen en el diseño de una vía, se deberá definir las características geométricas de los tramos a modificar bajo las condiciones impuestas por el pliego de recomendaciones técnicas de la Dirección Nacional de Vialidad y las recomendaciones del manual de carreteras de Estados Unidos.



4.2.1) Factores influyentes en el diseño

Entre las diversas soluciones que conciernen al diseño, deberán evaluarse alternativas y seleccionar la más conveniente tanto técnica como económicamente.

La solución de un diseño geométrico depende de una serie de factores:

Factores funcionales: Estos tienen relación con el servicio para el cual la vía debe ser diseñada.

- Función que cumple la carretera.
- Volumen de tránsito inicial y futuro, su composición y características.
- Seguridad para los usuarios.
- La calidad de las estructuras existentes.
- Las características del tráfico.
- Las capacidades de la vía.
- Efectos operacionales de la geometría.
- Características de los vehículos.

Factores físicos: Son aquellos que se relacionan con las condiciones impuestas por la naturaleza en la zona del trazado.

- Relieve y condiciones topográficas
- Clima
- Geología
- Hidrología

Factores económicos o de costos: son consecuencia de la categoría de diseño adoptada para la vía.

- Es de mucha importancia considerar los factores de carácter económico, que atañen tanto al costo de la construcción de la vía como al costo de la explotación. Las minimizaciones de ambos costos en conjuntos con los parámetros anteriores proporcionarían la solución óptima al diseño.

Factores humanos y ambientales: Todo diseño debe ser realizado teniendo en cuenta las características de la comunidad a la que pretende servir y el medio ambiente en que ésta se encuentre insertada.

- Actividad de la zona de influencia.
- Aspectos ambientales.
- Los peatones.
- Las aptitudes y comportamiento de los conductores.
- Restricciones a los accesos.

4.2.2) Determinación del tipo de vía

Según su función las vías urbanas se clasifican en:

Vías expresas



- Este tipo de vías también son conocidas como autopistas, relaciona al sistema interurbano con el sistema vial urbano,
- Comunican zonas de elevada generación de tráfico, contando con grandes volúmenes de vehículos circulando a altas velocidades y con baja condiciones de accesibilidad.
- Facilitan la movilidad óptima para el tráfico directo.
- A lo largo de su extensión no se permite estacionamientos, descarga de mercaderías, ni el tránsito de peatones.
- Una de las grandes ventajas de esta vía es que el flujo es ininterrumpido porque no se realizan cruces al mismo nivel con otras vías.

Vías arteriales o troncales



- Permiten el tránsito vehicular con un tránsito casi continuo, baja accesibilidad. Deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y a su vez permitir una buena distribución del tráfico a las vías colectoras y locales.
- El estacionamiento y descarga de mercaderías está prohibido.
- Deben evitarse interrupciones en el flujo del tráfico, será conveniente coordinar las intersecciones semaforizadas a efectos de minimizar las interferencias al flujo directo.
- Los peatones deben cruzar en las intersecciones o en cruces con semáforos.
- Estas vías son usadas por todo los tipos de vehículos, permitiendo un porcentaje reducido de vehículos pesados.

Vías colectoras



- Sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en pocos casos a las vías expresas.
- El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando se empalman con vías arteriales y con señales de control como ser la señalización vertical y horizontal.
- El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes.
- Estas vías son utilizadas por todo tipo de tránsito vehicular.

Vías locales



- Su principal función es proveer accesos a los predios o lotes llevando su propio tránsito.
- Por ellas transitan vehículos livianos y semipesados, permitiendo su estacionamiento.
- El flujo peatonal no está restringido.
- Las vías locales se conectan entre ellas y con las colectoras.

4.3) Geometría actual

Planimetría y características de la vía estudiada

- **Calzada:** está destinada a la circulación de los vehículos. La avenida comprendida por dos calzadas delimitadas por un separador físico de sentidos.

$$\text{Ancho de c/calzada} = 7 \text{ m}$$

- **Separador físico:** banda longitudinal de la calzada, cerrada a la circulación rodada, que separa distintas corrientes de tránsito.

$$\text{Ancho Sf} = 0,50 \text{ m}$$

- **Número de carriles:** El número de carriles en una vía es función básicamente de la capacidad con que se quiere dotar a la misma.

$$Nc = 2 \text{ (por sentido)}$$

- **Ancho de carril:** influye en su capacidad para la circulación rodada y en la velocidad de los vehículos, por lo que ésta deberá ajustarse a los objetivos de la vía.

$$Ac = 3,5 \text{ m}$$

- **Veredas:** son bandas longitudinales laterales elevadas respecto a la calzada y reservadas para el tránsito de peatones. Con los relevamientos realizados se encontraron variaciones en su ancho de 5 a 8 metros, medidos de línea municipal al borde de calle. Cabe mencionar que en algunos sectores, gran parte de la extensión de las veredas están en un nivel inferior al de la calzada.

Las características descriptas anteriormente se pueden apreciar en la figura 4.1 y figura 4.2.



Figura 4.1. Situación actual de la geometría en Av. Castelli.
(Fuente: Google – Street View, año 2.016.)

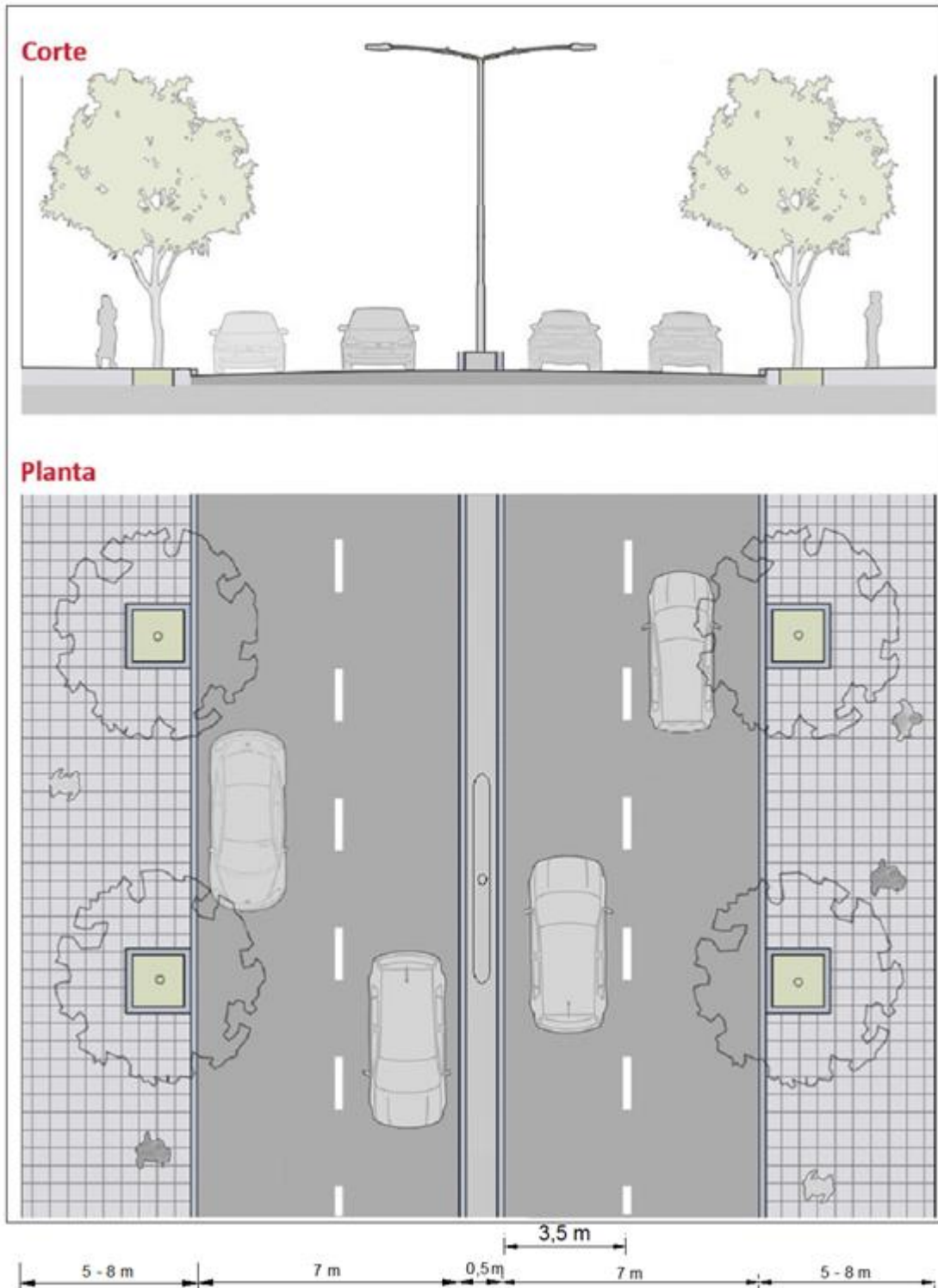


Figura.4.2. Esquema de planta y corte de av. Castelli en el tramo de estudio. Situación actual.
(Fuente: elaboración propia.)

4.4) Nivel de servicio

La demanda del camino está asociada a los vehículos que ingresan y aquellos que se alejan de la sección analizada. Es por ello que la capacidad de un camino es el elemento fundamental para evaluar un diseño geométrico.

La **capacidad** es el número máximo de vehículos que pueden pasar por un punto determinado de la vía en una o varias direcciones durante un lapso de tiempo, bajo las condiciones reinantes de diseño y de tránsito; se expresa en vehículos/hora.

Para determinarla, no solo es necesario conocer las características físicas o geométricas de la vía sino también las características de los flujos vehiculares bajo una variedad de condiciones físicas y de operación.

Para medir la calidad del flujo vehicular se emplea el concepto de **Nivel de servicio**. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular.

Estas condiciones se describen en términos de factores tales como: la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

En la práctica se manejan seis niveles de servicio para identificar las condiciones de operación de un camino, siendo estos los que se pueden ver en la tabla 4.1:

Tabla 4.1. Niveles de servicio en vías Interurbanas.
(Fuente: Manual de capacidad de carreteras.)

A	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de los vehículos es la que elige libremente cada conductor • Cuando un vehículo alcanza a otro más lento puede adelantarlo sin sufrir demora • Condiciones de circulación libre y fluida 	
B	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de los vehículos más rápidos se ve influenciada por otros vehículos • Pequeñas demoras en ciertos tramos, aunque sin llegar a formarse colas • Circulación estable a alta velocidad 	
C	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad y la libertad de maniobra se hallan más reducidas, formándose grupos • Aumento de demoras de adelantamiento • Formación de colas poco consistentes • Nivel de circulación estable 	
D	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad reducida y regulada en función de la de los vehículos precedentes • Formación de colas en puntos localizados • Dificultad para efectuar adelantamientos • Condiciones inestables de circulación 	
E	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad reducida y uniforme para todos los vehículos, del orden de 40-50 km/h • Formación de largas colas de vehículos • Imposible efectuar adelantamientos • Define la capacidad de una carretera 	
F	<ul style="list-style-type: none"> • Formación de largas y densas colas • Circulación intermitente mediante parones y arrancadas sucesivas • La circulación se realiza de forma forzada 	



De la figura anterior, se observa que el NIVEL DE SERVICIO “A” es el deseable y el NIVEL DE SERVICIO “F” es el más inconveniente, siendo el NIVEL DE SERVICIO “E” el que marca la capacidad de la vía.

4.4.1) Nivel de servicio actual

- **Zona Resistencia**

Se pretende valorar el nivel de servicio actual de la vía urbana en zona “Resistencia” empleando la teoría de multicarriles propuesta por el Manual de capacidad de carreteras:

Datos obtenidos:

Volumen horario pico = 2400 veh/h → (aforo manual)

Reparto en sentidos = 60/40

Porcentaje de camiones = 1,5%

FHP = 0,95 → de tabla 4.3

Velocidad de campaña = 40 km/h

La velocidad libre de recorrido (VL) es la que llevaría un vehículo al circular en solitario por un tramo de la vía. Se puede hallar mediante aforos en condiciones de flujo bajo o moderado de hasta 1100 vehículos/hora/carril donde permanece constante.

El manual de carreteras asocia la velocidad VL a la Velocidad de flujo real de la vía, que para nuestro caso se tomará la velocidad medida en campaña:

$$VL = 40 \text{ km/h}$$

La intensidad equivalente en vehículos ligeros se define como aquella obtenida tras aplicar los coeficientes de mayoración correspondiente a la hora pico y al porcentaje de vehículos pesados.

$$I = \frac{Q}{N * FHP * fp}$$

Donde:

I = es la intensidad equivalente en vehículos ligeros en vl/h/c

Q = es la intensidad de tráfico que circula por la sección analizada en veh/h (aforo)

N = es el número de carriles de la sección de vía analizada

FHP = es el factor de hora pico

Fp = es el factor de corrección por vehículos pesados



Para hallar la intensidad equivalente de vehículos ligeros debemos previamente hallar el factor de pesados:

$$\% \text{ Camiones} \rightarrow P_c = \frac{N^{\circ} \text{ Camiones/h}}{\text{Intensidad horaria pico}} = \frac{33 \text{ camiones/h}}{2400 \text{ veh/h}} = 0,015$$

Tabla 4.2. Tabla para la determinación del factor E_c estimar la equivalencia de vehículos ligeros (Fuente: Manual de capacidad de carreteras.)

Equivalente en ligeros para vías multicarril			
TIPO DE VEHÍCULO	TIPO DE TERRENO		
	LLANO	ONDULADO	MONTAÑOSO
E_C CAMIONES Y AUTOBUSES	1.5	3.0	6.0
E_R VEHÍCULOS DE RECREO	1.2	2.0	4.0

No existen datos acerca de vehículos de recreo (caravanas, remolques, etc.), por lo que se supondrá porcentaje nulo.

De tabla 4.2, al ser terreno llano se adopta $E_C = 1,5$ con lo que el factor de pesados será:

$$f_p = \frac{1}{1 + P_c * (E_c - 1)} = \frac{1}{1 + 0,015 * (1,5 - 1)} = 0,98$$

Para hallar el valor de la intensidad equivalente (I) debemos tener en cuenta el número de carriles ($N=4$) y el factor de reparto de tráfico entre sentidos ($R=0,60$):

$$I = \frac{Q * 2R}{N * FHP * f_p} = \frac{2400 * 2 * 0,6}{4 * 0,94 * 0,98} = 782 \frac{\text{veh}}{\text{h} * \text{carril}}$$

Como el valor de la velocidad libre de la vía está tabulado, podemos hallar el nivel de servicio cómodamente por el método analítico. Para ello calculamos la densidad:

$$D = \frac{I}{V_L} = \frac{782 \text{ veh/h}}{40 \text{ km/h}} = 19,55 \frac{\text{Veh}}{\text{km} * \text{carril}}$$

Entrando en la gráfica, de la figura 4.3, con el valor de $V=40 \text{ km/h}$ en ordenadas, y en abscisas con $I=782 \text{ veh/h/c}$, vemos que corresponde a un **Nivel de servicio D**.

Técnicamente, la vía actualmente se encuentra próxima a su capacidad, si tenemos en cuenta que no se contemplan factores de entorno, los cuales afectan a la velocidad en flujo libre (V_L) con un coeficiente variable entre 0,70 y 1,00, donde se trata de contemplar la actitud de los usuarios, estado de la vía, intersecciones, etc.



Esta corrección, $F_c=0,90$ contemplando el grado de deterioro del carril interior de ambos sentidos, nos lleva a un nivel **servicio E** (Densidad > 21,1 veh/h/carril)

$$D = \frac{I}{V_L} = \frac{782 \text{ veh/h}}{40 \text{ km/h} * 0,90} = 21,72 \frac{\text{veh}}{\text{km} * \text{carril}}$$

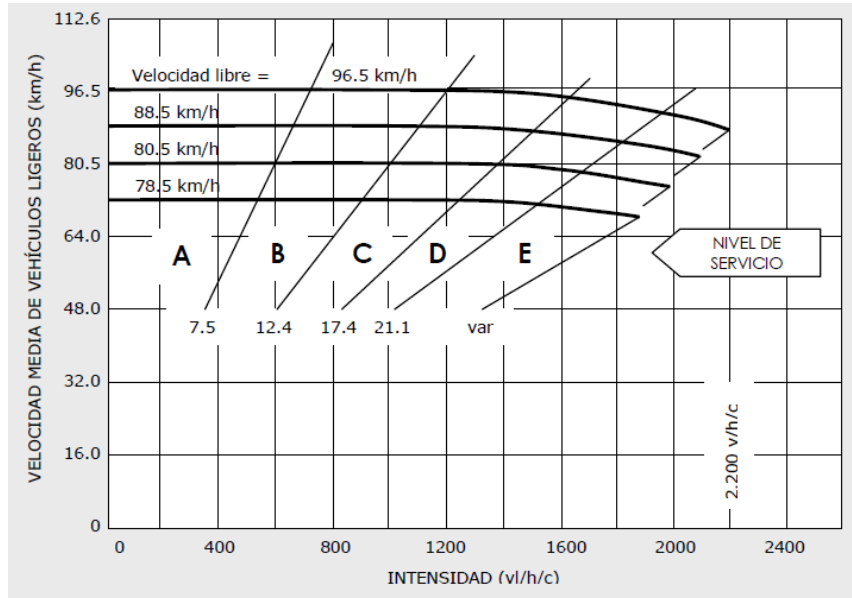


Figura 4.3. Diagrama velocidad-intensidad para carreteras multicarril.
(Fuente: Manual de capacidad de carreteras.)

- **Zona de Barranqueras**

Datos obtenidos:

Volumen horario pico = 1046 veh/h → Aforo intersección de av. Arribalza

Reparto en sentidos = 60/40

Porcentaje de camiones = 1,5% → Contador electrónico (anexo del capítulo 2)

FHP = 0,93 → de Tabla 4.3

Velocidad libre Real = $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ → Contador electrónico (anexo del capítulo 2)

Tabla 4.3. Estimación del factor de hora pico.
(Fuente: Manual de capacidad de Carreteras.)

Estimación del Factor de Hora Punta			
INTENSIDAD (veh/h)	FHP	INTENSIDAD (veh/h)	FHP
0 - 100	0.83	700 - 1.000	0.93
100 - 200	0.87	1.000 - 1.400	0.94
200 - 300	0.90	1.400 - 1.900	0.95
300 - 500	0.91	1.900 -	0.96
500 - 700	0.92		



Análogamente al procedimiento empleado para el tramo de Resistencia se calcula para la zona “Barranqueras” los siguientes parámetros:

$$f_p = 0,98$$

$$I = \frac{Q * 2R}{N * FHP * f_p} = \frac{1046 * 2 * 0,6}{4 * 0,93 * 0,98} = 345 \frac{\text{veh}}{\text{h} * \text{carril}}$$

Calculamos la densidad:

$$D = \frac{I}{V_L} = \frac{345}{50} = 6,9 \frac{\text{veh}}{\text{km} * \text{carril}}$$

La tabla 4.4 nos muestra los valores límites de cada nivel de servicio, concluyendo que la zona de Barranqueras presenta un nivel A por ser inferior a 7,5 veh/km/c, es decir que la circulación de vehículos libre y fluida.

Tabla 4.4. Niveles de servicio para carreteras multicarril.
(Fuente: Manual de capacidad de carreteras.)

NIVELES DE SERVICIO	
NS	Densidad máxima (vl/km/c)
A	7.5
B	12.4
C	17.4
D	21.1
E	28.0



4.5) Situación con proyecto

- **Zona Resistencia**

Datos obtenidos y propuestos:

Reparto de tráfico en hora pico = 60/40

Porcentaje de camiones = 1,5%

FHP = 0,94

Velocidad limite legal = 60 km/h

N = Numero de carriles por sentido = 3

La velocidad libre de recorrido (VL) es la que llevaría un vehículo al circular en solitario por un tramo de la vía. Se puede hallar mediante aforos en condiciones de flujo bajo o moderado de hasta 1400 veh/h/carril donde permanece constante.

Partiendo del límite legal de velocidad (V): En este caso, la velocidad libre se obtendrá sumando a la velocidad límite un determinado valor:

$$50 < V < 70 \text{ km/h} \rightarrow VLI = V + 11 \text{ km/h}$$

En este caso donde la velocidad libre tiene que estimarse, existen diversos condicionantes geométricos que matizan el valor final de la velocidad libre en dicho tramo, reflejados en la siguiente expresión:

$$VL = VLI - FM - FC - FDL - FPA$$

Donde:

VL: es la velocidad libre real de la vía en km/h

VLI: es la velocidad libre del tramo estimada en condiciones ideales en km/h

FM: es el factor de corrección por el tipo de mediana

FC: es el factor de corrección por la anchura del carril

FDL: es el factor de ajuste por despeje lateral

FPA: es el factor de corrección por el número de puntos de acceso al tramo.

$$VLI = 50 + 11 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 61 \text{ km/h}$$

A esta velocidad ideal deben aplicársele los factores de corrección por la geometría de la vía (figura 4.4).



Tabla 4.5. Factores de corrección de la Velocidad libre por la geometría de la vía.
(Fuente: Manual de capacidad de carreteras.)

Factores de corrección de la velocidad libre (V_L)					
MEDIANA (F_M)			CARRILES (F_A)		
TIPO DE MEDIANA	REDUCCIÓN VEL. LIBRE		ANCHO DEL CARRIL	REDUCCIÓN VEL. LIBRE	
Calzada única	2.6 km/h		3.00 m	10.62 km/h	
Calzadas separadas	0.0 km/h		3.30 m	3.06 km/h	
			3.60 m	0.00 km/h	
DESPEJE LATERAL (F_{DL})					
CUATRO CARRILES			SEIS CARRILES		
DESPEJE TOTAL	REDUCCIÓN V_L		DESPEJE TOTAL	REDUCCIÓN V_L	
3.60 m	0.00 km/h		3.60 m	0.00 km/h	
3.00 m	0.64 km/h		3.00 m	0.64 km/h	
2.40 m	1.45 km/h		2.40 m	1.45 km/h	
1.80 m	2.09 km/h		1.80 m	2.09 km/h	
1.20 m	2.90 km/h		1.20 m	2.73 km/h	
0.60 m	5.79 km/h		0.60 m	4.50 km/h	
0.00 m	8.69 km/h		0.00 m	6.28 km/h	
El despeje lateral total (DT) se calcula como la suma de los despejes laterales en el lado de la mediana (D_M) y en lado del arcén (D_A):					
$DL = D_M + D_A$					
Si cualquiera de los dos valores del despeje supera 1.80 m., se tomará 1.80 m. como valor correspondiente a dicho despeje. En consecuencia, el valor del despeje total (DT) nunca puede superar los 3,60 m.					
PUNTOS DE ACCESO (F_{PA})					
Nº ACCESOS/KM.	0.0	6.2	12.4	18.6	≥ 24.9
REDUCCIÓN V_L (km/h)	0.00	4.02	8.04	12.06	16.09
Si no se dispone de datos empíricos, puede emplearse la tabla de la derecha para hallar el nº de accesos por km en función del tipo de desarrollo territorial.		Rural		0 - 6.2	
		Suburb. baja densidad		6.2 - 12.4	
		Suburb. alta densidad		> 12.4	

- Calzada única $\rightarrow F_M = 2,6 \text{ km/h}$
- Ancho del carril: 3,35 m $\rightarrow F_C = 3,06 \text{ km/h}$
- Despeje lateral: 3,6 m $\rightarrow F_{DL} = 0 \text{ km/h}$ (Distancias a línea municipal y mediana)
- Puntos de acceso: 6,2 p/km $\rightarrow F_{PA} = 4,02 \text{ km/h}$

La velocidad libre del tramo será:

$$V_L = V_{LI} - F_M - F_C - F_{DL} - F_{PA} = 71 \frac{\text{km}}{\text{h}} - 2,6 \frac{\text{km}}{\text{h}} - 3,06 \frac{\text{km}}{\text{h}} - 0 \frac{\text{km}}{\text{h}} - 4,02 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 51,32 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$



Adoptamos para velocidad libre de proyecto teórica el valor de la velocidad límite legal, es decir:

$$V_L = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Para hallar la intensidad equivalente de vehículos ligeros debemos previamente hallar el factor de pesados, al ser terreno llano, $EC = 1,5$ (Tabla 2), con lo que el factor de pesados será:

$$fp = \frac{1}{1+Pc*(Ec-1)} = \frac{1}{1+0,015*(1,5-1)} = 0,98$$

Con el valor de la velocidad libre establecida, y con el nivel de servicio límite podemos hallar la intensidad equivalente cómodamente por el método analítico, despejando de la ecuación de densidad. Partiendo de la densidad de 21,1 veh/h/c que representa el valor final del nivel de servicio **D** e inicio del **E**, condición necesaria para la determinación de capacidad, a nivel proyecto según manual de capacidad, nos queda:

$$D = \frac{I}{V_L} \rightarrow I = D * V_L = 21,1 * 50 = 1055 \text{ veh/h/c}$$

La capacidad de la vía puede obtenerse aplicando la siguiente expresión, que no es más que una adaptación de la empleada en el cálculo de la intensidad equivalente:

$$C = cv \cdot N \cdot fp$$

Donde: cv es la capacidad por carril en función de la velocidad libre de la vía.

$$C = 1055 \text{ veh/h/c} \cdot 6 \text{ carriles} \cdot 0,98 = 6.203 \text{ veh/h}$$

Si la tasa de crecimiento anual del TMDA es del 4%, se puede estimar cuánto tiempo tardará en colapsarse la infraestructura. Ya hemos calculado la capacidad de la vía, a la que corresponde un valor de 6.203 veh/h. Esto equivale a un valor de TMDA de:

$$\text{TMDAe} = \frac{C}{K} * \text{FHP} = \frac{6.203}{0,08} * 0,95 = 73.665 \text{ veh/d}$$

La TMDA actual es de 26.000 veh/día, al momento de la habilitación de la obra llegaría a los 28.121 veh/día, con lo que aplicando la ecuación exponencial de previsión de la TMDA en función de la tasa anual, el 4%:

$$\text{TMDAe} = \text{TMDo} \cdot (1 + C)^t \rightarrow 73.665 \frac{\text{veh}}{\text{d}} = 28.121 * (1 + 0,04)^t$$

Aplicando logaritmos y despejando:

$$t = \frac{\ln(73.665) - \ln(28.121)}{\ln(1,04)} = 24,55 \text{ años} \cong 25 \text{ años}$$



• Zona Barranqueras

El análisis de la situación actual para la ciudad portuaria arrojó un valor de densidad de $6,9 \frac{veh}{km \cdot carril}$ correspondiente a un nivel de servicio A.

Análogamente al procedimiento para el tramo de Resistencia, la capacidad actual de Barranqueras se calcula con la intensidad equivalente para el nivel de servicio E, es decir:

$$I = 1055 \frac{veh}{h/c}, \text{ nos queda:}$$

$$C = 1055 \frac{veh}{h/c} \cdot 4 \text{ carriles} \cdot 0,98 = 4.135,6 \text{ veh/h}$$

Si la tasa de crecimiento anual del TMDA es del 4%, se puede estimar cuánto tiempo tardará en colapsarse la estructura. Ya hemos calculado la capacidad de la vía, a la que corresponde un valor de 7.744 veh/h. Esto equivale a un valor de TMDA de:

$$TMDAe = \frac{C}{K} * FHP = \frac{4.136}{0,08} * 0,94 = 48.598 \text{ veh/h}$$

La TMDA actual es de 9.000 veh/d, al momento de la habilitación de la obra llegaría a los 9.734 veh/d, con lo que aplicando la ecuación exponencial de previsión de la TMDA en función de la tasa anual, el 4%:

$$TMDAe = TMDo \cdot (1 + C)^t \rightarrow 48.598 \frac{veh}{h} = 9.734 * (1 + 0,04)^t$$

Aplicando logaritmos y despejando:

$$t = \frac{\ln(48.598) - \ln(9.734)}{\ln(1,04)} = 41 \text{ años}$$

Atendiendo que el tiempo necesario para alcanzar la capacidad de la vía es de 41 años, un valor superior a la vía útil de diseño propuesta, concluimos que no será necesario añadir otros carriles.

En la tabla 4.6 se puede observar un resumen de los resultados obtenidos anteriormente para la situación actual y con proyecto.

Tabla.4.6. Tablas resumen para la situación actual y esperada con proyecto de la vía.
(Fuente: elaboración propia.)

SITUACIÓN ACTUAL			SITUACIÓN CON PROYECTO		
Variables	Tramo		Variables	Tramo	
	Resistencia	Barranqueras		Resistencia	Barranqueras
Número de carriles	4	4	Número de carriles	6	4
Capacidad (Veh/h)	3.308	4.136	Capacidad (Veh/h)	6.203	4.136
Nivel de servicio	E	A	TMDA (Veh/día)	73.665	48.598
TMDA (Veh/día)	26.000	9.000	Años para alcanzar la capacidad	25	41



4.6) Geometría para proyecto

- **Características de la nueva vía**

Las secciones transversales de la vía se han dimensionado para permitir una circulación fluida y cómoda tanto para los vehículos como para los peatones (figuras 4.4 y 4.5).

Se ha propuesto:

- **Zona de camino:** definida a partir de los límites impuestos por las líneas municipales de edificación : 30 m
- **Calzada:** La avenida comprenderá dos calzadas delimitadas por un separador físico de sentidos, divididos a su vez en 3 carriles para el sector de Resistencia y de 2 carriles para Barranqueras.

$$\text{Ancho de c/calzada} = 9,7 \text{ m} \rightarrow \text{Resistencia}$$

$$\text{Ancho de c/calzada} = 6,7 \text{ m} \rightarrow \text{Barranqueras}$$

- **Separador físico de sentidos:** el ancho adoptado para ambos tramos ofrecerá descanso al peatón para cruzar la intersección. Con la colocación de árboles dentro del bulevar mejorará el paisaje urbano y la calidad ambiental, reduciendo además el impacto acústico del tráfico y la contaminación del aire.

$$\text{Ancho Sf} = 1,8 \text{ m}$$

- **Número de carriles:**

$$N_c = 3 \text{ por sentido} \rightarrow N \text{ total} = 6 \rightarrow \text{Resistencia}$$

$$N_c = 2 \text{ por sentido} \rightarrow N \text{ total} = 4 \rightarrow \text{Barranqueras}$$

- **Ancho de carriles:**

Resistencia las dimensiones son variables con la finalidad de organizar el tránsito según su porte, clasificándolos en:

- *Carril para tránsito liviano o carril lateral para livianos:* Para el tránsito de automóviles y camionetas. $\rightarrow A_c \text{ lateral l} = 3 \text{ m}$
- *Carril central para tránsito pesado de camiones.* $\rightarrow A_c \text{ central} = 3,35 \text{ m}$
- *Carril Lateral exclusivo de colectivos y motocicletas..* $\rightarrow A_c \text{ lateral e} = 3,35 \text{ m}$

Barranqueras las dimensiones de cada carril serán:

- $A_c \text{ lateral} = 3,35 \text{ m}$

- **Veredas:** las veredas tendrán un ancho de 4,4 metros medidos de línea municipal al borde de calle. En el sector de dársenas de parada de colectivo se reducirán a 3 metros medidos de borde de cordón a línea municipal.

- **Pendientes transversales:** para ambas localidades serán análogas.
 - o En calzada → $i_c = 2,5 \%$
 - o En vereda → $i_v = 2,5\%$

- **Secciones tipo**

Tramo Resistencia

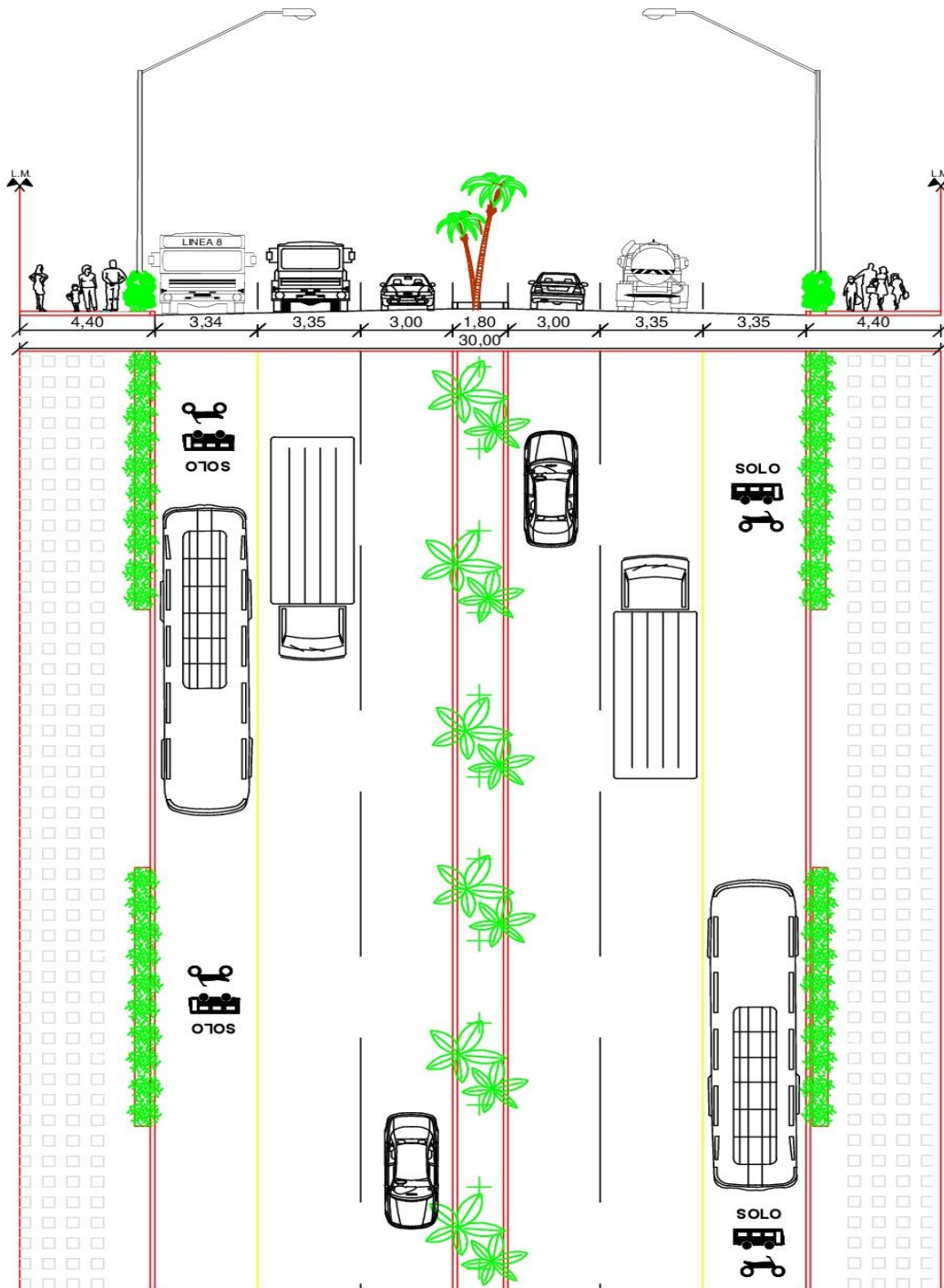


Figura 4.4. Perfil tipo para proyecto en tramo Resistencia.
(Fuente: elaboración propia.)

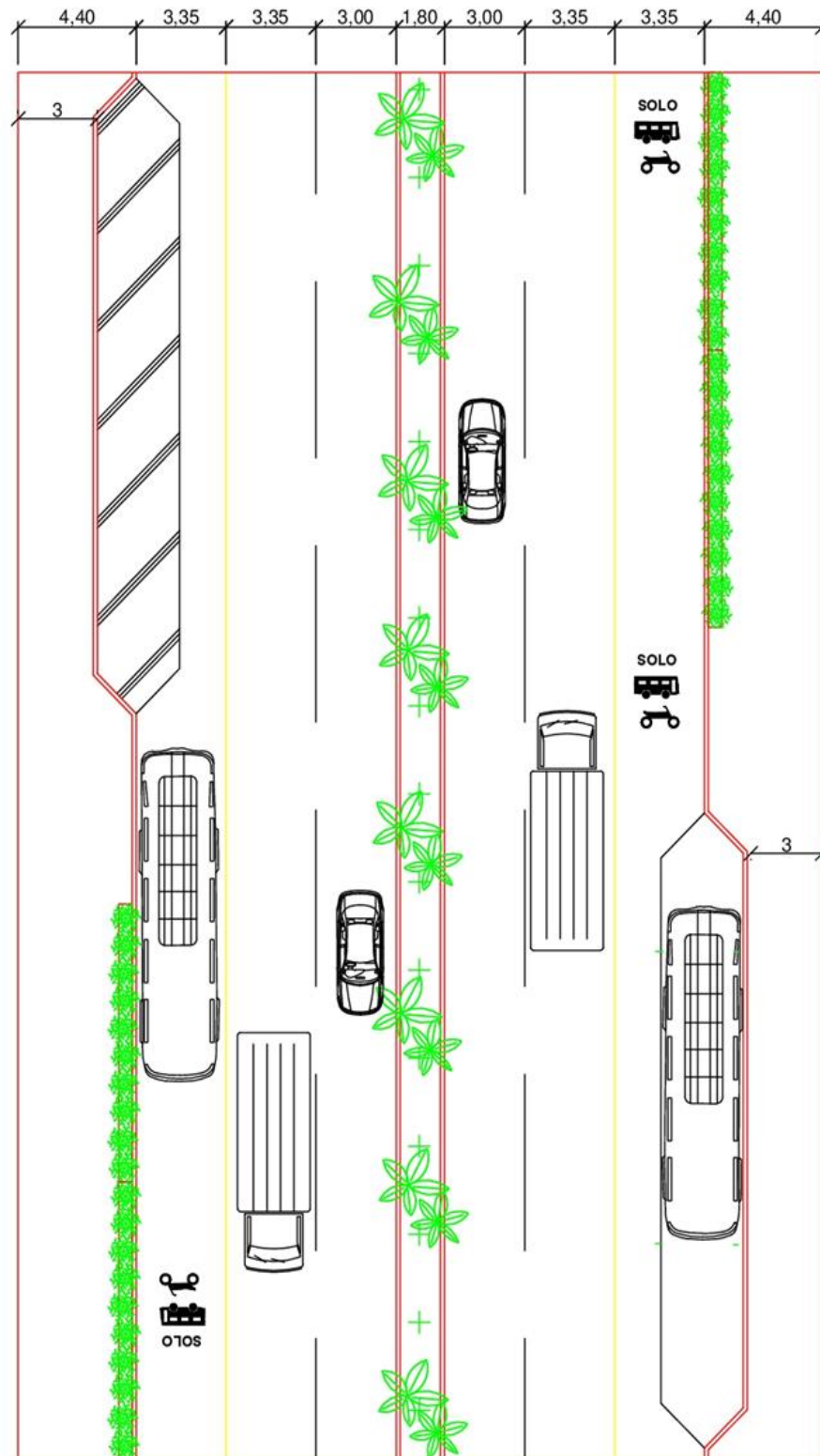


Figura 4.5. Planta tipo para proyecto en tramo Resistencia con dársenas de ómnibus.
(Fuente: elaboración propia.)

Tramo Barranqueras

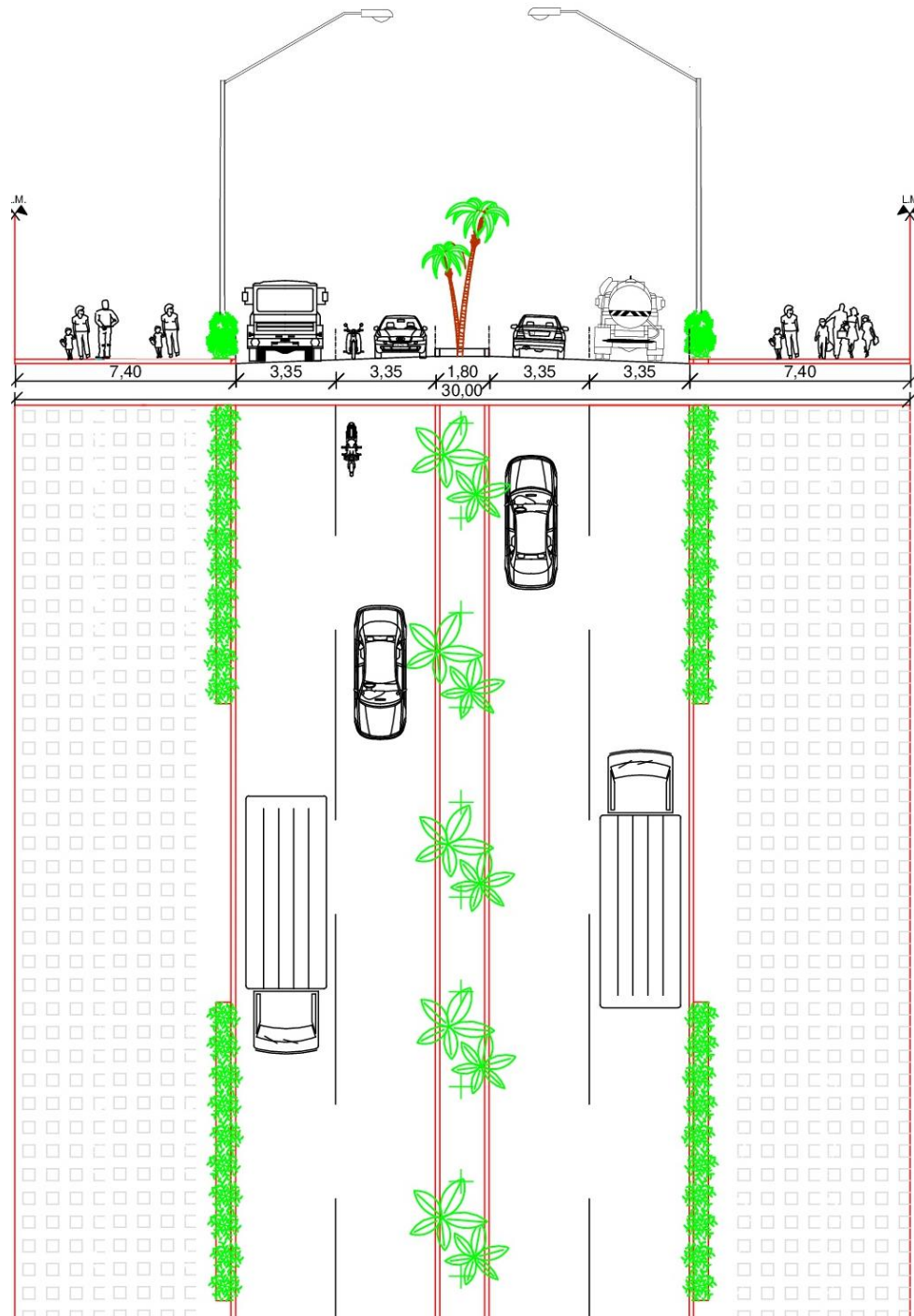


Figura 4.6. Perfil tipo para proyecto en tramo Barranqueras.

(Fuente: elaboración propia.)

Las características diseñadas para ambos tramos, se pueden observar en la planimetría de los planos n° 10 y 11, y las secciones transversales tipo en plano n°12.

- **Particularidades**

La vía estará compuesta por módulos, entendiéndose por estos a estructuras o bloques de piezas que, en una construcción, se ubican en cantidad a fin de hacerla más sencilla, regular y económica.

Llamaremos *módulo 1* al perfil transversal y longitudinal definido para Resistencia con dimensiones de entre 3 y 4 cuadras cada uno. El *módulo 2* será perfil de Barranqueras conformado por 3 cuadras cada uno. A cada módulo se incorporará una dársena de parada de ómnibus, cada 2 cuadras.

Para **Resistencia** se dispondrán de módulos de entre 3 y 4 cuadras cada uno, con un divisor central continuo hasta el encuentro la intersección que permitirá el cruce de los vehículos de las calles o avenidas que acometen a nuestra traza (figura 4.7). En la intersección de la avenida Castelli con la av. Arribálzaga se presenta el cambio de secciones del tramo (figura 4.10).

Esta geometría se adoptó para dar disminuir la cantidad de cruces, que generalmente es donde actualmente se producen la mayoría de los accidentes, además dará mayor fluidez de vehículos a la vía.

En la zona de Barranqueras se dispondrá de espacios para estacionamiento (figura 4.9).

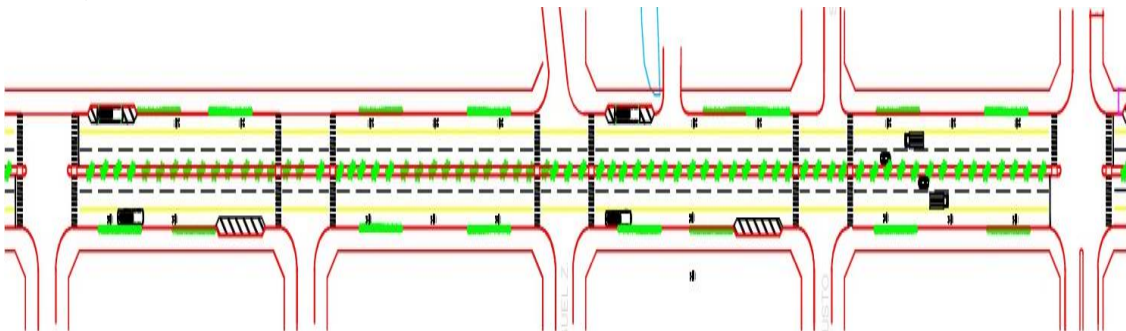


Figura 4.7. Módulo 1 para zona de Resistencia.
(Fuente: elaboración propia.)

Barranqueras tendrá módulos de entre 2 y 3 cuadras cada uno, hasta la calle Nicolás Acosta, y a partir de esta, la unidad se mantendrá constante hasta el encuentro con la avenida Mosconi (figura 4.8).

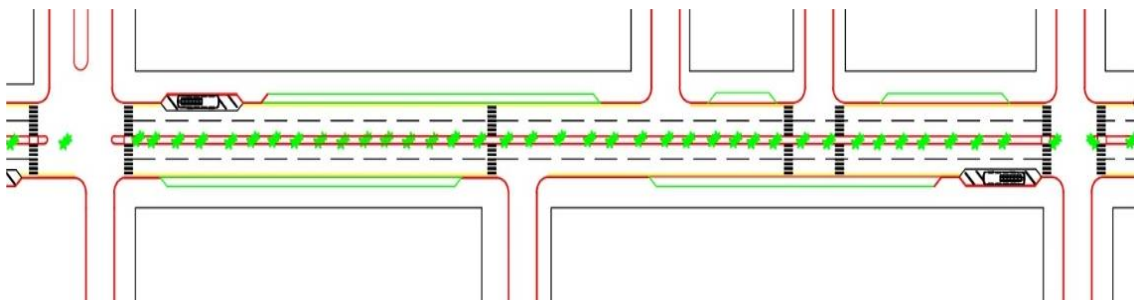


Figura 4.8. Módulo 2 para zona de Barranqueras. (Fuente: elaboración propia.)

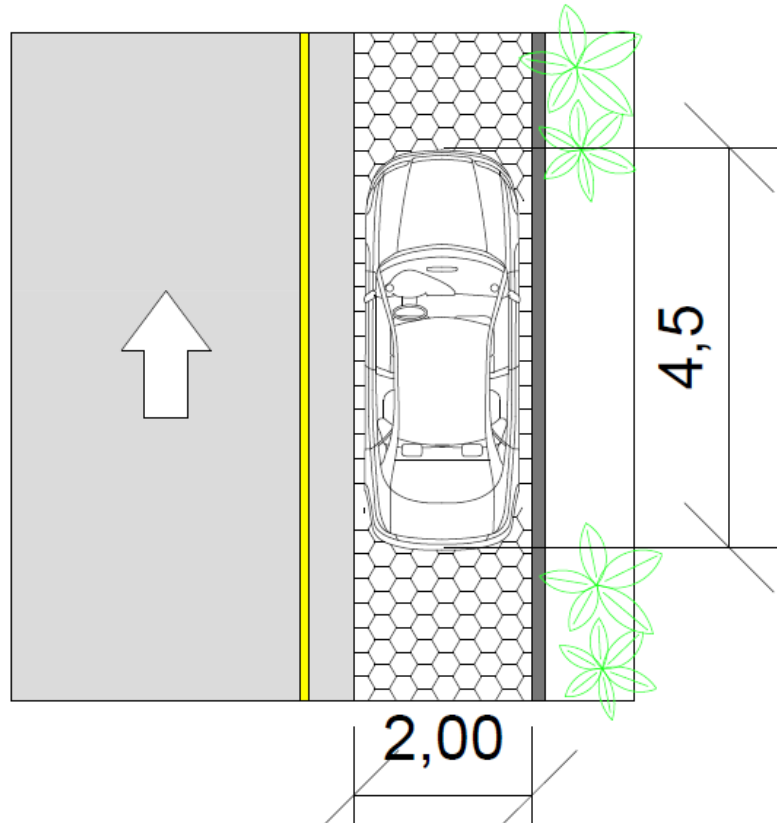


Figura 4.9. Estacionamiento en zona de Barranqueras. (Fuente: elaboración propia.)



Figura 4.10. Cambio de sección. Intersección de av. Castelli y av. Arribalzaga.
(Fuente: elaboración propia.)



4.7) Fuentes

Bibliografía

- J. F. Brevia García, L. Bañon Blazquez (2.000). Manual de Capacidad de Carreteras: Elementos de proyecto.
- Manual de diseño urbano de Buenos Aires (2.015). Enlace: http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/manual_de_diseno_urbano_-_gcba_ago-2015_0.pdf
- Dirección Nacional de vialidad (2.018). Nivel de servicio en la red de nacional caminos. Enlace: http://transito.vialidad.gov.ar:8080/web_ns/metodologia.jsp



CAPÍTULO 5

Diseño estructural

5.1) Diseño estructural del pavimento

Objetivo

Determinación del paquete estructural del pavimento rígido para resistir el tránsito previsto durante su vida útil.

5.2) Variables de diseño

El paquete estructural de pavimento será entre otros factores, función del tránsito proyectado en la vía y la calidad de las capas interpuestas sobre los cuales circularan estos.

5.2.1) Tránsito

El cálculo estructural se define en función de la cantidad de vehículos pesados que circula y su proyección futura de tránsito. La presencia de camiones y ómnibus determinarán las cargas de diseño más importantes prescindiendo de las cargas de los motovehículos por ser significativamente menores.

5.2.2) Suelos

Los estudios de suelos utilizados en el capítulo 3 que sirvieron para la clasificación e identificación de los mismo en la zona de proyecto, permitirán mediante correlaciones empíricas relacionadas al CBR hallado, determinar el módulo de reacción de la subrasante K.

5.2.3) Capas Intermedias

Cuando la calidad del material del suelo natural es deficiente desde el punto vial, en la práctica se incorporan capas de calidad intermedia, tanto en comportamiento ante la transferencia de las cargas, como ante los cambios de humedad del medio.

Estas capas de material mejorado, posibilitan la disminución del espesor de la capa de hormigón, mejoran las condiciones de drenaje y aumentan la vida útil.

5.3) Metodología para la determinación del diseño estructural

Para el dimensionamiento del espesor de la losa de hormigón de la calzada, se empleará en primera instancia el método de la *AASHTO* (American Association of State Highway and Transportation Officials), se verificará por el método *PCA* (Portland Cement Association).



5.3.1) Dimensionamiento por método AASHTO

Para determinar el espesor de la capa de pavimento rígido se procede a utilizar el método AASTHO, el cual parte de la premisa de suponer un espesor de pavimento e iniciar tanteos, con el espesor supuesto se calculan los ejes equivalentes y luego se evalúan todos los factores adicionales de diseño, si se logra el equilibrio en la ecuación el espesor adoptado es el correcto, de lo contrario se debe seguir haciendo tanteos hasta lograr la igualdad.

Este método involucra el análisis de diversos factores: tráfico, drenaje, clima, características de los suelos, capacidad de transferencia de carga, nivel de serviciabilidad deseado, y el grado de confiabilidad al que se desea efectuar el diseño acorde con el grado de importancia de la vía. Todos estos parámetros son necesarios para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar que el daño del mismo alcance el colapso durante su vida útil.

La ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{\frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \log \left[\frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{k}\right]^{0.25}} \right]} \right]$$

Donde:

W18 o ESAL's = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas.

ZR = Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada, para una confiabilidad R.

S0 = Desvío estándar de todas las variables.

D = Espesor de la losa del pavimento en pulgadas.

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño.

Pt = Serviciabilidad final.

S'_c = Módulo de rotura del concreto en psi.

J = Coeficiente de transferencia de carga.

C_d = Coeficiente de drenaje.

EC = Módulo de elasticidad del concreto, en psi.

K = Módulo de reacción de la subrasante (coeficiente de balasto), en pci (psi/pulg).



A continuación, se determinan dichos parámetros:

a) Serviciabilidad:

La serviciabilidad establece una medida del comportamiento del pavimento frente al tráfico, y está relacionada con la seguridad y comodidad que puede brindar al usuario (comportamiento funcional), cuando éste circule por la vía. También se relaciona con las características físicas que puede presentar el pavimento como grietas, fallas, baches, etc, que podrían afectar la capacidad soporte de la estructura (comportamiento estructural). Este parámetro se mide en una escala del 0 al 5 en donde 0 significa un pavimento intransitable y 5 un pavimento en excelentes condiciones.

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

- Pérdida de serviciabilidad presente (ΔPSI): Se considera como la cantidad de serviciabilidad que se considera admisible perder durante la vida útil de diseño.
- Índice de serviciabilidad inicial (P_0): se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación. AASHTO estableció para pavimentos rígidos un valor inicial deseable de 4.5.
- El índice de serviciabilidad final (P_t): este valor se obtiene cuando la superficie del pavimento ya no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario, es decir que se basa en la calificación que esperamos que tenga el pavimento al final de su vida útil.

Estos valores se ven reflejados en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Niveles de serviciabilidad. (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993”.)

SERVICIABILIDAD INICIAL (P_0)		SERVICIABILIDAD FINAL (P_t)	
PAVIMENTOS FLEXIBLES	$P_0 = 4,2$	CAMINOS MUY IMPORTANTES	$P_t = 2,5$ o más
PAVIMENTOS RÍGIDOS	$P_0 = 4,5$	CAMINOS DE MENOR TRÁNSITO	$P_t = 2,0$

De tabla 1 adopto $P_0=4,5$ y $P_t=2,5$

$$\Delta PSI = P_0 - P_t = 4,5 - 2,5 = 2$$

b) Tránsito: “equivalencia de cargas”

Los pavimentos se diseñan para que resistan el paso de determinado número de cargas durante su vida útil. 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 distintos esfuerzos y por consiguiente fallas en éste. Para tener en cuenta estas diferencias, se necesita convertir el tránsito mixto en un número



equivalente de pasadas de un eje estándar. Con lo cual el tránsito queda caracterizado por un número equivalente de ejes estándar (ESAL's), que producirán el mismo

desgaste que toda la composición del tránsito previsto. El método AASHTO adoptó como eje estándar a un eje simple, con una carga total de 8,16 toneladas.

Para la determinación de los factores de equivalencia de cargas, se utilizan los coeficientes de la DNV, estos factores surgen de los aplicados habitualmente para pavimentos flexibles y mayorados un 50% para su aplicación en pavimento rígido (tabla 5.2).

Tabla 5.2. Factores de equivalencia sugeridos para el diseño de pavimentos.
(Fuente: DNV.)

Tipo de Vehículo	Configuración de ejes	Factor "c"
Automóviles	11	0,01
Ómnibus	11	0,07
Camiones sin acoplado	11	0,6
	12	0,38
Camiones con acoplado	11-11	0,6
	11-12	0,39
	12-11	0,47
	12-12	0,32
Semirremolque	111	0,54
	112	0,45
	113	0,41
	122	0,35
	123	0,4

Para la determinación de la cantidad de ejes equivalentes el método propone la siguiente fórmula:

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

- Los ejes en tn se deben multiplicar por 2,2 para transformarlos en lb.
- El coeficiente Fe, se denomina factor equivalente y produce la conversión de un vehículo cualquiera a ejes de 18.000 lb (tabla 5.3).
- El termino Fn se denomina factor de carriles y tiene en cuenta la distribución del tránsito sobre el número de carriles por trocha, en nuestro caso se debe tomar un valor comprendido entre 0,8 – 1 según AASHTO (tabla 5.4) .

Siendo:

- n = número de años de vida útil esperado, se considera 30 años.
- TMDA = transito medio diario anual de diseño, se obtiene del capítulo 2, descontando los motovehículos, 22.000 veh/d.



- Para la determinación de los factores de equivalencia de cargas, se utilizan los de la DNV, mayorados un 50% por tratarse de pavimentos rígidos.

Tabla 5.3. Determinación de factor de equivalencia de cargas para el cálculo del n° de ejes equivalentes. (Fuente: elaboración propia.)

Tipo de vehículo	Disposición de ejes	N° de ejes	% tipo de vehículo	Factor de daño	Factor mayorado 50%	Fe
Livianos	1,1	2	95,50%	0,01	0,015	0,02865
Omnibus	1,1	2	4%	0,07	0,105	0,0084
Camiones sin acoplado	1,1	2	0,25%	0,6	0,9	0,0045
Camiones con acoplado	11,12	5	0,25%	0,39	0,585	0,0073125
Totales						0,049

Factor de equivalencia (Fe)= 0,049

Tabla 5.4. Factor de distribución por carril (Fn). (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993”)

Número de Carriles en cada dirección	% de ESAL de 18 kips en el Carril de Diseño
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Aplicando la formula antes mencionada para ambos tramos, obtenemos los valores mostrados en la tabla 5.5, donde se muestran además las variables intervinientes en el cálculo.

Tabla 5.5. Tabla resumen de ejes equivalentes para los distintos tramos en estudio. (Fuente: elaboración propia.)

Variable	Resistencia	Barranqueras
Vida útil	30	30
Años proyectados	2	2
Tasa de crecimiento	4%	4%
TMDA	22.000	9.000
Factor de crecimiento (a)	1,08	1,08
TMDA inicial (a)	23795	9734
Factor de crecimiento (b)	1,87	1,87
TMDA medio (b)	44.485	18.198
ESALS (N)	21.004.216	7.518.385



c) Módulo de reacción de la subrasante (K)

La resistencia de la subrasante se obtiene mediante el módulo de reacción del suelo (K), este factor nos da idea de cuánto se asienta la subrasante cuando se le aplica un esfuerzo de compresión. La forma de obtener este parámetro es mediante una prueba de carga sobre placa, pero la misma requiere de tiempo y es costosa, con lo cual el valor de k es estimado generalmente por correlación con otros ensayos simples, tal como el valor del CBR.

Para aquellos materiales que tienen CBR menor que 10%

$$Mr(lb / pu\lg^2) = 1500 * CBR \Rightarrow \text{para suelos de grano fino con } CBR < 10$$

$$Mr = 1500 * 5 = 7.500 \text{ psi}$$

El valor del CBR se obtuvo de los resultados brindados por la Empresa SIGMA SRL mediante ensayos en las cercanías del tramo en estudio.

d) Confiabilidad (R)

La confiabilidad es la probabilidad de que el pavimento se comporte satisfactoriamente durante su vida útil o período de diseño, resistiendo las condiciones de tráfico y medio ambiente dentro de dicho período.

El diseño del pavimento tiene que ser capaz de cumplir una función estructural y funcional, es decir la capacidad de soportar las cargas impuestas por el tránsito, y asimismo brindar seguridad y confort al usuario durante el período para el cual fue diseñado. Por lo tanto, la confiabilidad está relacionada con la aparición de fallas en el pavimento.

De la tabla 5.6 se adopta el nivel de confiabilidad en función al tipo de vía.

Tabla 5.6. Niveles de Confiabilidad recomendados
(Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993”.)

Clasificación Funcional	Nivel de Confiabilidad Recomendado	
	Urbano	Rural
Autopistas	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias Principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

$$R = 90\%$$



e) Desvío Estándar (S_o)

La desviación estándar es el error estadístico presentes en las ecuaciones de diseño debido a la variabilidad de los materiales y a su proceso constructivo, el comportamiento del pavimento y la estimación del tránsito para el periodo de diseño.

Al considerar el tránsito futuro se asume que puede haber errores en la estimación del mismo, para lo cual el desvío estándar se adopta según tabla 5.7:

Tabla 5.7. Desvío estándar.

(Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993".)

CONDICIÓN DE DISEÑO	S_o	
VARIACIÓN EN LA PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO SIN ERRORES EN EL TRÁNSITO	PAVIMENTOS FLEXIBLES	0,44
	PAVIMENTOS RÍGIDOS	0,34
VARIACIÓN EN LA PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO CON ERRORES EN EL TRÁNSITO	PAVIMENTOS FLEXIBLES	0,49
	PAVIMENTOS RÍGIDOS	0,39

$$S_o = 0,39\%$$

f) Módulo de rotura del Hormigón (f_r)

Es un parámetro muy importante para el diseño de pavimentos rígidos, ya que es el encargado de controlar las fisuras por fatiga del pavimento, originado por las cargas repetitivas de camiones.

La normativa ACI 363 menciona que, de acuerdo a resultados experimentales obtenidos por diversos investigadores (figura 5.1), el módulo de rotura correspondiente del hormigón se lo puede calcular con la siguiente expresión

$$M_r = k * \sqrt{f'c} \quad \left(\text{valores en } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) \quad 1,99 < k < 3,18$$

Resistencia a la compresión del hormigón adoptado para el diseño del pavimento será:

$$f'c = 30 \text{ MPa} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

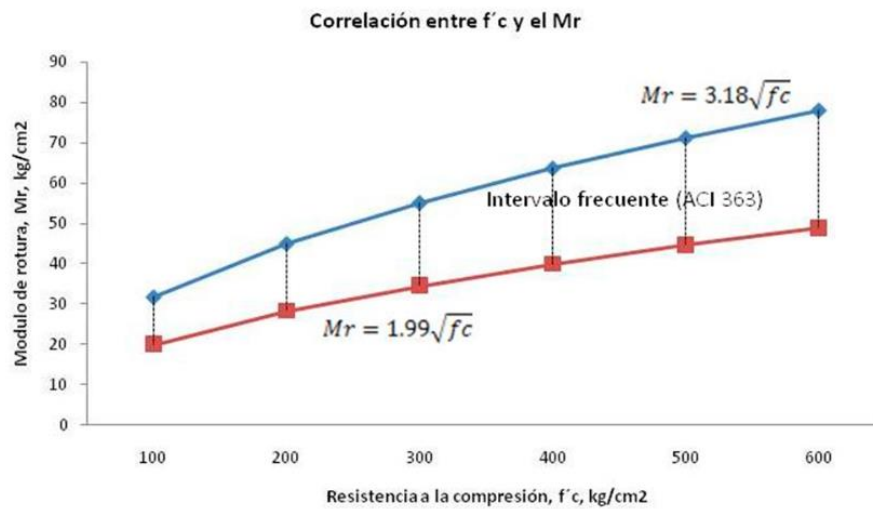


Figura 5.1. Intervalo de correlación Mr vs $f'c$. (Fuente: comité ACI 363.)

$$Mr = 2,58 * \sqrt{300} \frac{kg}{cm} * 14,22 \text{ psi} * \frac{cm^2}{kg} = 640 \text{ psi}$$

g) Módulo de elasticidad del hormigón (E_c)

Es un parámetro que indica la rigidez y la capacidad de distribuir cargas que tiene una losa de pavimento. Es la relación entre la tensión y la deformación. Se determina mediante la norma CIRSOC 201 como:

$$E_c = 4700 * \sqrt{30} \text{ MPa} = 25.745 \text{ MPa} = 3.733.025 \text{ psi}$$

h) Drenaje (C_d)

El drenaje es un factor importante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, su principal objetivo es reducir la máxima cantidad de agua que llega a la vía para evitar el deterioro del pavimento y reducir los accidentes de los usuarios.

El exceso de agua en los suelos o en la estructura de una vía afecta sus propiedades geotécnicas, los mecanismos de transferencia de carga, presiones de poros, presiones hidrostáticas e incrementa la susceptibilidad a los cambios volumétricos. Por tal motivo es una de las causas más relevantes del deterioro prematuro de la infraestructura vial.



El coeficiente de drenaje depende de:

- Capacidad del drenaje:
Se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento, el cual se aproxima con los valores descriptos en la tabla 5.8 en función del tipo de suelo.

Tabla 5.8. Calidad del drenaje.

(Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993”.)

Calidad de drenaje	Tiempo en que tarde el agua en ser evacuada
Excelente	El suelo libera el 50% de agua en 2 horas
Bueno	El suelo libera el 50% de agua en 1 día
Mediano	El suelo libera el 50% de agua libre en 7 días
Malo	El suelo libera el 50% de agua libre en 1 mes
Muy malo	El agua no evacua

El suelo predominante a nivel de la subrasante según la clasificación HRB es un A-7-6, siendo este un suelo arcilloso de plasticidad media el cual cuenta con un alto grado de impermeabilidad. Por lo tanto, se considera que la calidad de drenaje es mala.

Debido a que los mismos presentan una capacidad soporte muy baja, es decir un CBR del 5%, se interpondrá una capa de RDC de 15 cm.

- Exposición a la saturación
Tiene en cuenta el porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación. Este valor se adopta de la tabla 5.9 y depende de la precipitación media anual y de las condiciones del drenaje.

Tabla 5.9. Valores para el coeficiente de drenaje. (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993”.)

Calidad del drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	más del 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
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Mala	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70



Considerando un rango entre el 5% - 25% del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación y considerando una calidad de drenaje malo, obtenemos un $C_d = 0,90$.

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

Debido a la baja capacidad soporte de la subrasante, será necesario interponer una base de calidad superior a ésta, sobre la cual se construirá la capa de hormigón, permitiendo aumentar el módulo k , mediante el criterio denominado "Módulo de Reacción Combinado (k_c).

Como base se utilizará un material denominado relleno de densidad controlada (RDC) el cual tiene las siguientes características:

- El relleno fluido es un material auto-compactante de baja resistencia con una consistencia muy fluida, que soporta cargas como si fuera un sólido y se nivela sin emplear varilla de compactación o emplear métodos de vibración.
- Se fija como contenido mínimo de cemento la cantidad de 150 kg/m³.
- Asentamiento esperado de 20 cm.
- La densidad en estado fresco oscila entre los 1600 y 1700 kg/m³.
- La resistencia a la compresión es de 4 MPa.
- La mezcla en estado fresco deberá presentar un aire incorporado superior al 20%.

El uso de los rellenos fluidos presenta ventajas respecto a los materiales granulares, como ser:

- ❖ Disponibilidad inmediata. Cualquier empresa hormigonera puede suministrar el Relleno fluido.
- ❖ Producto totalmente homogéneo.
- ❖ Rapidez de puesta en obra.
- ❖ Estabilidad única. No se producen vacíos ni retracciones por lo cual no pierden volumen.
- ❖ De fácil eliminación.
- ❖ Habilidad rápida al tránsito. Son capaces de endurecer y aceptar el recubrimiento luego de 5 a 8 h de su aplicación, necesitando solamente 24 - 36 h, para poder ser transitable.

Se propone una base de relleno de densidad controlada de 15 cm de espesor, estas bases de mezclas de agregado con cemento presentan un módulo de elasticidad que oscila entre 500.000 a 1.000.000 psi (tabla 5.10).



Tabla 5.10. Valores de módulos de elasticidad de las distintas bases.
(Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993”.)

TIPO DE MATERIAL	PÉRDIDA DE SOPORTE
Base granular tratada con cemento (E = 1.000.000 a 2.000.000 psi)	0.0 – 1.0
Mezclas de agregados con cemento (E = 500.000 a 1.000.000 psi)	0.0 – 1.0
Bases tratadas con asfalto (E = 350.000 a 1.000.000 psi)	0.0 – 1.0
Mezclas bituminosas estabilizadas (E = 40.000 a 300.000 psi)	0.0 – 1.0
Estabilizados con cal (E = 20.000 a 70.000 psi)	1.0 – 3.0
Materiales granulares sin ligante (E = 15.000 a 45.000 psi)	1.0 – 3.0
Materiales granulares finos o subrasante natural (E = 3.000 a 40.000 psi)	2.0 – 3.0

Se adoptó 800.000 psi como módulo de elasticidad de la subbase.

Con los valores del módulo resiliente de la subrasante, espesor y módulo elástico de la subbase se ingresa en el ábaco de la figura 2 y se obtiene el módulo de reacción combinado (Kcomb).

- ✚ Módulo resiliente de la subrasante = 7.500 psi
- ✚ Módulo de elasticidad de la subbase = 800.000 psi
- ✚ Espesor de la subbase = 15cm

Pérdida de soporte (LS) – Módulo de reacción efectivo de la sub-rasante

Este factor (LS), es incluido en el diseño de pavimentos rígidos ya que tiene en cuenta la pérdida de la capacidad soporte proveniente de la erosión de la sub base.

Esto hace que disminuya el valor k efectivo o compuesto (Kcomb).

Un aspecto fundamental de los rellenos de densidad controlada es su baja resistencia a la erosión, ingresando en la tabla 5.10 en función al tipo de material se adopta un valor de LS, que para este caso oscila entre 0 – 1

Valor adoptado de LS= 0,7

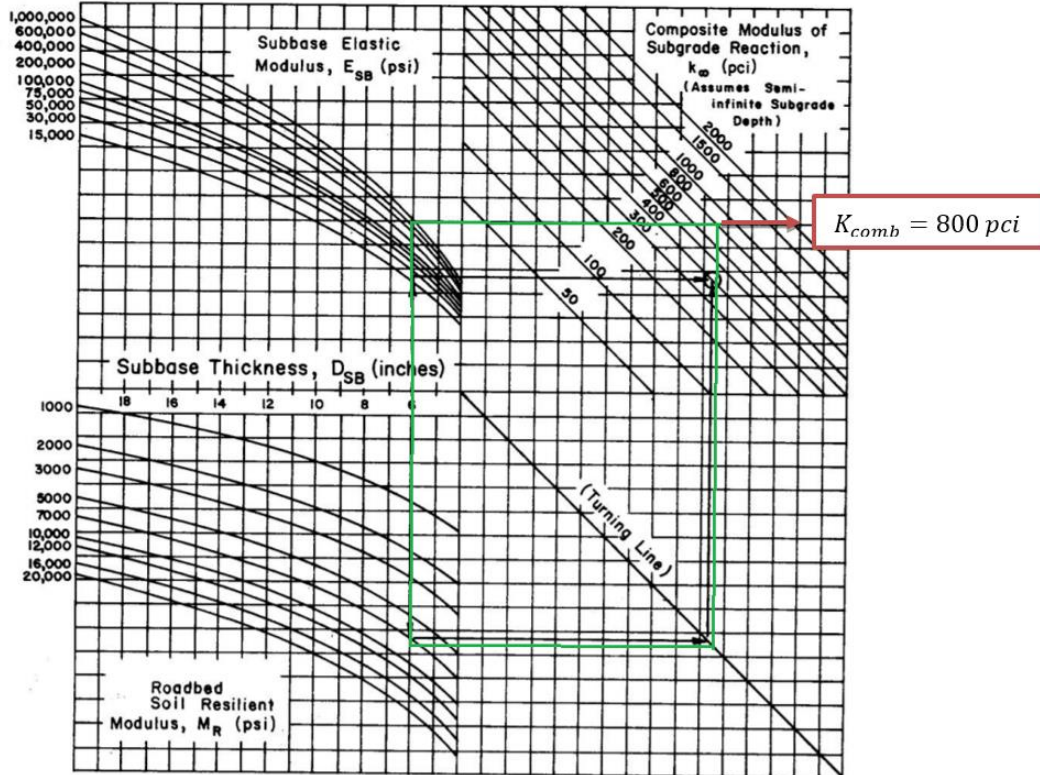


Figura 5.2. Ábaco para estimar el módulo compuesto de reacción de la subrasante/base.
(Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993”.)

Con la pérdida de soporte y el K_{comb} se ingresa en el ábaco de la figura 5.3 y se determina el valor del módulo de reacción efectivo de la subrasante.

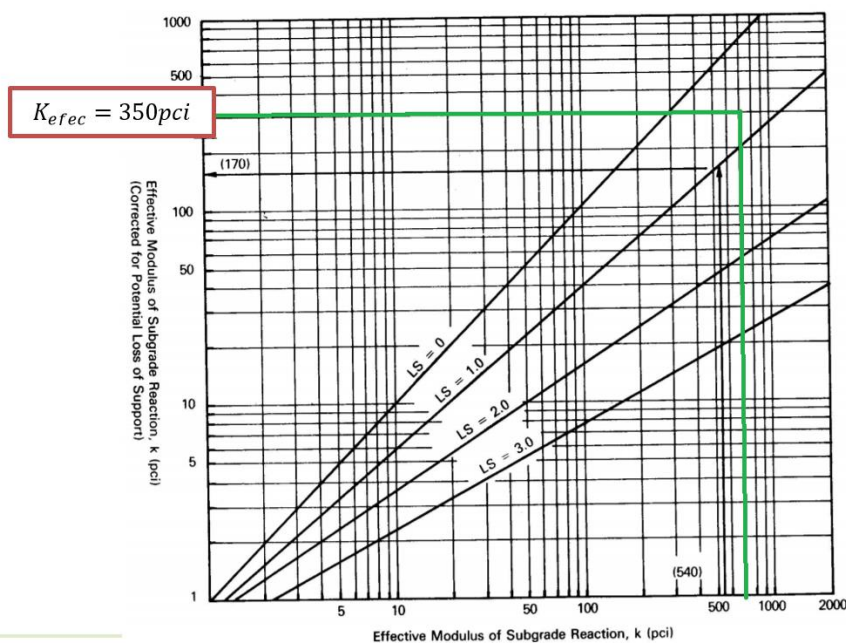


Figura 5.3. Corrección del módulo de reacción por pérdida soporte.
(Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993”.)



Finalmente:

$$K_{efec} = 350 \text{ pci}$$

a) Coeficiente de transferencia de carga (J)

Representa la capacidad que tiene una losa del pavimento de transmitir las fuerzas cortantes, generadas por las cargas de tránsito, a las losas adyacentes a efectos de minimizar las deformaciones y los esfuerzos en la estructura del pavimento. Mientras mejor sea la transferencia de cargas mejor será el comportamiento de las losas del pavimento a lo largo de su vida útil.

Las cargas de tránsito son transmitidas de una losa a otra mediante las juntas con el objetivo de reducir las deflexiones en las mismas, estas al ser excesivas generan erosión por bombeo y posterior fisuración.

Se estableció un pavimento rígido con el uso de juntas y cordones laterales asegurando soporte lateral, además del uso de pasadores de acero liso. En función al ESALS y al soporte de borde (tabla 5.11) se determina el coeficiente de transferencia de carga.

Tabla 5.11. Factor de transferencia de carga en pavimentos de hormigón.
(Fuente: Instituto del cemento portland argentino.)

Factor de transferencia de carga en pavimentos de hormigón simple y reforzado con juntas. [WinPAS. 2000]				
ESAL's [Millones]	Soporte de Borde			
	Pavimento de Hormigón Simple y Reforzado con Juntas (c/pasadores)		Pavimento de Hormigón Simple (s/pasadores)	
	NO	SI	NO	SI
< 0,3	3,2	2,7	3,2	2,8
0,3 a 1	3,2	2,7	3,4	3,0
1 a 3	3,2	2,7	3,6	3,1
3 a 10	3,2	2,7	3,8	3,2
10 a 30	3,2	2,7	4,1	3,4
> 30	3,2	2,7	4,3	3,6

En función a los parámetros previamente determinados, se procedió al uso de los ábacos de diseños de pavimentos rígidos de la guía AASHTO 1.993 (figuras 5.4 y 5.5).

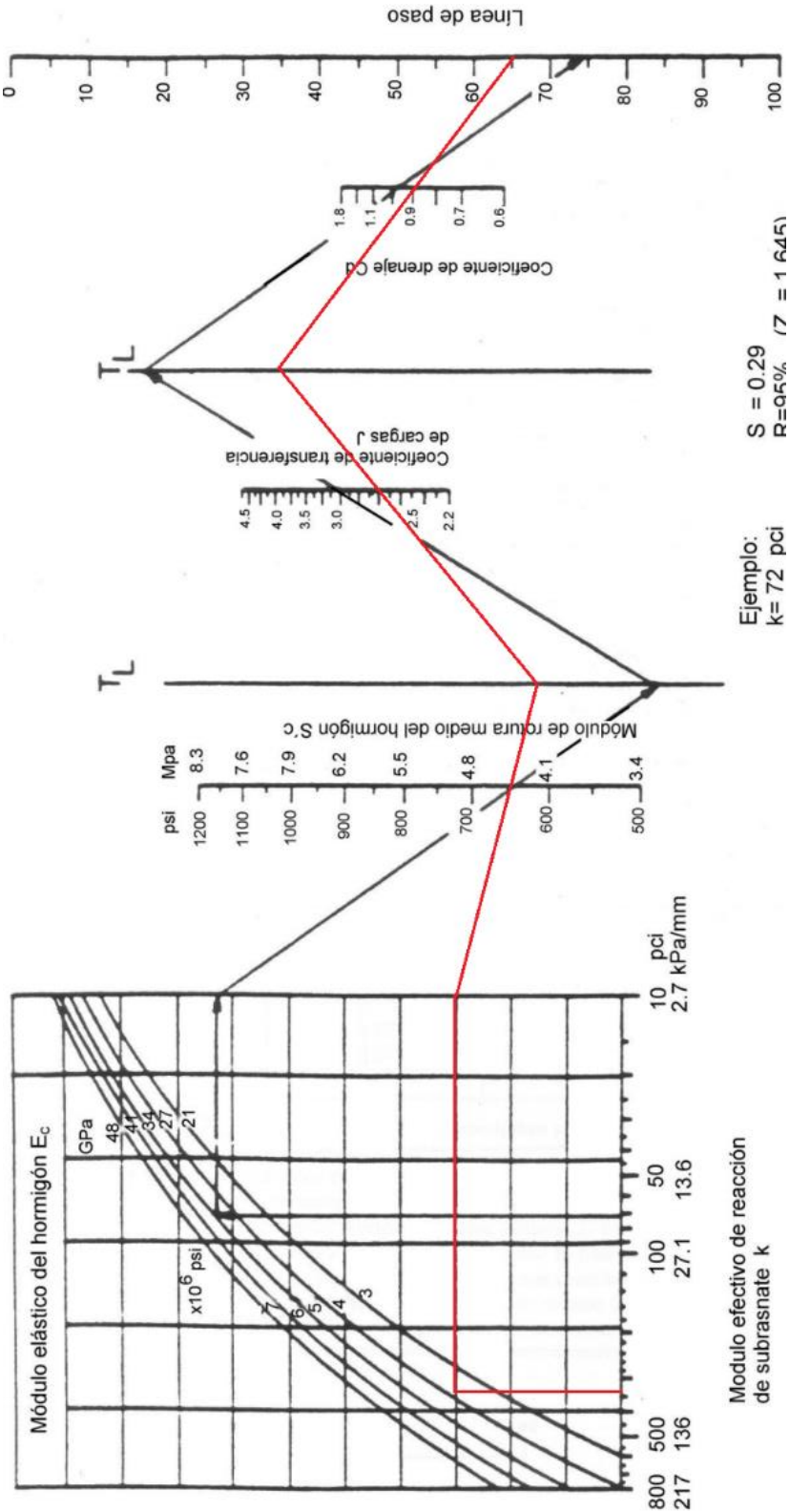


Figura 5.4. Ábaco de diseño de pavimento rígido. Tramo Resistencia.
(Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993".)

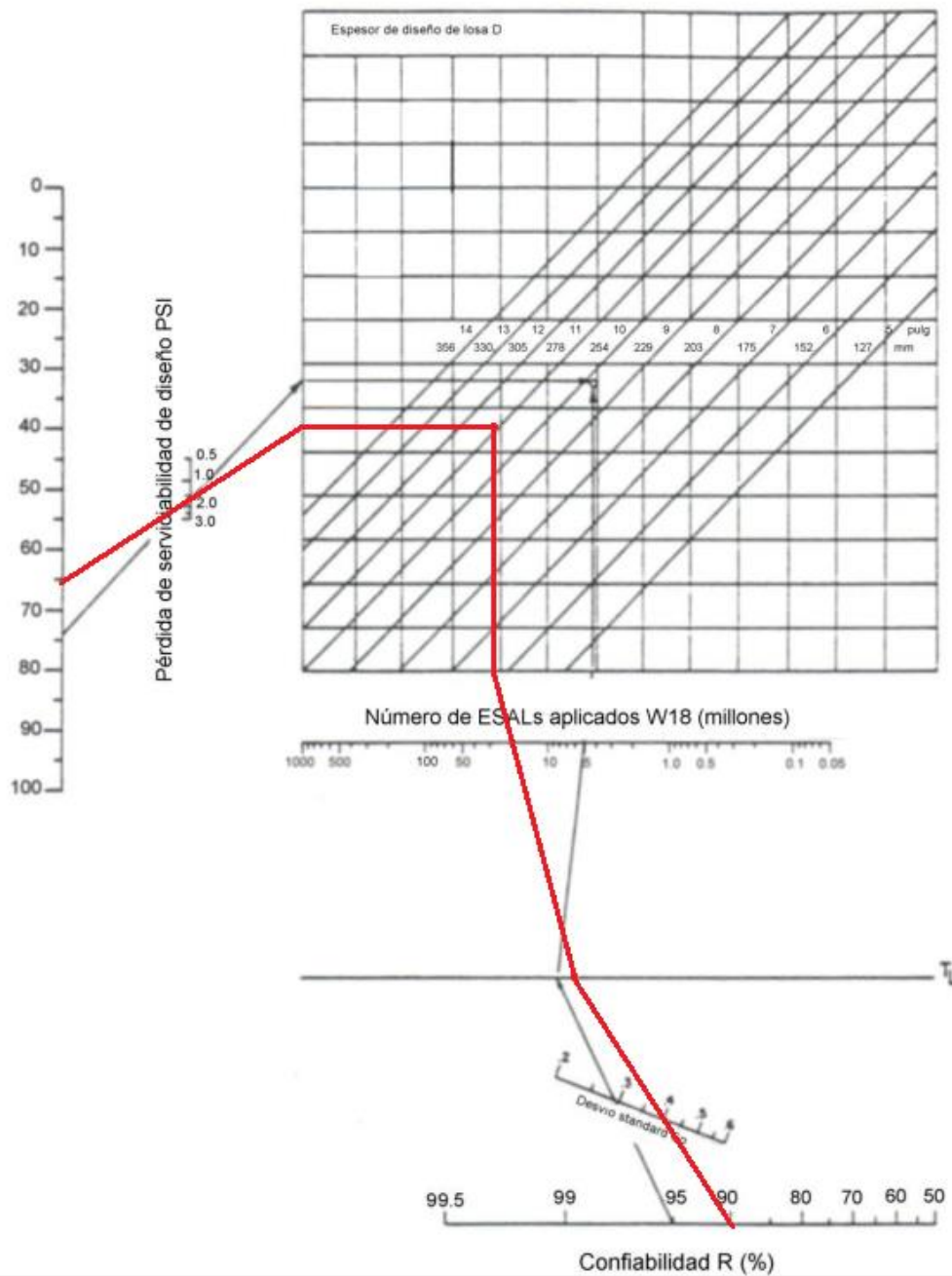


Figura 5.5. Ábaco de diseño de pavimento rígido. Tramo Resistencia.
(Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993".)

$$Espesor_{tramo Resistencia} = 28 \text{ cm}$$

Análogamente se obtiene el espesor para el tramo de Barranqueras (figura 5.6).

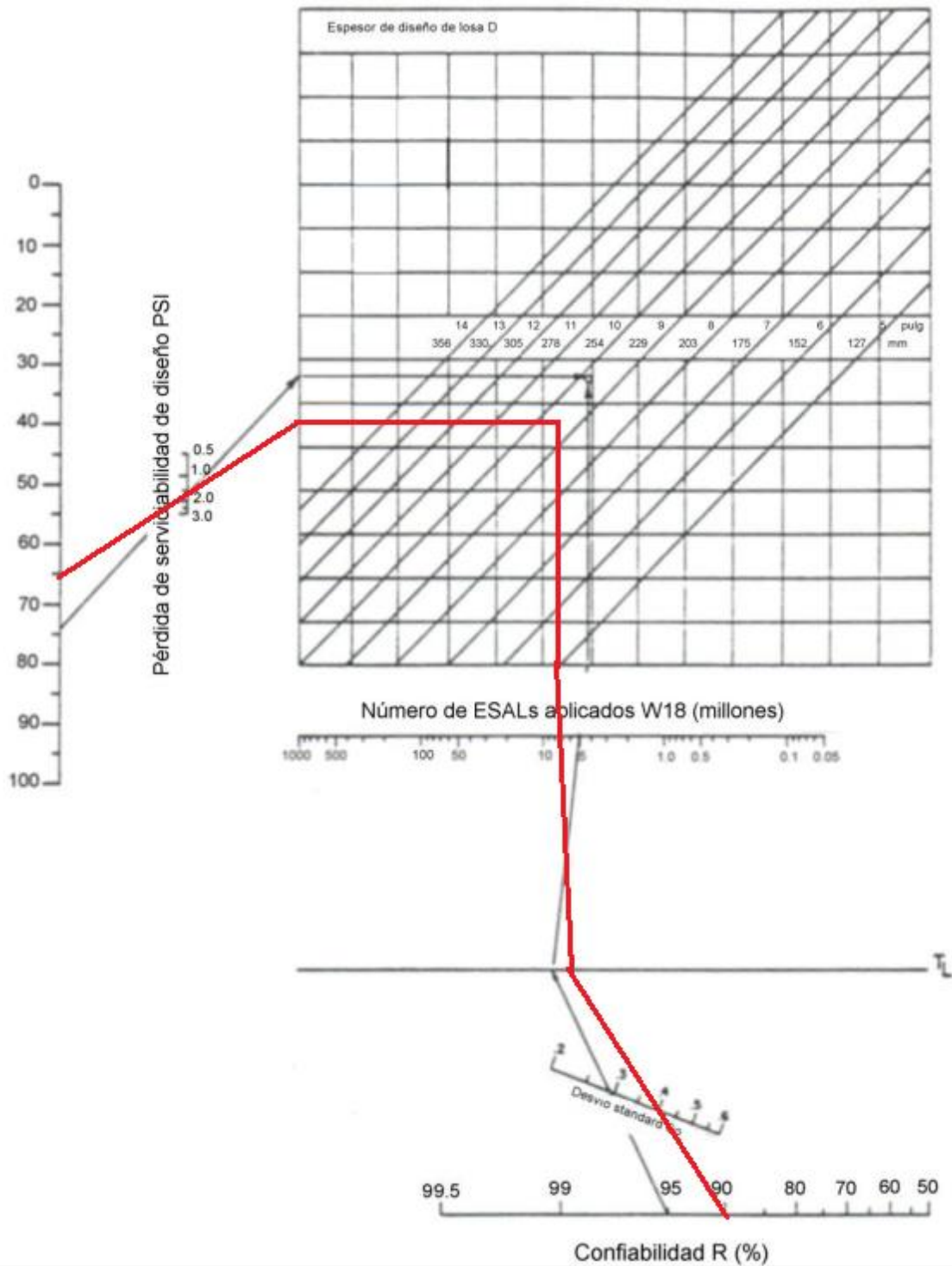


Figura 5.6. Ábaco de diseño de pavimento rígido. Tramo Barranqueras.
(Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993".)

$$Espesor_{tramo Barranqueras} = 24 \text{ cm}$$

Los espesores calculados para cada tramo según el método AASHTO son los mencionados en la tabla 5.12.

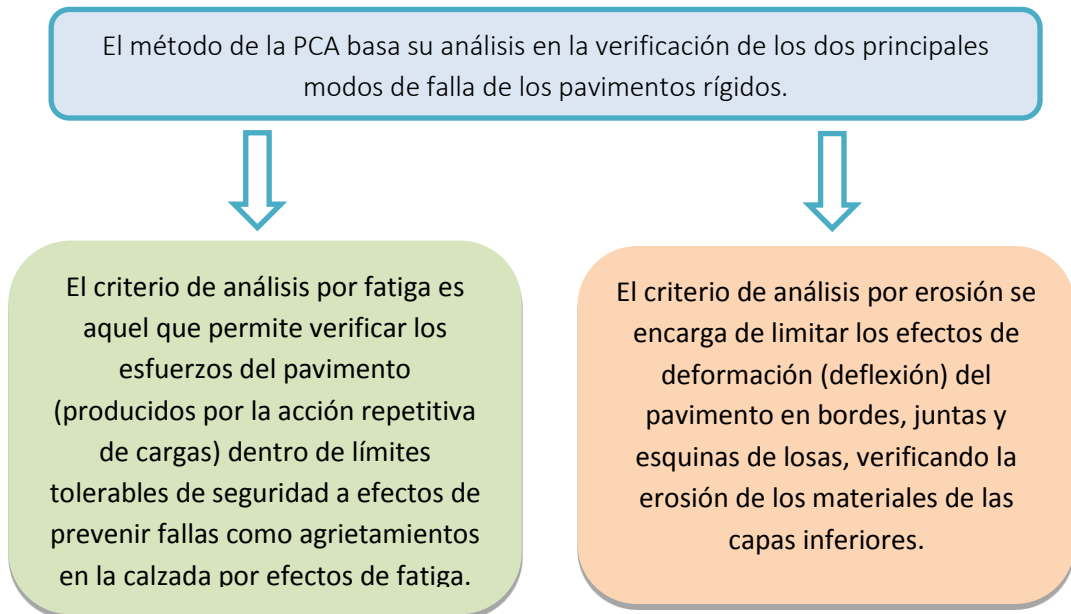


Tabla 5.12. Resumen de resultado obtenidos según método AASHTO.
(Fuente: elaboración propia.)

Tramo	Espesor obtenido s/ método AASHTO 93
Resistencia	280 mm
Barranqueras	240 mm

5.3.2) Verificación mediante el método de la PCA

Una vez adoptado los espesores de paquete estructural de pavimento de cada uno de los tramos, se procede a su verificación mediante el método de la Portland Cement Association (PCA).



Se podría decir que para bajos volúmenes de tránsito pesado el criterio de fatiga suele ser el determinante en el diseño, mientras que, para un elevado tránsito pesado el criterio de erosión es el que determina el espesor mínimo requerido.

Este método requiere para la verificación los siguientes parámetros:

✚ TMDA de diseño (solamente vehículos pesados)

- Resistencia= 1.000 veh/d
- Barranqueras= 450 veh/d

Vehículos considerados para el diseño:

- Ómnibus: 89%
- Camión sin acoplado: 5,5%
- Camión con acoplado: 5,5%



Factor de seguridad de carga:

Las cargas por eje previstas son mayoradas mediante este factor de seguridad, a efectos de proteger el pavimento de las imprevistas sobrecargas de tránsito. En función al tipo de vía:

- Autopistas y rutas de alto volumen de tránsito pesado, **FSC=1,2**
- Rutas y arterias importantes con moderado volumen de tránsito pesado **FSC=1,1**.
- Rutas y otras vías de bajo volumen de tránsito pesado y calles residenciales, **FSC=1,0**

Se Adopta → FSC=1,1

Con el valor de CBR y la clasificación de suelo se aproxima el valor del módulo de la subrasante (figura 5.7).

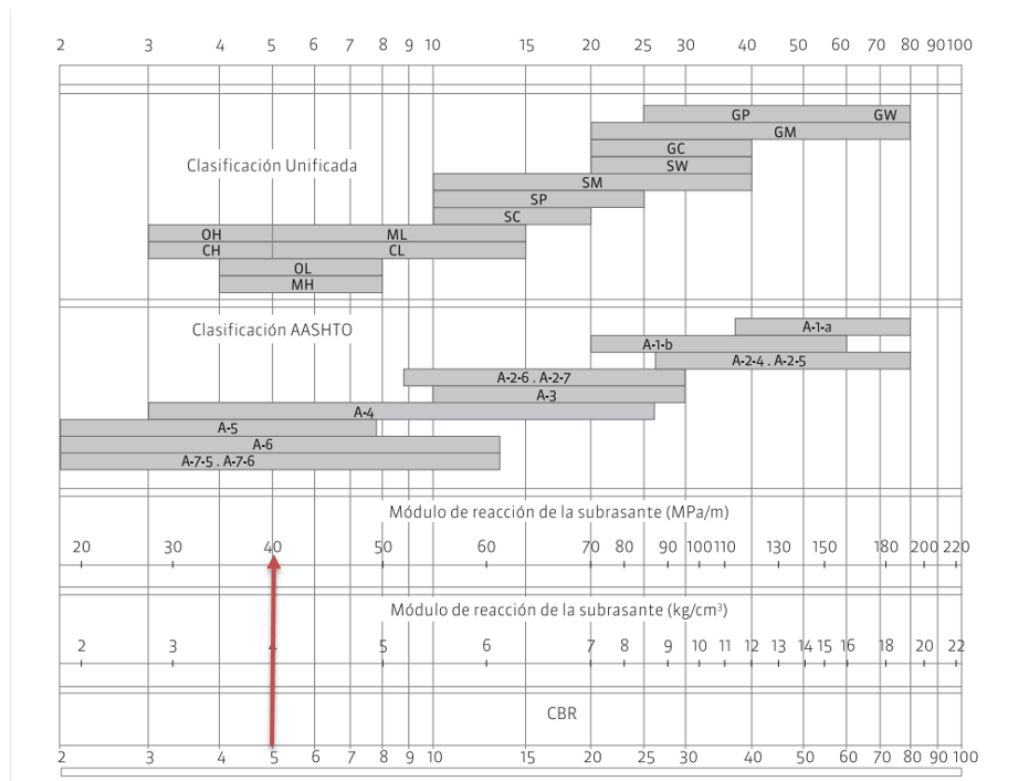


Figura 5.7. Correlación del CBR con el módulo de reacción de la subrasante para distintos tipos de suelo. (Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993".)

K= 40 MPa/m

Módulo de reacción combinado base/subrasante (Kcomb)

La incorporación de una o más capas para la conformación de la estructura de apoyo de la losa influye en un aumento de su capacidad soporte.

Conociendo el módulo de reacción de la subrasante, el tipo y espesor de la base se determina el módulo de reacción combinado subrasante/base (tabla 5.13).



Tabla 5.13. Valores típicos de K combinado subrasante – base para bases tratadas con cemento. (Fuente: ICPA)

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	--

K combinado= 130 MPa/m

✚ Hormigón H-30

✚ Módulo de rotura a los 28 días: 45 kg/cm^2

Análisis por fatiga y erosión

- El análisis por fatiga se basa en calcular los esfuerzos por cargas en el borde de las losas entre juntas transversales.
- Los esfuerzos considerados por el alabeo no son considerados en el diseño.
- Este análisis controla los diseños los pavimentos de pequeño espesor para bajo tránsito independientemente del tipo de transferencia de carga en las juntas transversales.

- El análisis por erosión considera que el pavimento falla por bombeo, por erosión del soporte.
- Este análisis controla el diseño de los pavimentos para tránsito mediano y pesado cuando la transferencia de carga es por trabazón de agregados y controla el diseño para tránsito pesado cuando la transferencia es mediante pasadores.

Para el análisis de fatiga y erosión se ingresa en el ábaco de la figura 6 y 7, con los pesos por eje, que son 65 KN y 105 KN para eje simple y 160 KN para eje tándem. Previamente se debe determinar los esfuerzos equivalentes y factor de erosión para cada tipo de eje.

La resistencia a la fatiga se basa en la relación de esfuerzos que se determina como:

$$\text{Relación de tensiones} = \frac{\text{Esfuerzo producido por la carga por eje}}{\text{Módulo de rotura del H}^{\text{o}}}$$



El método PCA considera que el espesor adoptado no es adecuado si la sumatoria de los consumos de fatiga o erosión individuales para las cargas previstas supera el 100%, caso contrario se debería adoptar un espesor mayor y repetir el procedimiento de diseño hasta no superar dicho valor. Si estos valores están por debajo del 100% se debe disminuir el espesor tentativo hasta acercarse al límite máximo, tanto para fatiga como para erosión.

En función del espesor de losa y el módulo de reacción K combinado se obtiene los esfuerzos equivalentes para eje simple y tándem (tabla 5.14).

Tabla 5.14. Tensión equivalente para eje simple/doble/triple. (Fuente: ICPA.)

Tensión equivalente - Sin banquina de hormigón. (Eje simple / doble / triple).						
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	1,59/1,23/0,99	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	1,18/0,98/0,73	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

Con el espesor de losa y el módulo de reacción K combinado se obtiene el factor de erosión para los distintos tipos de ejes tabla 5.15.



Tabla 5.15. Factor de erosión para eje simple/doble/triple. (Fuente: ICPA.)

Factores de erosión - Con pasadores. Sin banquina de hormigón. (Eje simple / doble / triple).						
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	2,73/2,95/3,13	2,71/2,87/3,01	2,69/2,83/2,94	2,68/2,80/2,88	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

Tramo Resistencia

Para este tramo no se dispondrán banquetas de hormigón pero si pasadores para vincular las losas.

Tabla 5.16. Tabla resumen de verificación del espesor de hormigón según PCA. Tramo Resistencia. (Fuente: elaboración propia.)

Espesor estimado =	22,0 cm	Juntas con pasadores= SI
"k" combinado Subr/Subb =	14,00 kg/cm ³	SIN banquetas de hormigón
Módulo de Rotura "MR" =	45 kg/cm ²	Subbase cementada
FSC =	1,1	Espesor = 22 cm
Período de Diseño :	30 años	

Resistencia	Cargas por eje	Carga por FSC	Repeticiones	Análisis de Fatiga	Consumo de Fatiga	Análisis de Erosión	Daño por Erosión
			Esperadas	Repeticiones Admisibles		Repeticiones Admisibles	
Eje simple	6500	7150	7095107	ILIMITADAS	0%	ILIMITADAS	0%
	10500	11550	7489280	ILIMITADAS	0%	8000000	94%
			Suma parcial		0%	Suma parcial	94%
Esfuerzos equivalente= 1,26		Relación de tensiones= 0,28					
Factor de erosion= 2,67							
Eje tandem	16000	17600	394173	ILIMITADAS	0%	22000000	2%
Esfuerzos equivalente= 1,03		Relación de tensiones= 0,23					
Factor de erosion= 2,76							
			Fatiga	0%	Erosión	96%	



De los ábacos de las figuras 5.8 y 5.9 se obtienen las repeticiones admisibles para el análisis de fatiga y erosión para el tramo Resistencia.

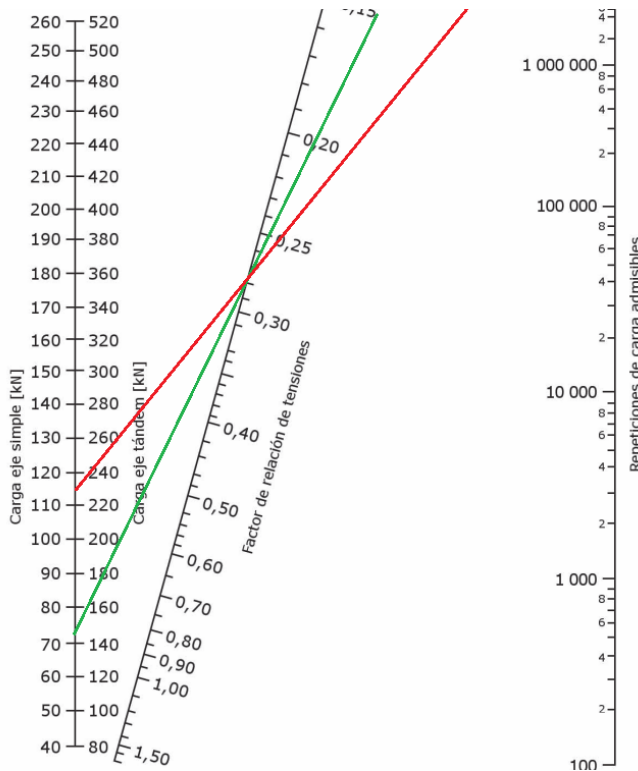


Figura 5.8. Análisis de fatiga. Cantidad de repeticiones admisibles a partir de la relación de tensiones y carga por eje para un espesor 22cm. (Fuente: ICPA.)

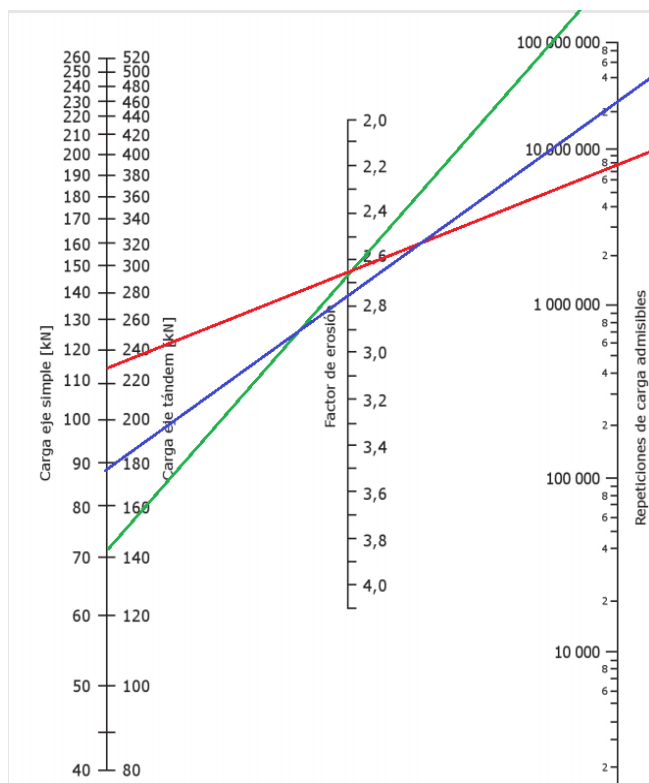


Figura 5.9. Análisis por erosión. Cantidad de repeticiones admisibles a partir del factor de erosión y carga por eje para un espesor de 22 cm. (Fuente: ICPA.)



Tramo Barranqueras

Para este tramo no se dispondrán banquetas de hormigón pero si pasadores para vincular las losas. Esta consideración se debe al bajo TMDA y al bajo porcentaje de vehículos pesados.

Tabla 5.17. Tabla resumen de verificación del espesor de hormigón según PCA. Tramo Barranqueras. (Fuente: elaboración propia.)

Espesor estimado =	20,0 cm	Juntas con pasadores= SI
"k" combinado Subr/Subb =	14,00 kg/cm3	SIN banquetas de hormigon
Módulo de Rotura "MR" =	45 kg/cm2	Subbase cementada
FSC =	1	Espesor = 20 cm
Período de Diseño :	30 años	

Barranqueras	Cargas por eje	Carga por FSC	Repeticiones	Análisis de Fatiga	Consumo de Fatiga	Análisis de Erosión	Daño por Erosión
			Esperadas	Repeticiones Admisibles		Repeticiones Admisibles	
Eje simple	6500	6500	2902544	ILIMITADAS	0%	ILIMITADAS	0%
	10500	10500	3063796	6000000	51%	3100000	99%
			Suma parcial		51%	Suma parcial	99%
Esfuerzos equivalente= 1,43		Relación de tensiones= 0,32					
Factor de erosion= 2,79							
Eje tandem	16000	16000	161252	ILIMITADAS	0%	ILIMITADAS	0%
Esfuerzos equivalente= 1,17		Relación de tensiones= 0,26					
Factor de erosion= 2,87							
				Fatiga	51%	Erosión	99%

De los ábacos de las figuras 5.10 y 5.11 se obtienen las repeticiones admisibles para el análisis de fatiga y erosión para el tramo Barranqueras

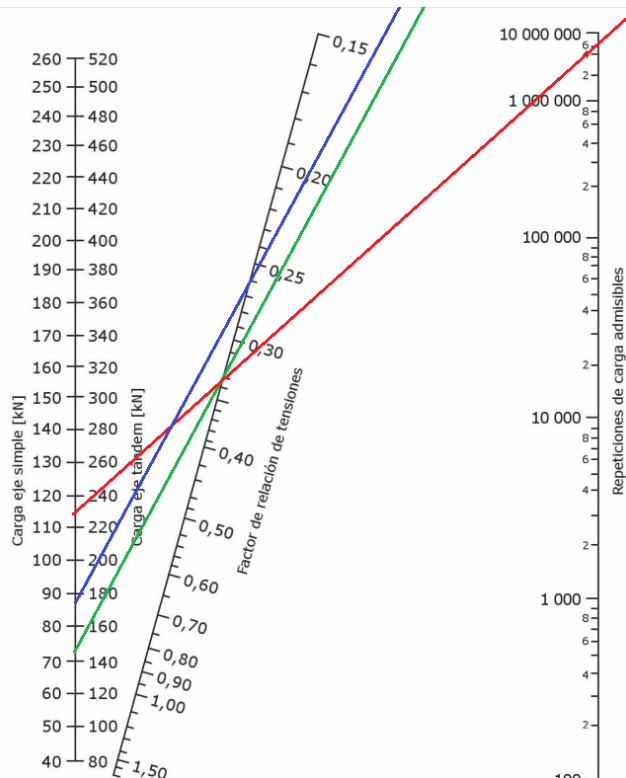


Figura 5.10. Análisis de fatiga. Cantidad de repeticiones admisibles a partir de la relación de tensiones y carga por eje para un espesor de 20cm. (Fuente: ICPA.)

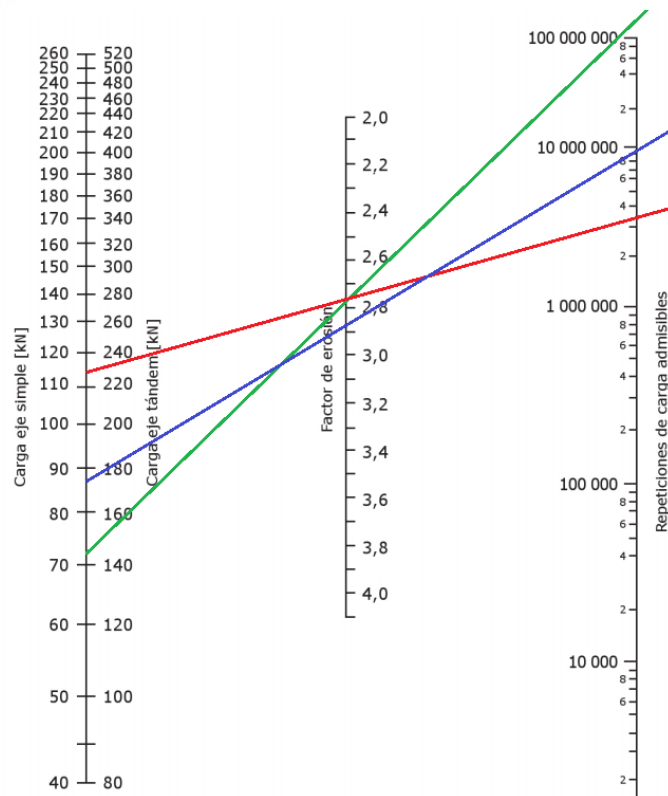


Figura 5.11. Análisis por erosión. Cantidad de repeticiones admisibles a partir del factor de erosión y carga por eje para un espesor de 20 cm. (Fuente: ICPA.)

En la tabla 5.18 se observa un resumen de los valores obtenidos y adoptados para los distintos tramos.

Tabla 5.18. Resumen de espesores adoptados para cada tramo. (Fuente: elaboración propia.)

Tramo	MÉTODO		Espesor adoptado (mm)
	AASHTO (mm)	PCA (mm)	
Resistencia	280	220	250
Barranqueras	240	200	220

5.4) Juntas, pasadores y barras de unión

La formación de juntas tiene como objetivo canalizar y controlar la figuración por contracción, fragüe y las debidas al alabeo producidas por cambios de humedad. El control se realiza debilitando deliberadamente una sección del hormigón mediante aserrado o insertando elementos no adherentes.

La geometría de la calzada, las características del hormigón, el espesor de las losas y capa de apoyo de las mismas, junto a las variaciones de temperatura y humedad son los parámetros que se consideran en el diseño de juntas.

Un adecuado diseño y construcción de juntas de pavimento rígido permitirá:

- Permitir los movimientos de losas y proveer transferencia de cargas entre las mismas.
- Controlar las fisuras transversales y longitudinales derivadas de la limitación a la contracción de las losas y los efectos combinados de las restricciones a los alabeos higrotermicos y las cargas del tránsito.
- Impedir la infiltración de agua y otros materiales incompresibles a la estructura de pavimento.

Algunas recomendaciones según el ICPA:

- ✚ Relación largo / ancho de las losas menor a 1,5
- ✚ Relación lado mayor/ espesor menor a 22
- ✚ Espaciamiento entre juntas según recomendaciones de la PCA (tabla 5.19).

Tabla 5.19. Recomendaciones de espaciamiento entre juntas transversales.
(Fuente: PCA)

Diseño del pavimento	Clima	
	Árido y semiárido	Otros climas
Sin pasadores	20 a 22 veces el espesor	24 a 26 veces el espesor
Con pasadores	22 a 24 veces el espesor	26 a 28 veces el espesor

5.4.1) Disposición de juntas

Partiendo de las recomendaciones anteriores se considera que las juntas longitudinales de contracción se colocarán junto a las líneas demarcatorias de división de carriles y las juntas transversales de contracción se dispondrán cada 4 m.

Estas medidas permiten evitar problemas de fisuración en estado endurecido debido a contracción o retracción por secado y efectos de alabeo en losas, con lo cual se reduciría a futuro los costos de mantenimientos.

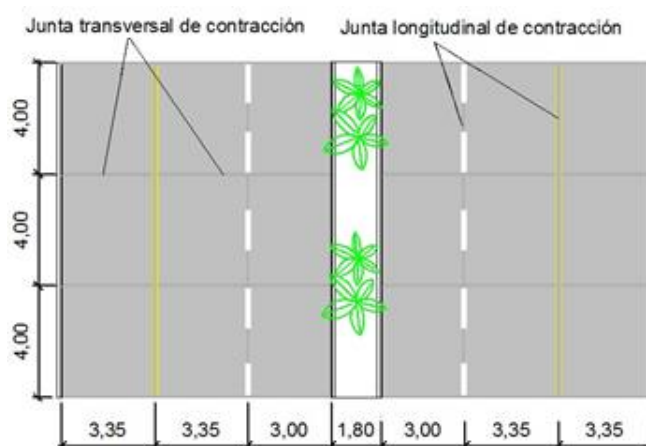


Figura 5.12. Disposición de juntas transversales y longitudinales. Tramo Resistencia.
(Fuente: elaboración propia.)

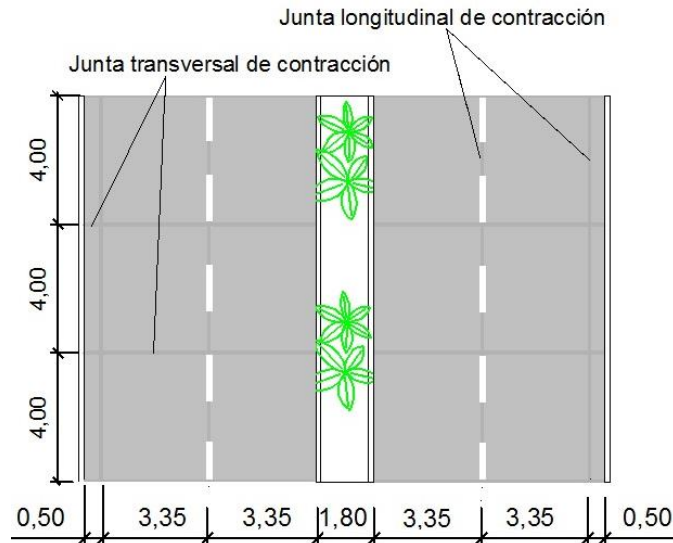


Figura 5.13. Disposición de juntas transversales y longitudinales.
Tramo Barranqueras. (Fuente: elaboración propia.)

5.4.2) Juntas transversales de contracción

Las juntas transversales son perpendiculares al eje de la calzada de hormigón, su espaciamiento no debe ser superior a 4,5 m o 24 veces su espesor, estas juntas permiten controlar la formación de fisuras intermedias en las losas, tanto a edad temprana como en servicio.

Son materializadas por debilitamiento de la sección de hormigón (aserrado), aproximadamente $1/3$ del espesor de la losa. Pueden utilizarse barras pasadoras (figura 5.14) para la transferencia de cargas o bien transferirlas de una losa a otra a través de la trabazón intergranular de la parte fisurada (figura 5.15), esto último es válido para pavimentos de bajo volúmenes de tránsito pesado (menor a 90 camiones por día).

Tanto para el tramo de Resistencia como Barranqueras se opta por utilizar juntas con pasadores debido a que el volumen de tránsito pesado supera los 100 vehículos por día.

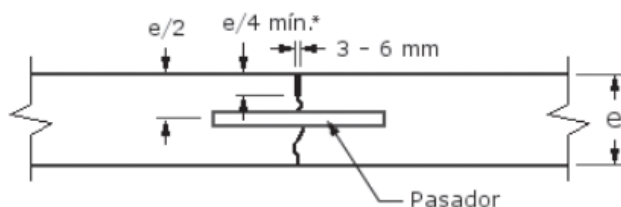


Figura 5.14 Junta transversal de contracción con pasador. (Fuente: ICPA.)

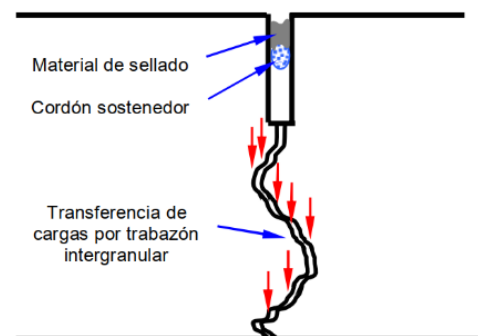


Figura 5.15. Junta transversal de contracción sin pasador. (Fuente: ICPA.)

Los pasadores son barras de acero lisas dispuestas en la junta transversal para transferir cargas sin restringir el movimiento longitudinal de las losas. Para determinar las dimensiones de estas barras, se utiliza las recomendaciones del ICPA. A continuación se observan las disposiciones y dimensiones de las mismas (tabla 5.20).

Tabla 5.20. Disposición y dimensiones de pasadores adoptado.
(Fuente: elaboración propia.)

Tramo	Resistencia	Barranqueras
Tipo de hierro	Barra redonda lisa. Tipo 1. AL -20	
Largo	45 cm	
Díametro	32 mm ($20 < e \leq 25$ cm ; $> e/8$)	
Separación	30 cm centro a centro, 15 cm de centro a borde	
Disposición	Paralelo a la superficie del pavimento En el eje de la calzada Mitad del espesor de la losa Mitad a cada lado de la junta	

5.4.3) Juntas longitudinales de contracción o de articulación

Son similares a la de contracción solo que se ejecutan en el sentido longitudinal de la calzada. Permiten aliviar las tensiones generadas por los alabeos higrotérmicos de la losa. Generalmente se hacen coincidir con la división de los carriles de circulación.

Estas juntas se materializan con el fin de controlar la fisuración cuando dos o más carriles se ejecutan simultáneamente.

El plano de debilitamiento de las mismas alcanza $1/3$ del espesor de la losa como se observa en la figura 5.16.

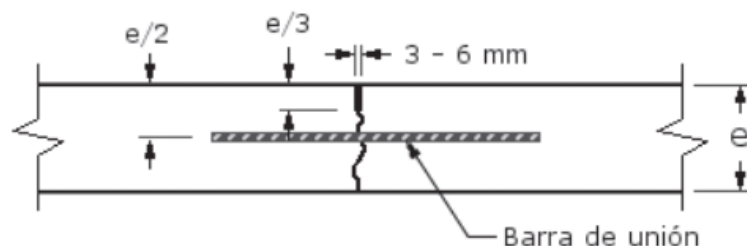


Figura 5.16. Junta longitudinal de contracción con barra de unión. (Fuente: ICPA.)

Estas barras de unión se colocan con el fin de mantener unidas las caras de la fisura, son de acero conformado superficialmente.

Cabe mencionar que estas barras no deben colocarse a menos de 40 cm de una junta transversal ya que de lo contrario pueden interferir en el movimiento de la



misma.

Para el dimensionamiento de estas barras se utiliza la siguiente expresión:

$$A_{bu} = \frac{\gamma * E * L * \mu * S}{f_a}$$

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 (según tabla 5.21)

S= separación entre juntas transversales

f_a = tensión admisible del acero

Tabla 5.21. Coeficientes de fricción.

(Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1.993".)

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

$$A_{BU} = \frac{0,024 \frac{MN}{m^3} * 0,25 m * 3 m * 1,8 * 4 m}{240 MPa} = 5,4 cm^2$$

Se adopta un diámetro de barra de 12 mm

Una vez obtenido la sección, se determina el largo de las mismas (tabla 5.22).

Tabla 5.22. Largo mínimo de las barras de unión. (Fuente: PCA.)

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



A continuación, se presenta un resumen de las características y disposiciones de estas barras (tabla 5.23).

Tabla 5.23. Tabla resumen de las barras de unión. (Fuente: elaboración propia.)

Tramo	Resistencia	Barranqueras
Tipo de barra	Barra de union tipo III	
Tensión de adherencia	2 Mpa	
Tensión admisible	240 Mpa	
Díámetro de la barra	12 mm	
Sección	1,13 cm ²	
Sección necesaria s/cálculo	5,40 cm ²	
Perímetro	3,77 cm	
Longitud	75 cm	
Cantidad por losa	6 barras	
Sección resultante	6,8 cm ²	
Separación entre barras	60 cm	
Distancia entre barras extremas	50 cm	

5.5) Resumen

Como resumen del capítulo del paquete estructural, los mismos quedan constituidos como se observa en la tabla 5.24

Tabla 5.24. Cuadro resumen de especificaciones del paquete estructural de ambos tramos. (Fuente: elaboración propia.)

Tramo		Resistencia			Barranqueras
Subrasante		Suelo A-7-6 mejorado con cal, mejorado con cal Espesor= 0,15 m			
Base		Relleno de densidad controlada Espesor= 0,15 m			
Losa		Pavimento de hormigón H-30			
Dimensiones (m)	Disposicion	Adyacente al separador	Central	Adyacente a la vereda	Ambos carriles
	Largo	4	4	4	4
	Ancho	3	3,35	3,35	3,35
	Espesor	0,25	0,25	0,25	0,22
Banquina		Sin banquina			
Pasadores	Diámetro	32 mm			
	Largo	450 mm			
	Separación	300 mm centro a centro, 150 mm de centro a borde			
	Cantidad por losa	10			
Barra de unión	diámetro	12 mm			
	Longitud	750 mm			
	Cantidad por losa	6			
Junta transversal de contracción		Aserrado de 6 cm, con barras pasadores			
Junta longitudinal de contracción		Aserrado de 7 cm, con barras de unión			

Aclaración: Los movimientos por temperatura son menores que los generados por cambio de humedad. Las juntas de contracción tienden a abrir al hormigón, es decir abren a las fisuras, estas fisuras por contracción alcanzan a los 3 meses espesores de 8 mm mientras que los espesores de las fisuras producidas por los cambios de temperatura alcanzan los 2 mm (para una variación de temperatura de 30°C). Con lo cual se considera que las juntas de contracción son también de dilatación.

En las figuras 5.17 y 5.18 puede observarse la disposición adoptada para los distintos elementos que constituyen el paquete estructural (plano n°12).

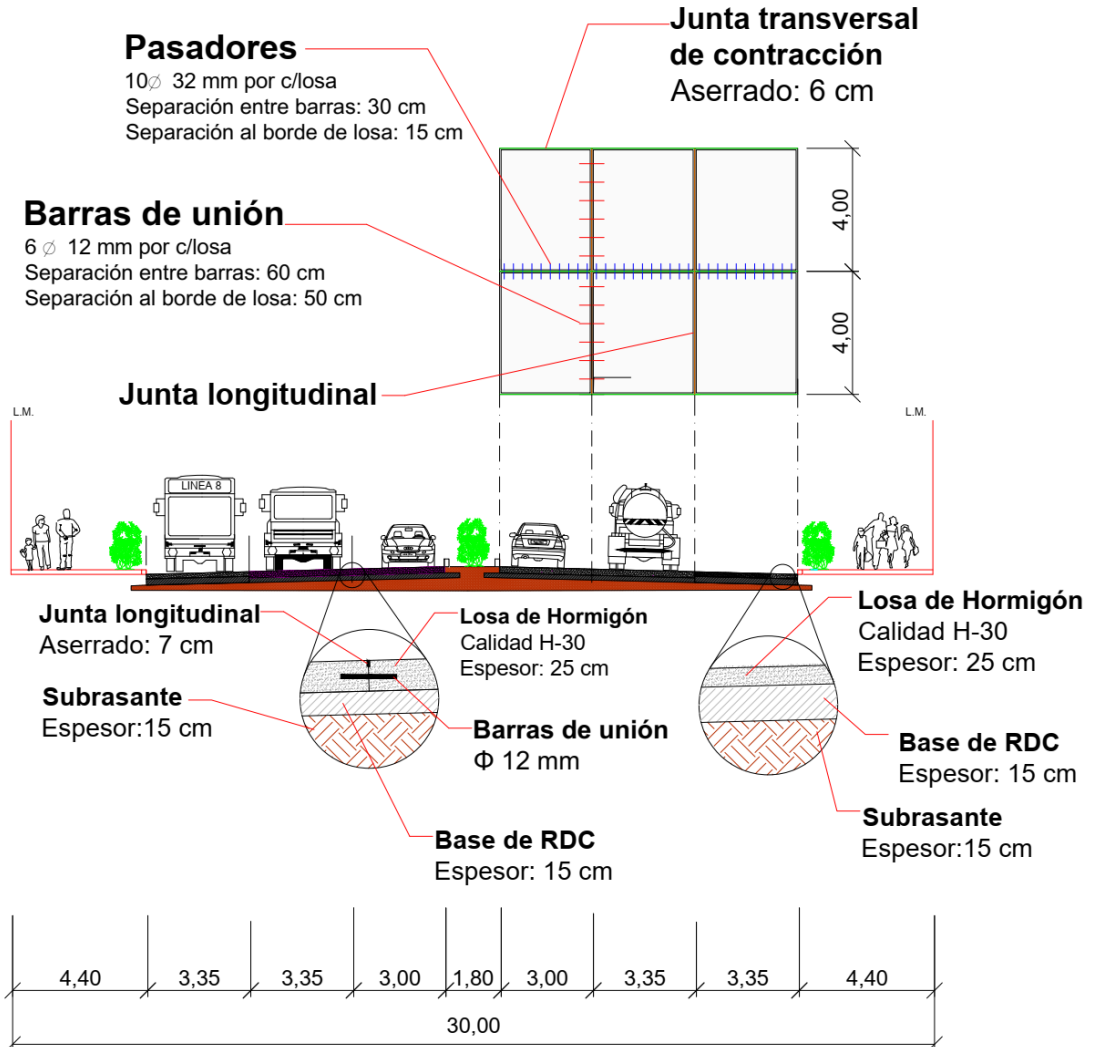


Figura 5.17. Paquete estructural adoptado para el tramo Resistencia.
(Fuente: elaboración propia.)

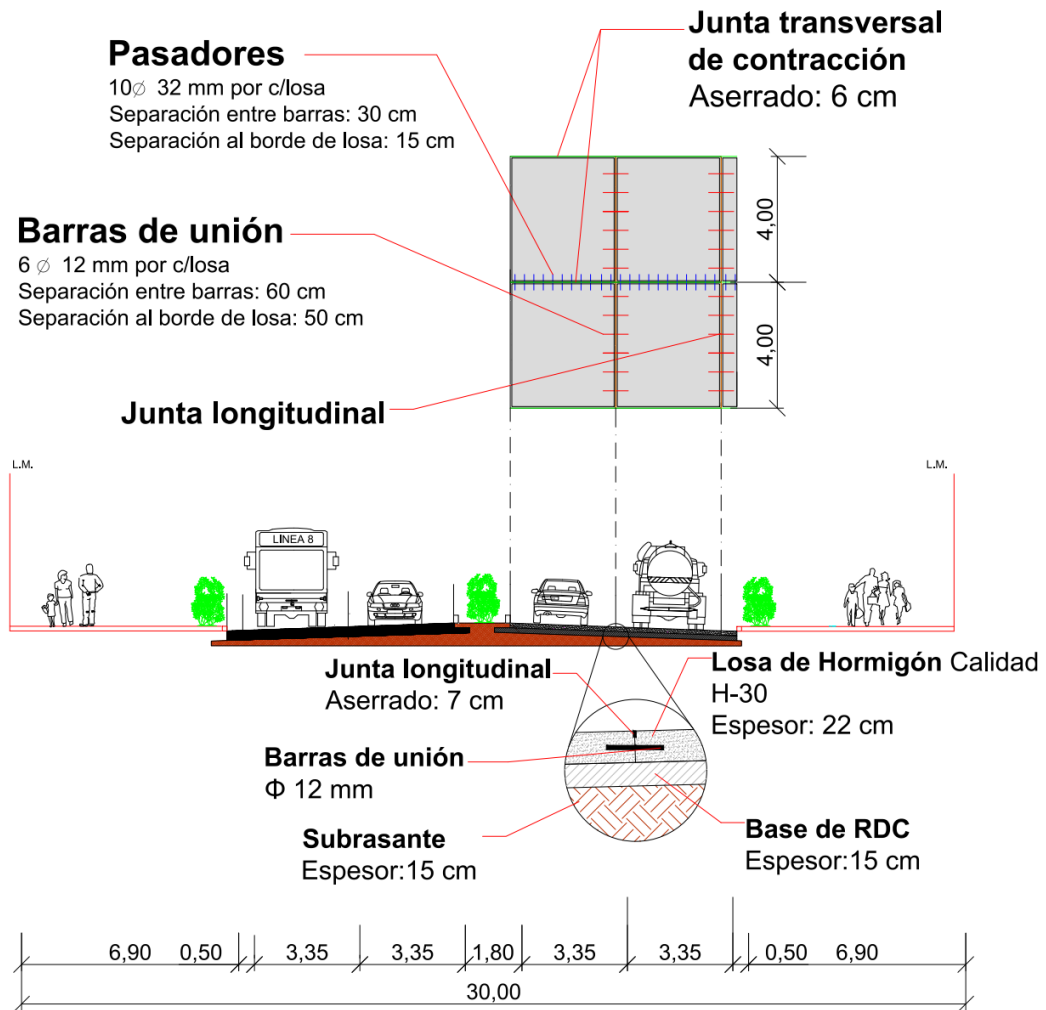


Figura 5.18. Paquete estructural adoptado para el tramo Barranqueras.
(Fuente: elaboración propia.)

5.6) Fuentes

Bibliografía

- AASHTO (1.993). Guide for design of pavement structures. Estados Unidos.
- Instituto del cemento portland argentino (2.014). Normas para diseño para pavimentos rígidos.
Enlace:
http://www.icpa.org.ar/publico/files/mdcph/capitulo_3.pdf
- Ing. D. Calo; Ing. M. Polzinetti (2.016). Manual de pavimentos urbanos de hormigón.



CAPÍTULO 6

Seguridad vial

6.1) Generalidades

La seguridad vial consiste en la prevención de accidentes de tránsito o la minimización de sus efectos, especialmente para la vida y la salud de las personas, cuando tuviera lugar un hecho no deseado de tránsito.

En este capítulo se definirán los tipos de señalización y dispositivos de control a emplearse en nuestra vía, para la minimización de los siniestros ocurridos en la misma de acuerdo al estudio estadístico del capítulo 2; y a las condiciones prevalecientes que justifican su empleo.

Se analizará la intersección más compleja del tramo de acuerdo a su geometría actual, y luego en la misma, se diseñara las fases, tiempos de repartos y ciclos de los nuevos semáforos acorde al diseño geométrico propuesto.

6.2) Señalización vial

La señalización vial responde a la necesidad de organizar y brindar seguridad en caminos, calles, avenidas o rutas. La vida y la integridad de quienes transitan por dichas vías dependen de lo que la señalización indique, de la atención que se le preste y de la responsabilidad de asumir lo que ordenen.

En ese sentido, el lenguaje vial guía tanto a peatones como a conductores por el camino de la seguridad y la prevención de cualquier tragedia.

La señalización vial se divide en:

- **Señalización vertical**
- **Señalización horizontal**
- **Señales luminosas**

6.2.1) Señalización Vertical

Se define como señalización vertical a cualquier dispositivo de control de tráfico que es usado para comunicar de manera específica a los usuarios de la vía a través de una palabra o leyenda con símbolo. Son colocadas al costado del camino, elevadas sobre la calzada, mediante pórticos o ménsulas aéreas.

De acuerdo a su función estas se clasifican en:

- ✓ **Señales reglamentarias**

Son aquellas que transmiten órdenes específicas, de cumplimiento obligatorio en el lugar para el cual están destinadas creando excepción a las reglas generales de circulación;

reglas de velocidad; y reglas de transporte (figura 6.1). La falta de cumplimiento de estas señales constituye una infracción.



Figura 6.1. Señales reglamentarias. (Fuente: Vialidad provincial del Chaco.)

Para nuestra vía se emplearán:

- **Pare:** en todos los accesos secundarios que intersectan nuestra vía principal.
- **Doble circulación:** en calles secundarias que atraviesen la vía principal.
- **Velocidad máxima en zona urbana:** para Resistencia 40 km/h y para Barranqueras 45km/h.
- **Contramano:** en calles secundarias que no atraviesen la vía principal.
- **Prohibido girar en U:** en todas las intersecciones de la vía principal.
- **Prohibido girar a la izquierda:** en intersecciones semaforizadas en el sentido de circulación de la avenida Castelli.
- **Prohibido estacionar a la izquierda:** en ambos municipios sobre av. Castelli.
- **Prohibido estacionar a la derecha:** en Resistencia sobre la vía principal.

✓ **Señales preventivas**

Tienen como propósito advertir a los usuarios de las vías de riesgos y/o situaciones imprevistas de carácter permanente o temporal e indicarles su naturaleza (figura 6.2).

Estas señales requieren que los conductores tomen las precauciones del caso ya sea reduciendo la velocidad o realizando maniobras necesarias para su propia seguridad, la del resto de los vehículos y las de los peatones.

Para nuestra vía se emplearán:

- **Proximidad de semáforo:** sobre vía principal.

- Cruce de peatones.



Figura 6.2. Señales preventivas. (Fuente: Dirección de Vialidad Provincial del Chaco.)

✓ **Señales informativas**

Sirven para indicar y orientar a los conductores sobre cuestiones relacionadas a la ruta, destino o los servicios (figura 6.3). Las señales de ruta o destino son rectangulares con fondo verde, símbolo. Las señales de servicio poseen fondo de color azul, símbolos negros con textos de color blanco.



Figura 6.3. Señales informativas. (Fuente: Dirección Vialidad Provincial del Chaco.)

Para nuestra vía se emplearán:

- **Gomería**
- **Servicio mecánico**
- **Policía:** en zona parque Tiro Federal.
- **Circulación obligatoria**
- **Zona de detención de ómnibus**
- **Carril exclusivo de transporte público:** en la zona de Resistencia.
- **Estacionamiento permitido:** en zona Barranqueras.
- **Indicador de recorridos y camino:** como el giro a la izquierda está prohibido, esta señal se ubicará a 200 m antes de cada cruce, para indicar al usuario su nuevo recorrido, incorporándose así a la vía secundaria sin generar el conflicto.

6.2.2) Emplazamiento de señales laterales

La distancia entre el borde de la calzada o el filo del cordón, y el filo de la señal será igual o mayor a 30 cm (figura 6.4).

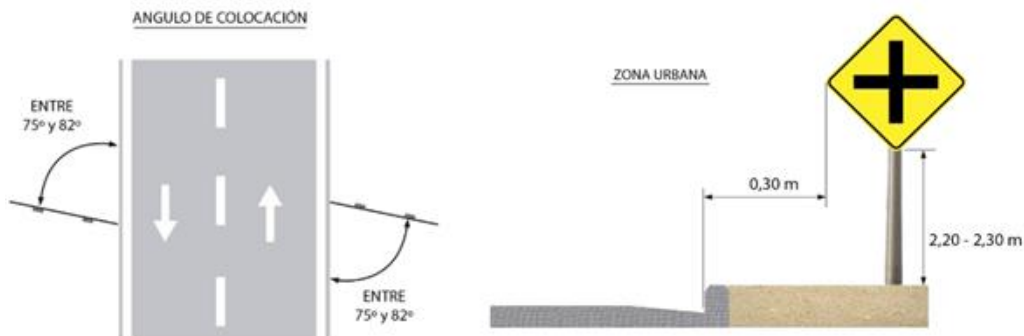


Figura 6.4. Emplazamiento de señales verticales. (Fuente: Dirección Nacional de Vialidad.)

6.2.3) Emplazamiento de señales aéreas

Las señales aéreas se colocarán elevadas sobre la calzada mediante pórticos, columnas o ménsulas. El borde inferior de toda señal aérea, deberá estar a una altura mínima absoluta igual o superior a los cinco metros con una décima de metro (5,10m), sobre el punto más alto de la calzada.



Figura 6.5. Emplazamiento de señales aéreas. (Fuente: Dirección Nacional de Vialidad.)

Para nuestro estudio se proponen señales aéreas con identificación de los carriles de circulación y destinos, como se puede ver en la figura 6.6.

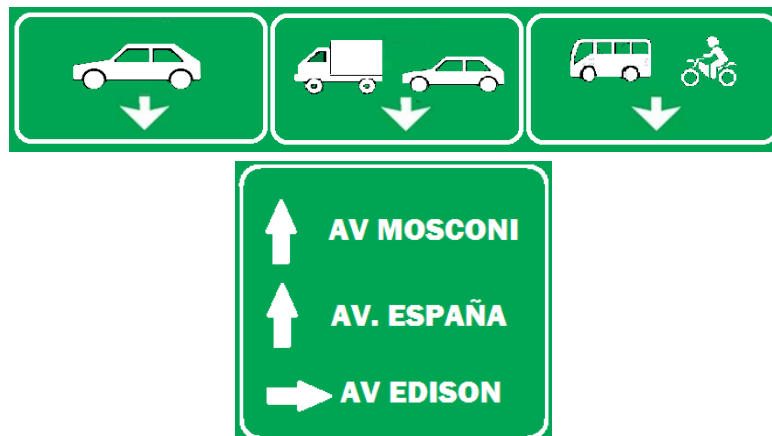


Figura 6.6 Propuestas de señales aéreas para el tramo. (Fuente: elaboración propia.)

6.2.4) Señalización horizontal

La señalización horizontal, corresponde a la aplicación de marcas viales, conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, cordones y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

La demarcación horizontal empleada para nuestra vía es la siguiente:

- (A) **Línea de frenado:** indica la presencia de zona peatonal o cruce de peatones, no deben ser sobrepasadas en el momento de encenderse la luz roja del semáforo hasta la aparición de la luz verde (figura 6.7).

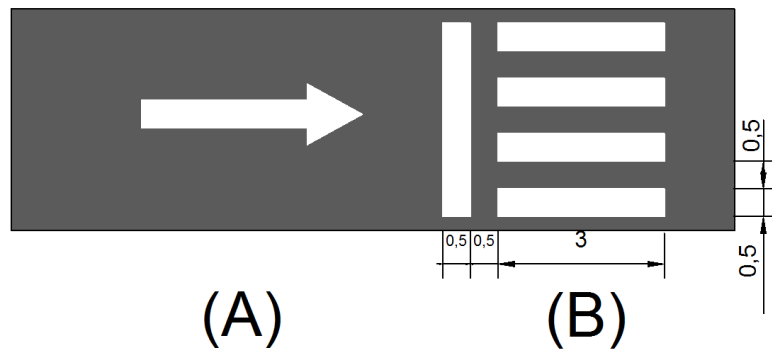


Figura 6.7 Línea de detención y senda peatonal
(Fuente: Cristacol S.A y elaboración propia.)

- (B) **Senda peatonal:** indica la presencia de zona reservada par cruce de peatones, de no estar pintada se tomara como referencia la continuación longitudinal de las aceras (figura 6.7).
- (C) **Línea blanca longitudinal discontinua:** Indica la división de carriles de un mismo sentido de circulación, habilitando el cambio de carril (figura 6.8).

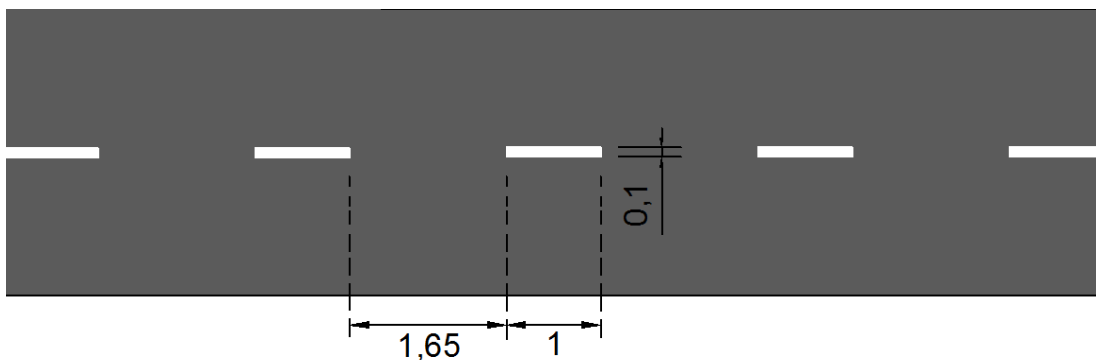


Figura 6.8. Línea divisoria de carriles.
(Fuente: Manual de señalización horizontal. Ley 24.449 Transito y seguridad vial.)

(D) **Línea amarilla longitudinal continua:** los vehículos que circulan por los demás carriles no podrán circular por ella, ni sobrepasarla.

Para el caso de nuestra intersección indica la división del carril para uso exclusivo de colectivos y motocicletas en un sentido de circulación. En este carril estarán pintados los símbolos y leyendas de cada vehículo; cabe aclarar que este carril solamente estará emplazado en el tramo de Resistencia (figura 6.9).

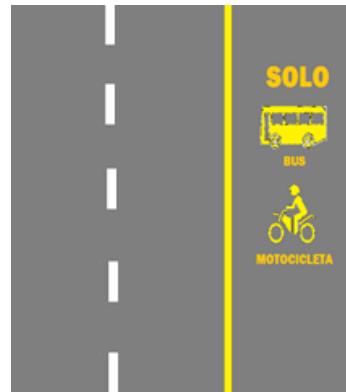


Figura 6.9. Línea continua de color amarillo de carril exclusivo para colectivos y motocicletas
(Fuente: elaboración propia.)

6.2.5) Señales luminosas

Estas señales están conformados por unidades luminosas individuales, que en su conjunto producen mensajes como ser textos, flechas o símbolos que pueden ser variables de acuerdo a las necesidades.

Pueden ser fijas o intermitentes, permitiéndose su ubicación en sitios estratégicos, para mantener bien informado al usuario. Programables a distancia. Entre los diversos dispositivos luminosos podemos mencionar:

- Balizamiento luminoso
- **Semáforos**
- Flechas Luminosas
- Lámparas de señalización
- Bastones Luminosos
- Lámparas halógenas
- **Luminarias de tecnología Led**

Las señales luminosas que se usarán para nuestra vía son los semáforos y las luminarias de tecnología led.

Los *semáforos* son dispositivos que regulan la circulación de vehículos y peatones en la vía, asignando el derecho de paso a estos secuencialmente, mediante luces de color rojo y verde, operadas por una unidad electrónica de control (figura 6.10.)



Figura 6.10. Semáforo (Fuente: Cátedra Transporte - Facultad de Ingeniería UNNE.)

Ventajas

- Colaboran con el movimiento ordenado del tráfico.
- Reduce la frecuencia y severidad de ciertos tipos de colisiones, especialmente a 90 grados.
- Son coordinados para proveer un tránsito continuo o casi continuo a cierta velocidad a lo largo de una vía dada.
- Interrumpen el tránsito pesado, permitiendo el cruce de otros vehículos o peatones.

Desventajas

- Demora excesiva.
- Desobediencia excesiva de las indicaciones de las señales.
- Incremento en el uso de calles no adecuadas para evitar los semáforos.
- Significativo incremento en las frecuencias de las colisiones (especialmente desde atrás).

Pueden ser ubicados:

- 1) *En la acera más cercana al sentido de flujo.* Los vehículos a la espera de la luz verde, deben situarse lo más atrás posible de la línea de alto, permitiendo mayor espacio para la circulación de peatones por la senda. Los conductores en la espera del verde, no pueden ver el cambio de luces del otro semáforo de la intersección, eliminando la costumbre de iniciar la marcha cuando éste da el amarillo, y antes que se encienda su propia luz verde.
- 2) *En la acera opuesta a aquella en que se encuentra la línea de parada.*

Actualmente las intersecciones de la vía cuentan con 7 semáforos de cuatro fases, situados en la acera más cercana al sentido de flujo como se aprecia en las figuras 6.11 y 6.12.



Figura 6.11. Semáforo en la intersección de av. Castelli y av. Urquiza.
(Fuente: Google street view.)

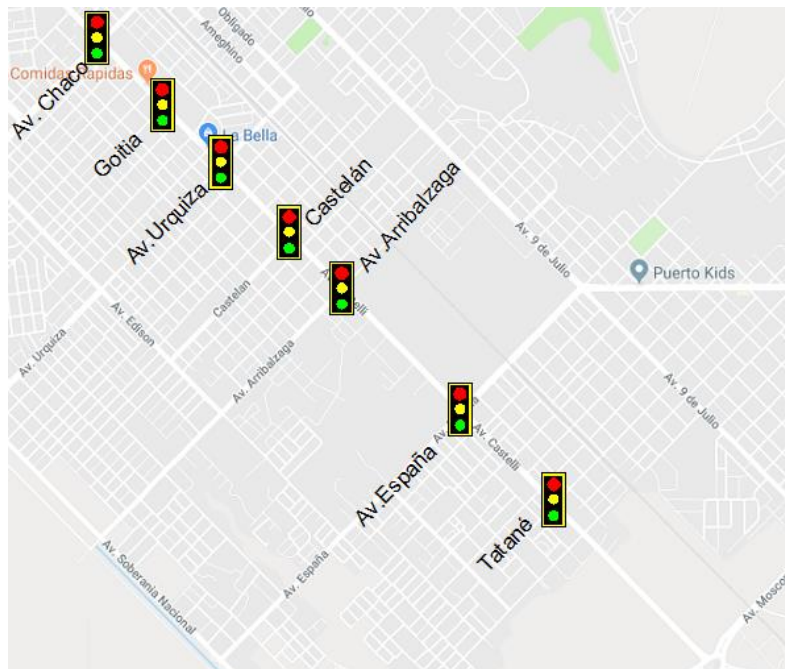


Figura 6.12. Intersecciones semaforizadas actuales del tramo.
(Fuente: Google street view y elaboración propia.)

6.3) Verificación de la intersección semaforizada actual

La red vial en estudio presenta 7 intersecciones semaforizadas, de las cuales solo se estudiará el semáforo ubicado en Av. Castelli y Av. Urquiza. Con los datos obtenidos del censo en la hora pico y el número de colisiones se verificará si la ubicación del mismo al igual que sus tiempos de reparto son válidos.

A nivel de anteproyecto solo se analizará la garantía de **“Hora pico”** y **“Existencia de colisiones”**, ya que cumpliendo una de las ocho garantías que propone el manual MUTCD **“Nivel 3: Semaforización”**, será necesario la colocación del dispositivo.



6.3.1) Metodología

- a) La **garantía de Hora pico** presenta dos condiciones: la de demora y volumen. La *condición de volumen* establece que se verifica dicha garantía cuando en la gráfica (figura 6.13) el punto que representa los vehículos que circulan en la hora pico en la calle principal y en la calle secundaria, caiga por arriba de la curva que corresponde a la combinación de número de carriles.

Tabla 6.1. Volúmenes totales en la hora pico en la intersección av. Castelli y av. Urquiza.(Fuente: elaboración propia.)

Tiempo		Volumenes de vehiculos (veh/h)					
		Calle principal					
Hora	Período	Av. Castelli (Dirección NO -SE) ↓			Av. Castelli (Dirección SE-NO) ↑		
		Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI
12:00- 13:00	12:00 - 12:15	291	49	4	139	22	70
	12:15 - 12:30	306	54	11	125	11	64
	12:30 - 12:45	290	58	12	160	10	67
	12:45 - 13:00	272	56	9	179	14	50
TOTALES		1159	217	36	603	57	251
		2323					
Tiempo		Calle secundaria					
		Av. Urquiza (Dirección SO -NE) →			Av. Urquiza (Dirección NE -SO) ←		
Hora	Período	Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI
12:00- 13:00	12:00 - 12:15	41	29	37	50	5	21
	12:15 - 12:30	33	37	31	63	8	29
	12:30 - 12:45	47	46	64	57	7	23
	12:45 - 13:00	40	48	59	49	10	21
TOTALES		161	160	191	219	30	94
		855					

La tabla 6.1 refleja los valores resultantes del aforo manual realizado en la hora pico los cuales se emplean para ingresar a la figura 6.13.

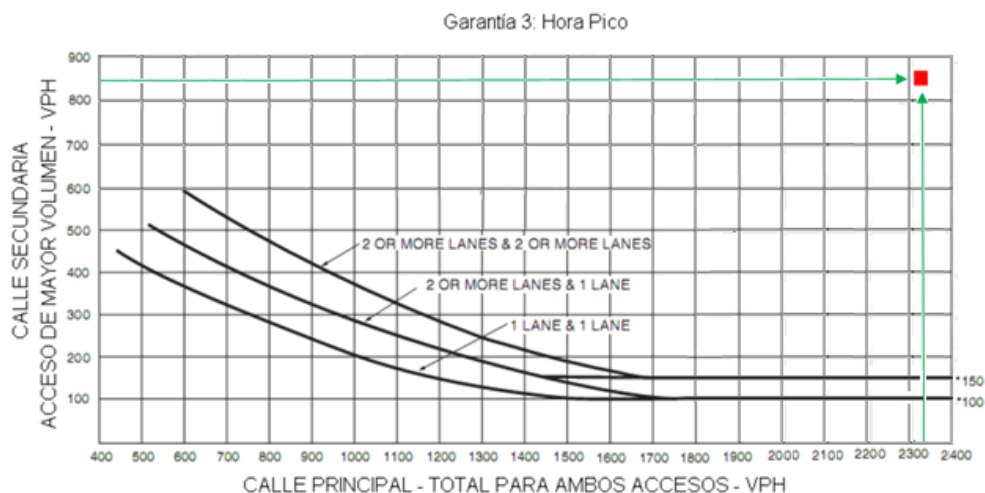


Figura 6.13. Abaco de garantía 3. Intersección entre av. Castelli y av. Urquiza (Fuente: Cátedra Transporte – UNNE Ingeniería)



Se observa que para un volumen de 2323 veh/h para la calle principal y 855 veh/h para la calle secundaria se satisface la condición de volumen ya que el punto cae por encima de la curva correspondiente a 2 o más carriles por acceso.

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:

- *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.*
Esta condición no puede comprobarse debido a que no se cuenta con un cartel de PARE.
- *El volumen en el mismo acceso secundario es igual o excede 100 vph para un carril o 150 vph para dos carriles.*
Esta condición se cumple.
- *El volumen total de servicio durante la hora iguala o excede 650vph para intersecciones con tres accesos y 800vph para intersecciones con cuatro o más accesos.*
Se cumple.

Al no cumplirse en simultáneo las tres condiciones no se satisface la condición de demora.

La garantía establece que habiéndose cumplido con algunas de las dos condiciones, la de demora o volumen, la misma es verificada con lo cual la ubicación actual del semáforo es correcta.

b) Garantía existencia de colisiones

Se utiliza en donde la severidad y frecuencia de accidentes es la principal causa para la colocación de una intersección semaforizada, y otras medidas han fracasado. La condición de aplicación establece:

“Cinco o más colisiones del tipo susceptibles de corregir mediante semáforos fueron reportadas en un periodo de 12 meses, cada accidente involucra daños personales y a la propiedad.”

A partir de la información de accidentes brindado por la policía del Chaco, se comprobó que en la intersección entre av. Castelli y av. Urquiza se registraron en el año 2017, 14 colisiones en la intersección, *con lo cual la garantía se satisface.*

Conclusión: *la intersección semaforizada actual cumple con los requisitos que indica la metodología, ya que se establece que al verificarse una de las ocho garantías se debe colocar semáforo, resultando válido y necesario la ubicación del dispositivo de control.*



Aclaración: se deberían analizar las 8 garantías para cada una de las intersecciones. A fines prácticos y a nivel de anteproyecto solo se analizó 2 garantías por falta de información.

Se considera que la ubicación actual de cada uno de los semáforos es correcta, a fines de:

- Evitar disipar el pelotón de vehículos
- Asegurar un flujo ininterrumpido
- Reducir la frecuencia y severidad de colisiones, especialmente a 90°

Por tal motivo se adoptará la misma distribución para la situación con proyecto.

6.3.2) Tiempos de reparto de la situación actual

Los semáforos correspondientes a la intersección son del tipo *predefinido*, la longitud del ciclo, fases, tiempo de verde, e intervalos de cambio (Amarillo) son prefijados.

Su eficiencia como dispositivo de control es limitada, ya que en condiciones de cierta densidad, su función es la de evitar la ocurrencia de accidentes. La razón de esta eficiencia limitada, radica en su incapacidad para responder a los cambios de intensidad de flujo.

En la intersección de las avenidas Castelli y Urquiza, el plan de operación de semáforos no cuenta con un diseño previo, solamente lleva una programación estándar, donde los tiempos de repartos para todos los accesos son constantes, no respondiendo a las intensidades de flujos de cada uno.

Actualmente los dispositivos poseen 4 fases, entendiéndose como *fase* al tiempo durante el cual puede realizarse un determinado movimiento en la intersección, mediante la señal de verde. Los tiempos de reparto para todos los accesos de la intersección son iguales (tabla 6.2).

Tabla 6.2. Tiempos de reparto actuales en la intersección de Av. Castelli y Av. Urquiza.
(Fuente: elaboración propia.)

Tiempos de reparto actuales				
	Semáforo 1	Semáforo 2	Semáforo 3	Semáforo 4
Tiempo (seg)	70	70	70	70
	2,5	2,5	2,5	2,5
	18	18	18	18
Ciclo	90,5	90,5	90,5	90,5

Cada semáforo mediante la señal de verde asigna el derecho de paso al flujo vehicular de su correspondiente acceso como muestra la figura 6.14.

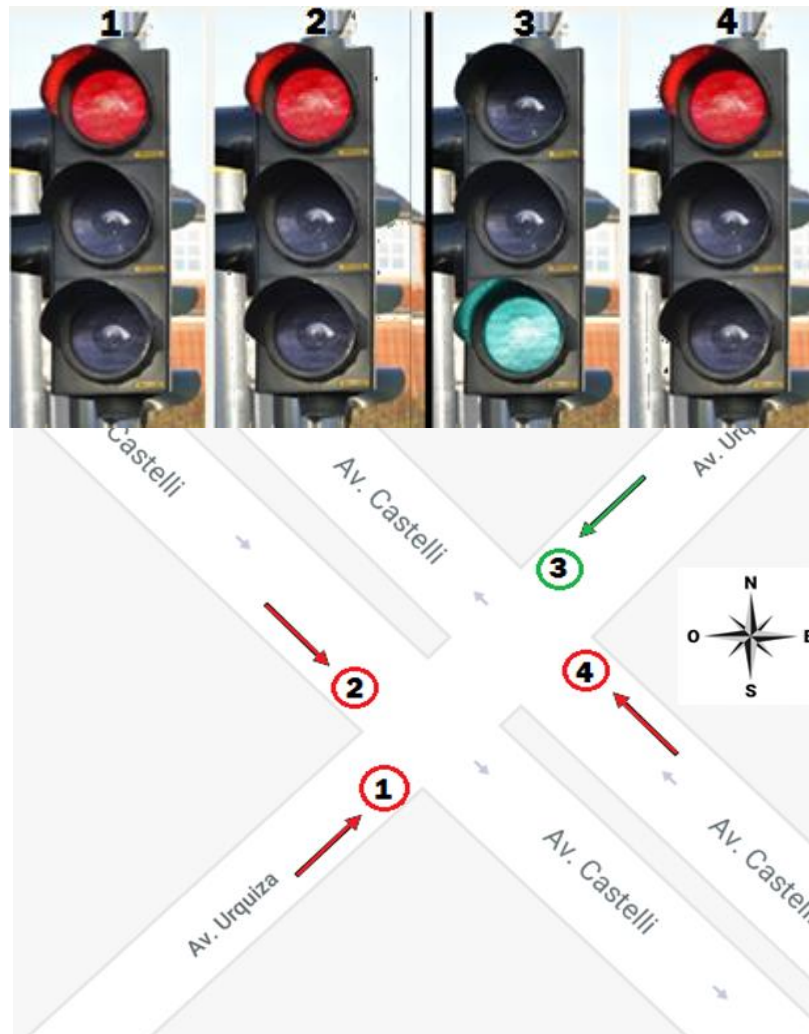


Figura 6.14. Secuencias de señal para semáforo de 4 fases. Situación actual.
(Fuente: Google maps del año 2017 y elaboración propia.)

6.3.3) Determinación de Tiempos perdidos, verde efectivo y capacidad de acceso para situación actual

El **Tiempo Perdido** es un tiempo durante la cual la intersección no está efectivamente usada por movimiento alguno (intersección despejada). Este tiempo ocurre durante el intervalo de cambio (I_2) y al principio de cada fase cuando se empieza a mover la fila de automóviles (I_1).

Tiempo perdido inicial I_1 : es el tiempo transcurrido entre el inicio de la indicación verde y el cruce de las ruedas traseras de los vehículos por la línea del cordón de vereda.

$I_1 = 2 \text{ segundos}$

Tiempo perdido en el despeje I_2 : asociada a la detención de la fila al final de la señal verde. Es una porción del intervalo de cambio (amarillo), no utilizada efectivamente por los vehículos más todo rojo, si es que existe.



$$I_2 = y_i + tr - e$$

y_i = Longitud del intervalo amarillo (s)

tr = Longitud del intervalo todo rojo (s). Todos los semáforos están en rojo.

e = Ocupación de vehículos en amarillo y todo rojo (aprox. 2 s)

El *tiempo perdido total por fase* se define:

$$T_1 = I_1 + I_2 \text{ (seg/fase)}$$

Por lo tanto el *tiempo perdido por ciclo* se define como:

$$L = N * T_1 \text{ (seg/ciclo)}$$

Siendo: N = número de fases.

De acuerdo al diseño de fases será:

Con $N=4 \rightarrow L = T_{11} + T_{12} + T_{13} + T_{14}$

Con $N=3 \rightarrow L = T_{11} + T_{12} + T_{13}$

Con $N=2 \rightarrow L = T_{11} + T_{12}$

Esto nos lleva al concepto de tiempo de **verde efectivo** (g_i) que se define como:

$$g_i = G_i + Y_i - t_{li}$$

G_i = Tiempo de verde real para el movimiento(s) i

Y_i = Intervalo de cambio y todo rojo para el movimiento(s) $i \rightarrow Y_i = y_i + tr$

t_{li} = Tiempo perdido total para el movimiento(s) i

La capacidad se define como el máximo volumen de vehículos o intensidad (veh/h) que puede albergar un acceso.

La **capacidad de un carril o grupo de carriles**, podrá computarse luego como:

$$c_i = s_i * \frac{g_i}{C}$$

s_i = Flujo de saturación del carril o Grupo de carriles i , (veh/(hora de verde))/carril



Figura 6.15. Tiempos de reparto y duración del ciclo en semáforo.
(Fuente: elaboración propia).



C = duración del ciclo de la señal (seg) , como se ve en la figura 6.15.

La tasa de *flujo de saturación* (s_i) representa la capacidad de un carril o grupo de carriles de una intersección suponiendo que la luz es siempre verde. Para hallar s se puede partir de la expresión $s = \frac{3600}{h}$ siendo h : *descarga de saturación* ($\frac{seg}{veh}$)

En promedio $h = 2,4 \text{ seg/veh}$ lo que nos daría $s_i = 1500 \frac{veh}{hv} / \text{carril}$.

Según el Manual de Diseño y evaluación social de proyectos de vialidad urbana (SECTU 1988, para un período pico (tabla 6.3):

Tabla 6.3. Flujo de saturación según el tipo de pista.
(Fuente: Manual de Diseño y evaluación social de proyectos de vialidad urbana.)

Tipo de Pista	Flujo de Saturación
Sólo Autos	2000
Autos y Buses	1800

Tanto para la situación actual como proyecto se adoptará:

$$s = 1600 \text{ veh/hv/carril}$$

Luego debemos realizar la asignación del tiempo de verde efectivo en el acceso (tabla 6.4).

Tabla 6.4. Cálculo de tiempos perdidos, verdes efectivos y capacidades por acceso actuales.
(Fuente: elaboración propia.)

Fases	Tiempo de Amarillo	Ocupación de vehículos en amarillo y todo rojo	Tiempo perdido al inicio	Tiempo perdido en el despeje	Tiempo perdido total por fase
N=4	Y (seg)	e (seg)	I1 = 2 seg	I2 = Y - e (seg)	TL = I1 + I2 (seg)
Fase 1	2,5	2	2	0,5	2,5
Fase 2	2,5	2	2	0,5	2,5
Fase 3	2,5	2	2	0,5	2,5
Fase 4	2,5	2	2	0,5	2,5
Tiempo Perdido por ciclo		L (seg)	10		
Duración del ciclo por fase		C (seg)	90,5		
Flujo de saturación		Sí (veh/hv/carril)	1600		
Avenida	Dirección N O E S	Fases	Tiempo de verde real por fase	Tiempo de verde efectivo por fase	Capacidad de acceso
		N=4	Gi (seg)	gi = Gi + Yi - tli (seg)	ci = si * gi / C (veh/h/c)
Urquiza	SO - NE	Fase 1	18	18,0	318,2
Castelli	NO - SE	Fase 2	18	18,0	318,2
Urquiza	NE - SO	Fase 3	18	18,0	318,2
Castelli	SE - NO	Fase 4	18	18,0	318,2



6.3.4) Cálculo de demora para la situación actual

La **demora** se define como la cantidad de tiempo consumido en atravesar la intersección, es decir, la diferencia entre el tiempo de llegada y el tiempo de partida.

Es uno de los principales factores para determinar el nivel de servicio de una intersección o vía samaforizada.

Para determinar la demora total en cada acceso emplearemos los modelos matemáticos de demora uniforme de *Webster* y la ecuación de *Akcelik*.

Modelo de demora uniforme de Webster: este modelo considera un arribo uniforme de vehículos y que ninguna fase tiene fallos, es decir, que en ningún ciclo la capacidad es excedida por la demanda ($v/c > 1$).

$$UD = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \frac{\left[1 - \left(\frac{g}{C}\right)\right]^2}{\left[1 - \left(\frac{v}{s}\right)\right]} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \frac{\left[1 - \left(\frac{g}{C}\right)\right]^2}{\left[1 - \left(\frac{g}{C}\right) \cdot \left(\frac{v}{c}\right)\right]}$$

UD: demora uniforme promedio por vehículo (s/veh)

C: duración del tiempo de ciclo (seg)

g: duración del tiempo de verde efectivo (s)

v: tasa de flujo de arribo o volumen vehicular (veh/h)

c: capacidad del acceso (veh/h)

v/c: factor de uso de carril, o grado de saturación.

Cuando el factor de uso de carril está entre 0.85 y 1.15, se han realizado diversas investigaciones para el desarrollo de un modelo que siga al modelo de demora uniforme en v/c bajos, y se aproxime al modelo de sobre-flujo para $v/c > 1.15$.

Modelo teórico según Akcelik: desarrollado para el "Australian Road Research Board's Signalized Intersection Analysis Procedure":

$$OD = \frac{c \cdot T}{4} \cdot \left[\left(\frac{v}{c} - 1\right) + \sqrt{\left(\frac{v}{c} - 1\right)^2 + \left(\frac{12 \cdot \left(\frac{v}{c} - X_o\right)}{c \cdot T}\right)} \right]$$

$$X_o = 0.67 + \left(\frac{S_{seg} \cdot g}{600}\right)$$

$$\frac{v}{c} \leq X_o \Rightarrow OD = 0$$

v: volumen medido (veh/h)

c: capacidad del acceso (veh/h).

Sseg: flujo de saturación $\left(\frac{veh}{sv}\right)$, (vehículos por segundo de verde) $\rightarrow S_{seg} = \frac{s}{3600}$

g: tiempo de verde efectivo (seg)

T = Período de análisis



La **Demora total** para cada fase o acceso en este caso la obtendremos sumando ambos modelos matemáticos.

$$DT = UD + OD$$

Datos:

- Como el flujo de saturación es $s = 1600 \text{ veh/hv/c} \rightarrow S_{seg} = \frac{s}{3600} = 0,44$
- Factor de uso de carril $\rightarrow \frac{v}{c} = 0,9$
- Período de análisis $T = 1 \text{ hora}$
- Capacidad de los accesos: $c1 = c2 = c3 = c4 = 318 \text{ veh/h}$

Tabla 6.5. Cálculo de demora actual para cada fase.
(Fuente: elaboración propia.)

Fases	Demora según Akcelik		Demora Uniforme	Demora total
N=4	Variable Xo	OD (s/veh)	UD (s/veh)	DT (s/veh)
Fase 1	0,68	2,8	35,4	38,1
Fase 2	0,68	2,8	35,4	38,1
Fase 3	0,68	2,8	35,4	38,1
Fase 4	0,68	2,8	35,4	38,1

Como podemos apreciar en la tabla 6.5, el valor de demora calculado es contante para todas las fases, lógicamente por tener los mismos tiempos de repartos estandarizados para los actuales semáforos de cada acceso.

Si ingresamos a la tabla 6.6 con el valor de $DT = 38 \text{ s/veh}$ podemos clasificar el nivel de servicio de nuestra vía, en la categoría D.

Tabla 6.6. Nivel de servicio en vías urbanas.

(Fuente: Manual de capacidad de carreteras, Luis B. Blázquez – José B. García.)

NS en vías urbanas	
NIVEL DE SERVICIO	DEMORA MEDIA (s/veh)
A	$d \leq 5$
B	$5 < d \leq 15$
C	$15 < d < 25$
D	$25 < d \leq 40$
E	$40 < d \leq 60$
F	$d < 60$

El **Nivel de servicio D** se caracteriza por una demora elevada entre 25 y 40 segundos, donde hay una notable influencia de congestión. Falta de capacidad en ciclos individuales y mucha detención de vehículos.



6.4) Intersección semaforizada con proyecto

Con la modificación de las características geométricas de la vía, y el aforo vehicular de la intersección en cuestión, pero esta vez proyectada al año de inauguración de la obra, realizaremos el diseño de fases de los semáforos; y el cálculo de demora, para comparar con la situación actual. Esto será un factor sumamente importante a considerar al momento de realizar la evaluación económica-financiera, por los beneficios que traería el proyecto en el caso de ser rentable, como el ahorro de viajes de los usuarios en la vía y la seguridad sobre la misma aferrada a una cuestión de salud pública.

Diseño de Fases

Mediante las fases se logra separar los movimientos conflictivos de vehículos. El diseño operativo debe buscar maximizar la seguridad de tránsito y lograr un funcionamiento eficiente desde el punto de vista de las demoras, detenciones u otros indicadores. Se empleará los volúmenes de vehículos de la tabla 6.7 para el diseño.

Tabla 6.7. Aforo vehicular de la intersección de avenidas Castelli y Urquiza, proyectado al inicio de vida útil. (Fuente: elaboración propia.)

Aforo para inicio de vida Útil							
Tiempo		Volumenes de vehiculos (veh/h)					
		Av. Urquiza (Dirección SO -NE) →			Av. Castelli (Dirección NO -SE) ↓		
Hora	Período	Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI
		43	30	38	303	51	4
12:00- 13:00	12:00 - 12:15	34	38	32	318	56	11
	12:15 - 12:30	49	48	67	302	60	12
	12:30 - 12:45	42	50	61	283	58	9
	12:45 - 13:00	168	166	198	1206	225	36
TOTALES		532			1467		
ACCESOS		ACCESO 1			ACCESO 2		
Tiempo		Av. Urquiza (Dirección NE -SO) ←			Av. Castelli (Dirección SE-NO) ↑		
Hora	Período	Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI
		52	5	22	145	23	73
12:00- 13:00	12:00 - 12:15	66	8	30	130	11	67
	12:15 - 12:30	59	7	24	166	10	70
	12:30 - 12:45	51	10	22	186	15	52
	12:45 - 13:00	228	30	98	627	59	262
TOTALES		356			948		
ACCESOS		ACCESO 3			ACCESO 4		

La característica más importante que impulsa al desarrollo del plan de fases es el tratamiento de los giros a la izquierda. Estos se pueden dividir en:

- *Protegidos*: movimiento de vehículos realizados sin conflictos con otros. (Flujo opuesto: detenido)
- *Permitidos*: movimiento de vehículos realizado a través del flujo de peatones u otros vehículos en conflicto.
- *Combinación de ambos*



Hay dos reglas generales para determinar si un determinado movimiento de giro a la izquierda requiere protección:

$$vLT \geq 200veh/h \quad \text{o} \quad vLT * \left(\frac{v_o}{No}\right) \geq 50.000$$

vLT: tasa de flujo de giro a la izquierda veh/h

v_o: tasa de flujo opuesto al movimiento veh/h

No: número de carriles del flujo opuesto que atraviesa el acceso

Lo expuesto anteriormente, se aplica en la tabla 6.8 empleando los volúmenes de giro a la izquierda de la intersección, que se pueden ver con mayor detalle en el anexo del capítulo 2.

Tabla 6.8. Protección de giro a la izquierda para aforo vehicular con proyecto.
(Fuente: elaboración propia.)

Protección de giro a la izquierda				
Reglas	Dirección Ne	Dirección No	Dirección So	Dirección Se
$VLT \geq 200 veh/h$	198 < 200	262 > 200	98 < 200	36 < 200
$VLT * \frac{v_o}{No} \geq 50.000$	22572	105324	8232	7524
Avenida	Urquiza	Castelli	Urquiza	Castelli
Protección	No requiere	Requiere	No requiere	No requiere

Como podemos ver de la tabla anterior solamente la dirección **NO** requiere protección, por tal motivo se adopta 3 fases.

El manual MUTCD considera que para un buen diseño de fases se deberá tener un tiempo de ciclo comprendido entre los **40** y **120** segundos.

Para nuestro caso hemos adoptado 3 Fases:

- **FASE 1:** Flujo vehicular correspondiente a la dirección NE (Av. Urquiza).
- **FASE 2:** Flujo vehicular correspondiente a la direcciones NO y SE (Av. Castelli).
- **FASE 3:** Flujo vehicular correspondiente a la dirección SO (Av. Urquiza).

6.4.1) Cálculo del intervalo de cambio

Cuando aparece la luz amarilla, los conductores que se encuentran a una distancia mayor que su distancia de frenado segura, serán capaces de detener el vehículo cómodamente, pero aquellos que están más cerca de la línea de alto que su distancia de parada segura deben acelerar para despejar la intersección.

Definimos a $X_c = \text{Distancia segura de frenado}$. Es la distancia mínima a la que el vehículo se puede detener cómodamente. Menos distancia, sería incómodo, peligroso o imposible.

$$x \geq x_c = v \cdot t_r + \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot (f \pm i)} \quad \text{(a)}$$



La verificación también puede hacerse de la siguiente forma:

$$x + a + L \leq v \cdot Y \quad (\text{b})$$

Calcularemos el tiempo de amarillo para cada fase.

- | | |
|---|-----------------------------------|
| x : distancia entre el vehículo y la línea de alto | tr : tiempo de reacción |
| f : coeficiente de fricción | v : velocidad del vehículo |
| g : aceleración de la gravedad | f · g : la desaceleración |
| L : longitud del vehiculo medida desde la línea del cordón | |

Despejamos de la ecuación (b) y obtenemos

$$Y_{\min} = tr + \frac{v}{2 \cdot g \cdot (f \pm i)} + \frac{a+L}{v} \quad (\text{c})$$

Y_{min}: Duración del tiempo de Amarillo mínimo

Para la determinación del tiempo de amarillo en cada acceso se utilizan las distancias a y L las cuales se pueden apreciar en las figuras 6.16, 6.17, 6.18 y 6.19.

- Intervalo de cambio para acceso 1**

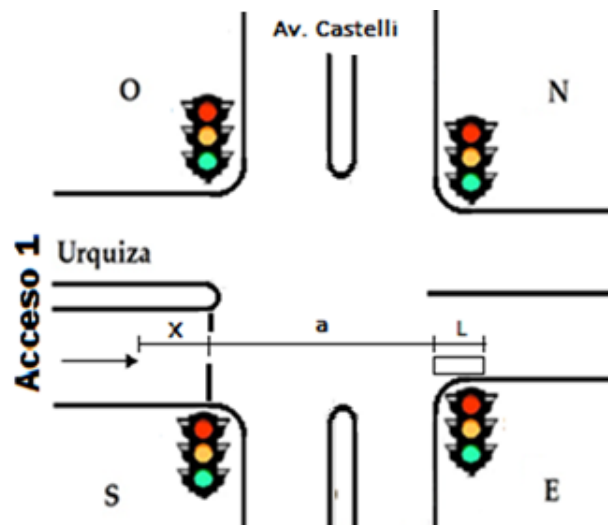


Figura 6.16. Intersección de av. Urquiza y Castelli. Cálculo de amarillo en acceso 1.
(Fuente: elaboración propia.)

Datos

$$tr1 = 1 \text{ seg} \quad v1 = 40 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 11,1 \text{ m/seg} \quad a1 = 22 \text{ m}$$

$$L1 = 4,5 \text{ m} \quad g1 = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \quad f1 = 0,55$$

$$Y_{\min 1} = 1 \text{ seg} + \frac{11,1 \text{ m/seg}}{2 * 9,81 \text{ m/seg}^2 * 0,55} + \frac{22 \text{ m} + 4,5 \text{ m}}{11,1 \text{ m/seg}} = 4,4 \text{ segundos}$$

$$Y_{Fase 1} = 4,4 \text{ s}$$

- Intervalo de cambio para acceso 2

Datos

$$tr2 = 1 \text{ seg} \quad v2 = 45 \frac{km}{h} = 12,5m/seg \quad a2 = 29 \text{ m}$$

$$L2 = 4,5 \text{ m} \quad g2 = 9,81 \frac{m}{seg^2} \quad f2 = 0,55$$

$$Y_{min2} = 1 \text{ seg} + \frac{12,5 \text{ m/seg}}{2 * 9,81m/seg^2 * 0,55} + \frac{29m + 4,5m}{12,5m/seg} = 4,8 \text{ segundos}$$

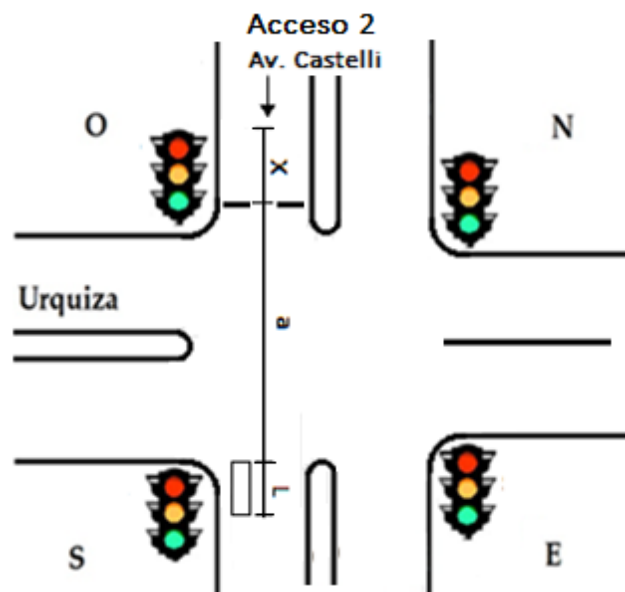


Figura 6.17. Intersección de av. Urquiza y Castelli. Cálculo de amarillo en acceso 2.
(Fuente: elaboración propia.)

- Intervalo de cambio para acceso 4

Datos

$$tr4 = 1 \text{ seg} \quad v4 = 45 \frac{km}{h} = 12,5m/seg \quad a4 = 25,9 \text{ m}$$

$$L4 = 4,5 \text{ m} \quad g4 = 9,81 \frac{m}{seg^2} \quad f4 = 0,55$$

$$Y_{min4} = 1 \text{ seg} + \frac{12,5 \text{ m/seg}}{2 * 9,81m/seg^2 * 0,55} + \frac{25,9m + 4,5m}{12,5m/seg} = 4,6 \text{ segundos}$$

Para la Fase 2 se adopta el mayor tiempo de amarillo de los dos accesos.

$$Y_{Fase 2} = 4,8 \text{ s}$$

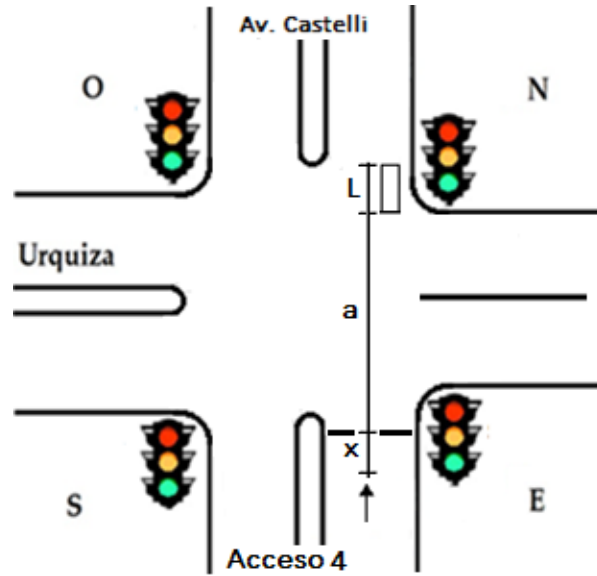


Figura 6.18. Intersección de av. Urquiza y Castelli. Cálculo de amarillo en acceso 4.
(Fuente: elaboración propia)

- Intervalo de cambio para acceso 3

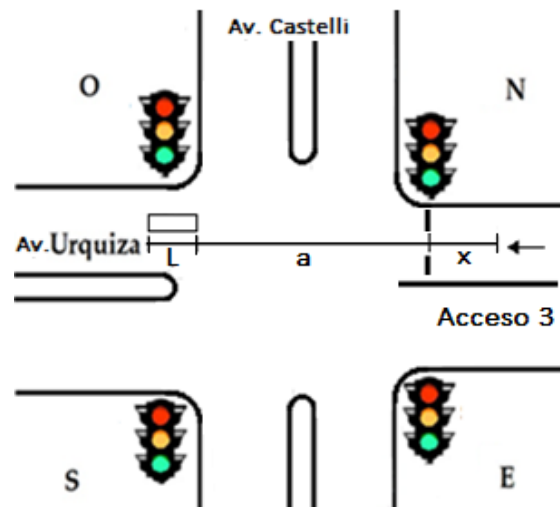


Figura 6.19. Intersección de av. Urquiza y Castelli. Cálculo de amarillo en acceso 3.
(Fuente: elaboración propia.)

Datos

$$\begin{aligned} tr_3 &= 1 \text{ seg} & v_3 &= 40 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 11,1 \text{ m/seg} & a_3 &= 18,5 \text{ m} \\ L_3 &= 4,5 \text{ m} & g_3 &= 9,81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} & f_3 &= 0,55 \end{aligned}$$

$$Y_{\min 3} = 1 \text{ seg} + \frac{11,1 \text{ m/seg}}{2 * 9,81 \text{ m/seg}^2 * 0,55} + \frac{18,5 \text{ m} + 4,5 \text{ m}}{11,1 \text{ m/seg}} = 4,1 \text{ segundos}$$

Para la Fase 3 se adopta:

$$Y_{\text{Fase 3}} = 4,1 \text{ s}$$



6.4.2) Determinación de volúmenes críticos actuales para cada acceso

La intersección cuenta con 4 accesos. En cada uno de ellos existe un *máximo flujo de vehículos* (veh/h), para cada movimiento en la hora pico, a los cuales deberán afectarse coeficientes tabulados, para determinar el volumen equivalente de vehículos (veh/hora de verde).

El *volumen equivalente* es una intensidad mayorada de vehículos, debido a las condiciones prevalecientes del entorno. Estos condicionantes al movimiento vehicular en una dirección son: los peatones para *giro a la derecha*, y el flujo opuesto de vehículos para el *giro a la izquierda*.

Los vehículos que quieran realizar cualquiera de estos movimientos consumirán mayor tiempo de verde que aquellos que quieran atravesar el acceso. Para adoptar estos coeficientes nos valemos de las tablas 6.9 y 6.10 que propone el “*Manual on Uniform Traffic Control Devices*” (MUTCD):

Tabla 6.9. Equivalente de vehículos con giro a la izquierda.
(Fuente: Manual MUTCD.)

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*
$\geq 1,200$	15.0*	15.0*	15.0*

E_{LT} for all *protected* left turns = 1.05

*indicates that the LT capacity is only available through “sneakers.”

Tabla 6.10. Equivalente de vehículos con giro a la derecha.
(Fuente: Manual MUTCD.)

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

De tabla 6.9 se adoptó un coeficiente de 1,05 para giro a la izquierda ya que el mismo es un movimiento protegido. Es decir el movimiento de vehículos será realizado sin conflicto con otros, ya que el flujo opuesto estará detenido.

De tabla 6.10 se adoptaron para accesos correspondientes a:

- *Avenida Urquiza:*

Aforo realizado en hora pico = **47 peatones/hora** → *coef. Eq* = 1,21

- *Avenida Castelli:*

Aforo realizado en hora pico = **187 peatones/hora** → *coef. Eq* = 1,32

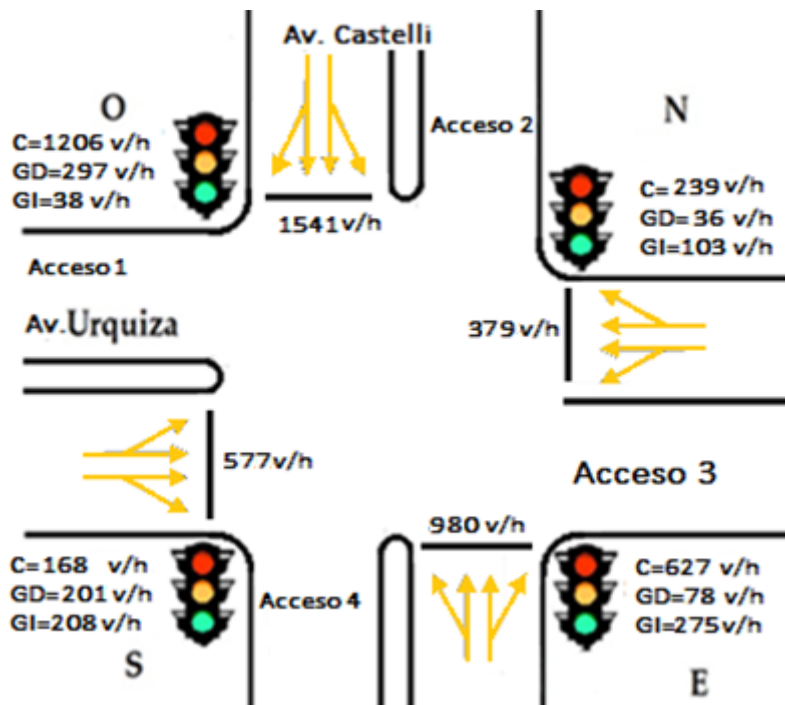


Figura 6.20. Intersección de av. Urquiza y Castelli. Representación de los Volúmenes equivalentes de los accesos.

(Fuente: elaboración propia.)

Sumando los volúmenes equivalentes de cada acceso, se determina el volumen de vehículos para un grupo de carriles; y dividiendo este por el número de carriles correspondiente al acceso hallamos el volumen crítico por carril de cada dirección (V_c); estos valores están representados en la figura 6.20 y determinados en la tabla 6.11.



Tabla 6.11. Tabla resumen para la obtención de volúmenes críticos por acceso.
(Fuente: elaboración propia.)

Calle	Dirección	Movimiento	Volumen (Veh/h)	Coefficiente de eq.	Volumen equivalente (tvu/h)	Volumen de grupo de carriles (tvu/h)	Volumen por carril (tvu/h/carril)
Av. Castelli	NO - SE	Cruce	1206	1	1206	1541	514
		Giro derecha	225	1,32	297		
		Giro Izquierda	36	1,05	38		
	SE - NO	Cruce	627	1	627	980	327
		Giro derecha	59	1,32	78		
		Giro Izquierda	262	1,05	275		
Av. Urquiza	SO - NE	Cruce	168	1	168	577	288
		Giro derecha	166	1,21	201		
		Giro Izquierda	198	1,05	208		
	NE - SO	Cruce	228	1,05	239	379	189
		Giro derecha	30	1,21	36		
		Giro Izquierda	98	1,05	103		

Los **volúmenes críticos por carril** para cada fase son:

Para **Fase 1** → $V_{c1} = 288$ veh/h/carril

Para **Fase 2** → $V_{c2} = 514$ veh/h/carril

Para **Fase 3** → $V_{c3} = 189$ veh/h/carril

Al sumar los volúmenes críticos de cada fase obtenemos el **volumen crítico total**:

$$V_c = V_{c1} + V_{c2} + V_{c3} = 288 + 514 + 189 = 991 \text{ veh/h/carril}$$

6.4.3) Determinación del tiempo perdido por fase

Fase 1:

$I_1 =$ Tiempo perdido al inicio = 2 seg

$e_1 =$ ocupación de los vehiculos en amarillo mástodo rojo = 2 seg

$Y_1 =$ tiempo de amarillo para fase 1 = 4,42 seg

$I_2 =$ Tiempo perdido en el despeje = $Y_1 - e_1 = 2,42$ seg

$T_{11} =$ Tiempo perdido total por fase 1

$$T_{11} = I_1 + I_2 = 2 + 2,42 = 4,42 \text{ seg}$$

Fase 2:

$I_2 =$ Tiempo perdido al inicio = 2 seg

$e_2 =$ ocupación de los vehiculos en amarillo + todo rojo = 2 seg



$Y_2 =$ tiempo de amarillo para fase 1 = 4,8 seg

$I_2 =$ Tiempo perdido en el despeje = $Y_1 - e_2 = 2,8$ seg

$T_{I2} =$ Tiempo perdido total por fase 2

$T_{I2} = I_1 + I_2 = 2 + 2,42 = 4,8$ seg

Fase 3:

$I_1 =$ Tiempo perdido al inicio = 2 seg

$e_3 =$ ocupación de los vehiculos en amarillo + todo rojo = 2 seg

$Y_3 =$ tiempo de amarillo para fase 3 = 4,1 seg

$I_2 =$ Tiempo perdido en el despeje = $Y_3 - e_3 = 2,1$ seg

$T_{I3} =$ Tiempo perdido total por fase 3

$T_{I3} = I_1 + I_2 = 2 + 2,42 = 4,1$ seg

Para determinar el tiempo perdido por ciclo debemos sumar los tiempos perdidos por fase:

$T_L = t_{I1} + t_{I2} + t_{I3} = 4,42 + 4,8 + 4,1 = 13,35$ seg

6.4.4) Determinación del tiempo de ciclo

$N =$ número de fases = 3

$T_l =$ tiempo perdido total por ciclo

$s =$ flujo de saturación = 1600 veh/hv

$V_c =$ volumen critico total

$\frac{v}{c} =$ factor de uso de carril = 0,9 (Demanda/Capacidad)

El *factor de hora pico* es una medida de la variabilidad de la demanda durante la hora pico. Es el cociente del volumen durante la hora pico, entre la máxima de flujo durante un período de tiempo dado, dentro de la hora pico. Para las intersecciones, el período que se utiliza es de 15 minutos, y el factor de hora pico está dado por: $FHP = \frac{V_t}{4 \cdot V_p}$ donde V_t es el volumen durante la hora pico, y V_p es el volumen durante el pico de 15 minutos dentro

de la hora pico. Para nuestro caso adoptaremos de la tabla de manual de capacidad ya mencionada en el capítulo 4:

$FHP =$ factor de hora pico = 0,95

Ahora procedemos a calcular el ciclo:



$$C = \frac{tl1 + tl2 + tl3}{1 - \frac{Vc}{s * FHP * \frac{v}{c}}} = \frac{13,35}{1 - \frac{991}{1600 * 0,95 * 0,9}} = 48,49 \text{ seg}$$

6.4.5) Determinación de los tiempos de verdes

- Tiempo de verde efectivo total (gTOT)

$$gTOT = C - TL = 48,5 - 13,35 = 35,1 \text{ seg}$$

- Tiempo de verde efectivo (gi) de cada fase

Fase 1:

$$g1 = gTOT * \frac{Vc1}{Vc} = 35,1 * \frac{288}{991} = 10,2 \text{ seg}$$

Fase 2:

$$g2 = gTOT * \frac{Vc2}{Vc} = 35,1 * \frac{514}{991} = 18,2 \text{ seg}$$

Fase 3:

$$g3 = gTOT * \frac{Vc3}{Vc} = 35,1 * \frac{189}{991} = 6,7 \text{ seg}$$

- Tiempo de verde Real (Gi) por fase

Fase 1:

$$G1 = g1 - Y1 + tl1 = 10,2 - 4,42 + 4,42 = 10,2 \text{ seg}$$

Fase 2:

$$G2 = g2 - Y2 + tl2 = 18,2 - 4,8 + 4,8 = 18,2 \text{ seg}$$

Fase 3:

$$G3 = g3 - Y3 + tl3 = 6,7 - 4,1 + 4,1 = 6,7 \text{ seg}$$

6.4.6) Determinación de los tiempos de rojo

Fase 1:

$$R1 = C - G1 - Y1 = 48,5 - 10,2 - 4,42 = 34 \text{ seg}$$

Fase 2:

$$R2 = C - G2 - Y2 = 48,5 - 18,2 - 4,8 = 25,4 \text{ seg}$$

Fase 3:

$$R3 = C - G3 - Y3 = 48,5 - 6,7 - 4,1 = 37,7 \text{ seg}$$



6.4.7) Tiempos de Reparto para la intersección

Para un tiempo de ciclo de **C= 49 segundos**, adoptamos finalmente (figura 6.21):

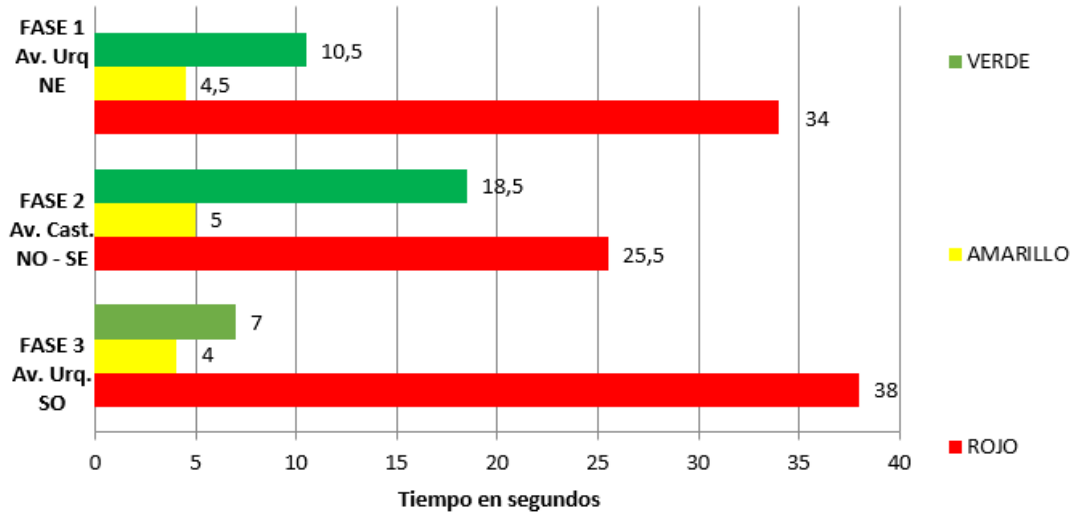


Figura 6.21. Tiempos de reparto adoptados para la intersección.
(Fuente: elaboración propia.)

6.4.8) Determinación de la demora en la intersección

Para la determinación de la misma en la situación con proyecto procedemos a tomar:

Datos:

- Como el flujo de saturación es $s = 1600 \text{ veh/hv/c} \rightarrow S_{seg} = \frac{s}{3600} = 0,44$

- Factor de uso de carril $\rightarrow \frac{v}{c} = 0,9$

- Período de análisis **T** = 1 hora

- Capacidad de los accesos para cada fase:

c1 = 334 veh/h , **c2** = 595 veh/h , **c3** = 219 veh/h

- Verde efectivo de cada fase: **g1** = 10,2 seg , **g2** = 18,2 seg , **g3** = 6,7 seg

- Tiempo de ciclo: **C** = 49 seg

- **Demora para Fase 1**

$$XO1 = 0,67 + \frac{S_{seg} * g1}{600} = 0,68$$

$$OD1 = \frac{c1 * T}{4} * \left[\left(\frac{v}{c} - 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{v}{c} - 1 \right)^2 + \left[\frac{12 * \left(\frac{v}{c} - x01 \right)}{c1 * T} \right]} \right] = 1,8 \text{ seg/veh}$$



$$UD1 = \frac{1}{2} * C * \frac{(1 - \frac{g^1}{c})^2}{(1 - \frac{g}{c} * \frac{v}{c})} = 18,9 \text{ seg/veh}$$

La demora total para la fase 1 será:

$$DT1 = OD1 + UD1 = 1,8 \frac{\text{seg}}{\text{veh}} + 18,9 \frac{\text{seg}}{\text{veh}} = 20,6 \text{ seg/veh}$$

• Demora para Fase 2

$$X02 = 0,67 + \frac{S\text{seg} * g1}{600} = 0,68$$

$$OD2 = \frac{c2 * T}{4} * [(\frac{v}{c} - 1) + \sqrt{(\frac{v}{c} - 1)^2 + \left[\frac{12 * (\frac{v}{c} - x02)}{c1 * T}\right]}] = 1,7 \text{ seg/veh}$$

$$UD2 = \frac{1}{2} * C * \frac{(1 - \frac{g^2}{c})^2}{(1 - \frac{g^2}{c} * \frac{v}{c})} = 14,5 \text{ seg/veh}$$

La demora total para la fase 2 será:

$$DT2 = OD2 + UD2 = 1,7 \frac{\text{seg}}{\text{veh}} + 14,5 \frac{\text{seg}}{\text{veh}} = 16,3 \text{ seg/veh}$$

• Demora para Fase 3

$$X03 = 0,67 + \frac{S\text{seg} * g1}{600} = 0,67$$

$$OD3 = \frac{c3 * T}{4} * [(\frac{v}{c} - 1) + \sqrt{(\frac{v}{c} - 1)^2 + \left[\frac{12 * (\frac{v}{c} - x03)}{c3 * T}\right]}] = 1,8 \text{ seg/veh}$$

$$UD3 = \frac{1}{2} * C * \frac{(1 - \frac{g^3}{c})^2}{(1 - \frac{g^3}{c} * \frac{v}{c})} = 20,8 \text{ seg/veh}$$

La demora total para la fase 3 será:

$$DT3 = OD3 + UD3 = 1,8 \frac{\text{seg}}{\text{veh}} + 20,8 \frac{\text{seg}}{\text{veh}} = 22,6 \text{ seg/veh}$$

Con los valores de demora total ingresamos a la tabla 6.12 y clasificamos el nivel de servicio de la nueva vía:

Tabla 6.12. Nivel de servicio según Manual de Carreteras.
(Fuente: Manual de capacidad de carreteras.)

NS en vías urbanas	
NIVEL DE SERVICIO	DEMORA MEDIA (s/veh)
A	$d \leq 5$
B	$5 < d < 15$
C	$15 < d \leq 25$
D	$25 < d \leq 40$
E	$40 < d \leq 60$
F	$d < 60$



Como podemos apreciar las nuevas condiciones del dispositivo mejoraron el nivel de servicio de la intersección, respecto de la situación actual (Nivel de servicio D) en cada uno de sus accesos, quedando clasificados en un **Nivel de servicio C**.

Mejorando los siguientes aspectos:

- La demora disminuye entre 15 a 25 segundos por vehículo.
- La progresión de los vehículos es de mediana calidad y el ciclo es menor.
- Menor detención de vehículos.

• **Conclusión**

Se puede observar cómo se reduciría la demora en la intersección de las avenidas Castelli y Urquiza, la cual posee un estudio del tránsito, diseño de fases y cálculo del tiempo de reparto. El mismo análisis debería realizarse en cada una de las intersecciones donde se plantea un cruce, para así disminuir el tiempo de viaje y mejorar la servicialidad en la vía.

Como el alcance de este trabajo tiene un nivel de anteproyecto, solamente se analizaron y diseñaron los dispositivos de control del cruce de las avenidas ya mencionadas. Queda a criterio de un futuro proyectista, redimensionar cada dispositivo de control propuesto y su ubicación, si fuese necesario.

Los semáforos deben estudiarse y readecuarse cada dos años, para así lograr mejores tiempos de repartos para la demanda futura.

Se recomendaría un sistema sincronizado de dispositivos (onda verde), asegurando una entrada en pelotón de vehículos, promoviendo así un viaje continuo de vehículos acorde a la velocidad de coordinación.

6.5) Iluminación

6.5.1) Generalidades

La iluminación es un elemento esencial para mantener un buen nivel de seguridad permitiendo una visibilidad clara para la identificación de personas y objetos que se presenten en la vía durante las horas nocturnas. Dado que las instalaciones de alumbrado vial dependen de la intensidad, velocidad, composición del tránsito y complejidad de la vía, esta debe cumplir con ciertos requisitos mínimos para brindar adecuadas condiciones visuales para que el tránsito sea seguro.

Una correcta iluminación influye de forma directa en factores determinantes desde el punto de vista del tráfico, como ser la velocidad, la capacidad de la vía o la seguridad de la misma.

6.5.2) Diseño de la iluminación vial

Existen diversos factores económicos, sociales y técnicos que condicionan la elección del sistema de alumbrado a emplear:



- **Determinación del nivel de iluminación necesario:** dependiendo del tipo de vía, será necesario el empleo de lámparas de mayor potencia o reducir la separación y/o la altura de los báculos de alumbrado
- **Forma de disposición de los báculos:** atendiendo a criterios de tipo económico, pueden efectuarse diversas disposiciones en planta de los báculos de alumbrado.
- **Altura del báculo:** dependiendo de la disposición y la potencia de la lámpara, deberá elegirse la altura del mismo sin perder de vista el factor de uniformidad.
- **Determinación de la interdistancia:** una vez determinado los parámetros anteriores, únicamente queda determinar la distancia entre luminarias para conseguir el nivel de iluminación exigido.

6.5.3) Metodología

El diseño de una instalación luminaria se basa en seleccionar adecuadamente las luminarias y disponerlas adecuadamente a efectos de satisfacer las necesidades visuales, de seguridad a un costo razonable.

Se utiliza el método del factor de utilización para determinar la altura de montaje, tipo de luminaria, separación entre las mismas y disposición más adecuada.

6.5.4) Determinación del nivel de iluminación necesario

Según el tipo de vía y la velocidad de circulación se determina la clase de iluminación (tabla 13)

Tabla 6.13. Clase de iluminación según el tipo de vía.
(Fuente: Reglamento de alumbrado público SEC.)

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

El tramo en estudio al tratarse de una vía principal con una velocidad de circulación de 40 km/h y teniendo en cuenta un tránsito de vehículos de 500 veh/h nos encontramos en una clase de iluminación M3.

6.5.5) Tipo de lámpara

Se propone utilizar lámparas led, reemplazando a las actuales debido a su mejor rendimiento lumínico. Estas tienen una vida útil promedio de 1000.000 horas mientras que las de sodio o halogenadas entre 5.000 a 10.000 horas. Otra ventaja es que consumen un 40% menos de energía eléctrica y son de bajo mantenimiento.

Descripción técnica detallada: SL20mx, ST0.5a, LED19030lm830, Prem. (figura 6.22)


	<p>Datos característicos</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tipo de producto: luminaria de mástil – Familia: Streetlight 20 maxi LED – Referencia: 5XB45P1C608C 	<p>Conexión eléctrica</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tensión nominal: 220..240V, CA, 50/60Hz – Resistencia a sobretensión: 10kV 1,2/50µs
	<p>Lámparas:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lámpara: con LED-alto Power, LED – Flujo luminoso nominal: 19030lm – Eficacia lumínica: 96lm/W – Temperatura de color: 3000K – Color de luz: 830 – Rated input power begin service life: 198 – Rated input power end service life: 209 – Rated input power at 50% lumin. flux: 92 <p>Vida útil</p> <ul style="list-style-type: none"> – Vida útil nominal: 100000h (L97/B10) a temp. amb. = 25°C 	<p>Dimensiones peso</p> <ul style="list-style-type: none"> – Longitud: 877mm – Ancho: 420mm – Altura: 194mm – Punta del mástil: espiga: 60/76mm (superior) y 42/60mm (lateral), brida de mástil para cabeza de mástil: 42mm: 5XA76800XM4, 60mm: 5XA76800XM2, 76mm: 5XA76800XM1 – Peso: 15,2kg

Figura 6.22. Especificación técnica de luminaria adoptada. (Fuente: Catálogo OSRAM.)

De acuerdo al flujo de la lámpara (lm) se especifica la altura a adoptar en la tabla 6.14.

Tabla 6.14. Altura recomendada según el flujo luminoso de la lámpara. (Fuente: Reglamento de alumbrado público SEC.)

Flujo De La Lámpara (lm)	Altura (m)
$3000 \leq \Phi L < 10000$	$6 \leq H < 8$
$10000 \leq \Phi L < 20000$	$8 \leq H < 10$
$20000 \leq \Phi L < 40000$	$10 \leq H < 12$
$\Phi L \geq 40000$	$H \geq 12$

6.5.6) Disposición de las luminarias

Existen múltiples formas de disponer las luminarias, las más empleadas son las siguientes (figura 6.23):

- Unilateral: las mismas se disponen únicamente en uno de los márgenes de la vía, con lo que una zona de la calzada queda mucho más iluminada que la otra. Es la opción más económica, siendo esta utilizada en zonas rurales o poco transitables.
- Al tresbolillo: se basa en la alternancia de luminarias a ambos lados de la calzada, es relativamente económica pero la uniformidad es antiestética.
- Pareada: las luminarias se sitúan enfrentadas, una a cada lado de la vía. Es la solución que mejor resultados da desde el punto de vista de la uniformidad.
- Doble axial: en el caso de vías con medianas o calzadas muy anchas, puede colocarse en el centro de las mismas un báculo que se bifurque en dos luminarias, de forma que cada una de ellas ilumine uno de los lados. Se abarata los costos de instalación y mano de obra, pero tiene la desventaja de que el tráfico se desvía hacia los carriles más iluminados, con lo cual se reduce la capacidad de la vía.

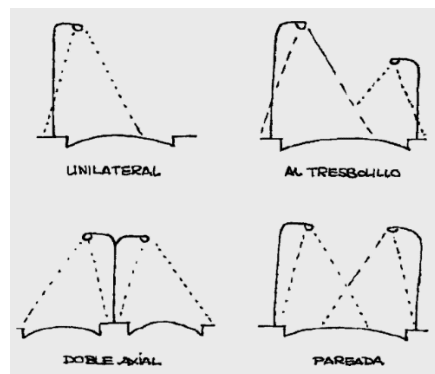


Figura 6.23. Disposiciones genéricas del alumbrado vial.
(Fuente: Manual de carreteras de Chile, año 2.018.)

En función a la clase de iluminación se determina la disposición de las luminarias (tabla 15).

Teniendo en cuenta el ancho de la calzada para el tramo Resistencia de 19,40 metros y el de Barranqueras 13,40 y una altura de báculo de 9 metros:

$$\text{Tramo Resistencia: } \frac{19,40 \text{ m}}{9 \text{ m}} = 2,15$$

$$\text{Tramo Barranqueras: } \frac{13,40 \text{ m}}{9 \text{ m}} = 1,50$$



Tabla 6.15. Disposición de luminarias.
(Fuente: Fuente: Reglamento de alumbrado público SEC.)

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	

Para una clase M3 y una relación ancho de calzada/altura mayor a 1,50 metros se adopta una disposición bilateral opuesta o apareada para ambos tramos a efectos de reducir posibles accidentes en caso de que los báculos estén dispuestos en el separador físico y evitar que el tráfico de menor porte como ser las motocicletas opte por el carril más iluminado.

6.5.7) Determinación del factor de mantenimiento (fm)

Dependiendo de las características de la zona como ser la contaminación, trafico, mantenimiento de define el parámetro fm. Se recomienda tomar un valor no superior a 0,8.

Tabla 6.16. Factor de mantenimiento
(Fuente: Fuente: Reglamento de alumbrado público SEC.)

CARACTERISTICAS DE LA VIA	LUMINARIA ABIERTA	LUMINARIA CERRADA
LIMPIA	0.75	0.8
MEDIA	0.68	0.7
SUCIA	0.65	0.68

Según la tabla 16 se adopta un factor de mantenimiento de 0,70.

6.5.8) Determinación del factor de utilización (η)

El factor de utilización es una medida del rendimiento del conjunto luminaria-lámpara y se define como el cociente entre el flujo útil que llega a la calzada y el emitido por la lámpara.

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{útil}}}{\Phi_L}$$

Normalmente este factor se representa mediante curvas que suministran los fabricantes de las luminarias (figura 6.24). Estas curvas están en función del cociente entre el ancho de la calle y la altura del báculo (A/H).

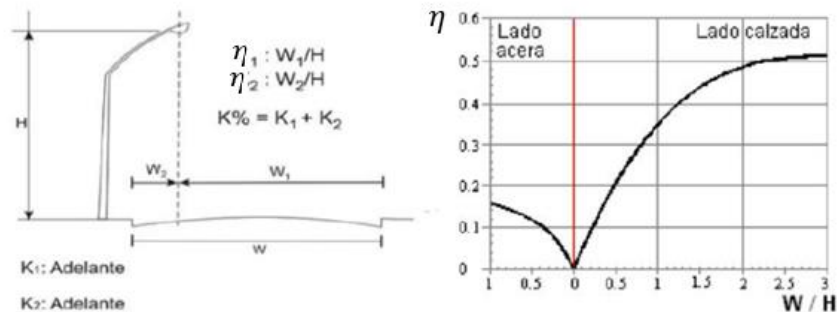


Figura 6.24. Determinación del factor de mantenimiento. Método gráfico. (Fuente: Reglamento de alumbrado público SEC.)

Tramo Resistencia

Para la determinación del factor de utilización se utiliza la figura 6.25.

- Ancho de calzada= 9,70 metros

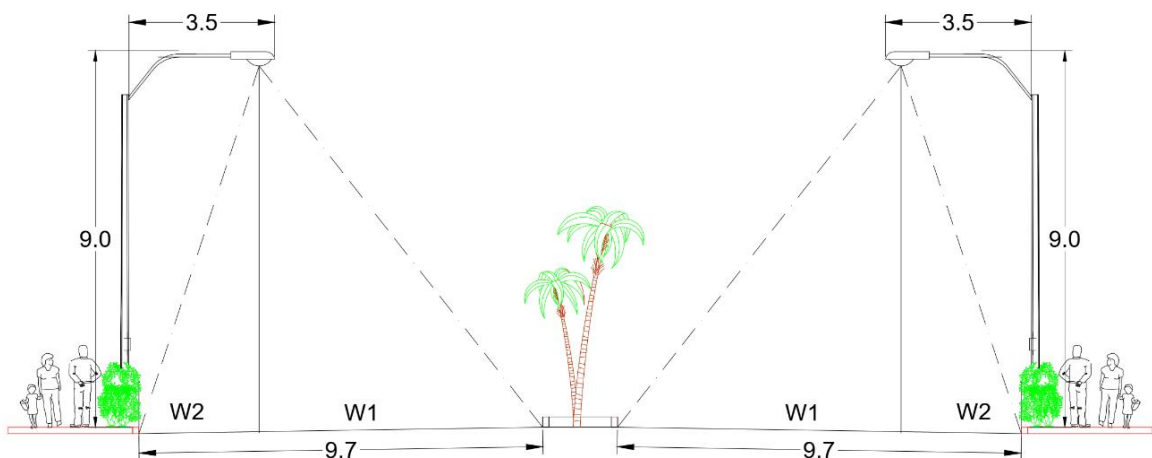


Figura 6.25. Perfil transversal para la determinación del factor de mantenimiento. Tramo Resistencia (Fuente: elaboración propia.)



$$\eta_1 = \frac{W_1}{H} = 6,80\text{m} / 9\text{ m} = 0,75 \rightarrow 0,28$$

$$\eta_2 = \frac{W_2}{H} = 2,90\text{ m} / 9\text{ m} = 0,32 \rightarrow 0,15$$

$$\eta = 0,28 + 0,15 = 0,43$$

Tramo Barranqueras

Para la determinación del factor de utilización se utiliza la figura 6.26.

- Ancho de calzada= 6,70 metros

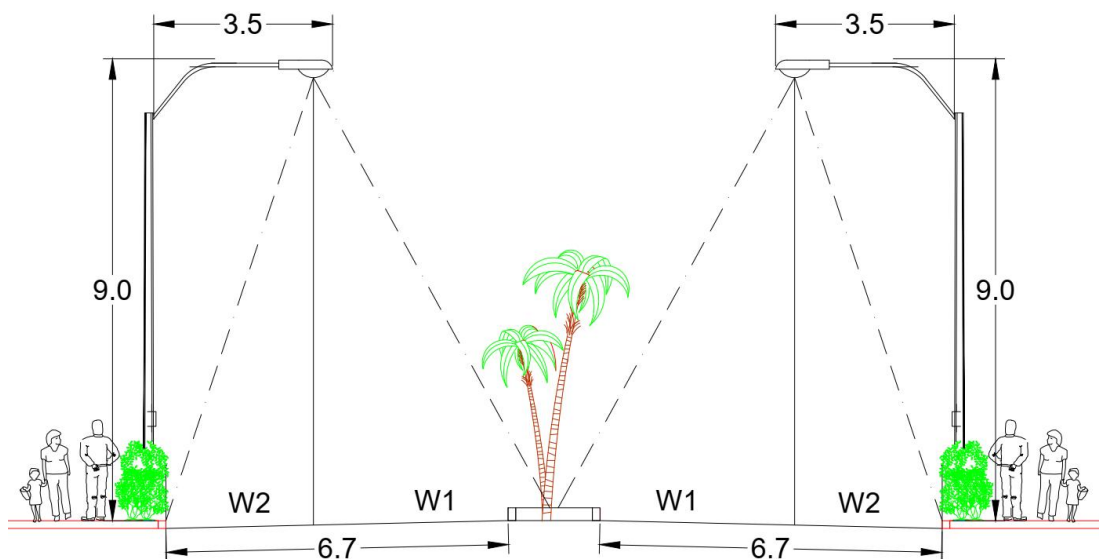


Figura 6.26. Perfil transversal para la determinación del factor de mantenimiento. Tramo Barranqueras (Fuente: elaboración propia.)

$$\eta_1 = W_1/H = 3,80\text{m} / 9\text{ m} = 0,42 \rightarrow 0,19$$

$$\eta_2 = W_2/H = 2,90\text{ m} / 9\text{ m} = 0,32 \rightarrow 0,15$$

$$\eta = 0,19 + 0,15 = 0,34$$

Cálculo de la separación entre luminarias

Una vez fijados los parámetros podemos proceder al cálculo de la separación (d) entre las luminarias utilizando la expresión de la iluminancia media.

$$E_m = \frac{\eta * F_m * \Phi_L}{W * d}$$

donde:

E_m : es la iluminancia media sobre la calzada que se quiere conseguir (tabla 6.17).

η : factor de utilización de la instalación

F_m : factor de mantenimiento

d : separación entre luminarias

Φ_L : es el flujo luminoso de la lámpara

W : es el ancho a iluminar

Tabla 6.17. Iluminancia media (E_m) según el tipo de vía.
(Fuente: Reglamento de alumbrado público SEC.)

Tipo de vía	Calzadas vehiculares				Ciclo-rutas adyacentes	
	L_{prom} cd/m ²	U_o ≥ %	U_i ≥ %	TI ≤ %	E_{prom} luxes	U_o ≥ %
M1	2,0	40	50	10	20	40
M2	1,5	40	50	10	20	40
M3	1,2	40	50	10	15	40
M4	0,8	40	N.R.	15	10	40
M5	0,6	40	N.R.	15	7.5	40

De la expresión E_m despejamos d y hallar la separación entre luminarias:

$$d_{Resistencia} = \frac{0.43 * 0.70 * 19.030}{9.70 * 15} = 39m$$

$$d_{Barranqueras} = \frac{0.34 * 0.70 * 19.030}{6.7 * 15} = 45m$$

6.5.9) Disposición del alumbrado

En la tabla 6.18 vemos en detalle las características y disposiciones de luminarias para los tramos.

Tabla 6.18. Resumen de la disposición de luminarias.
(Fuente: elaboración propia.)

Especificaciones Técnicas	Tramo	
	Resistencia	Barranqueras
Ancho de calzada	9,70m	6,70m
Ancho de vereda	4,40m	6,50m
Disposición	Bilateral opuesta o apareada	
Separación entre luminarias	30m	
Altura de montaje	9m	
Longitud del brazo	3,50m	
Distancia poste-calzada	1,50m	2,50m
Angulo de inclinación	Libre	
Tipo de lámpara	LED	
Potencia de la lámpara	19.030 lúmenes	

En las figuras 6.27 y 6.28 vemos la disposición en planta para cada sección.

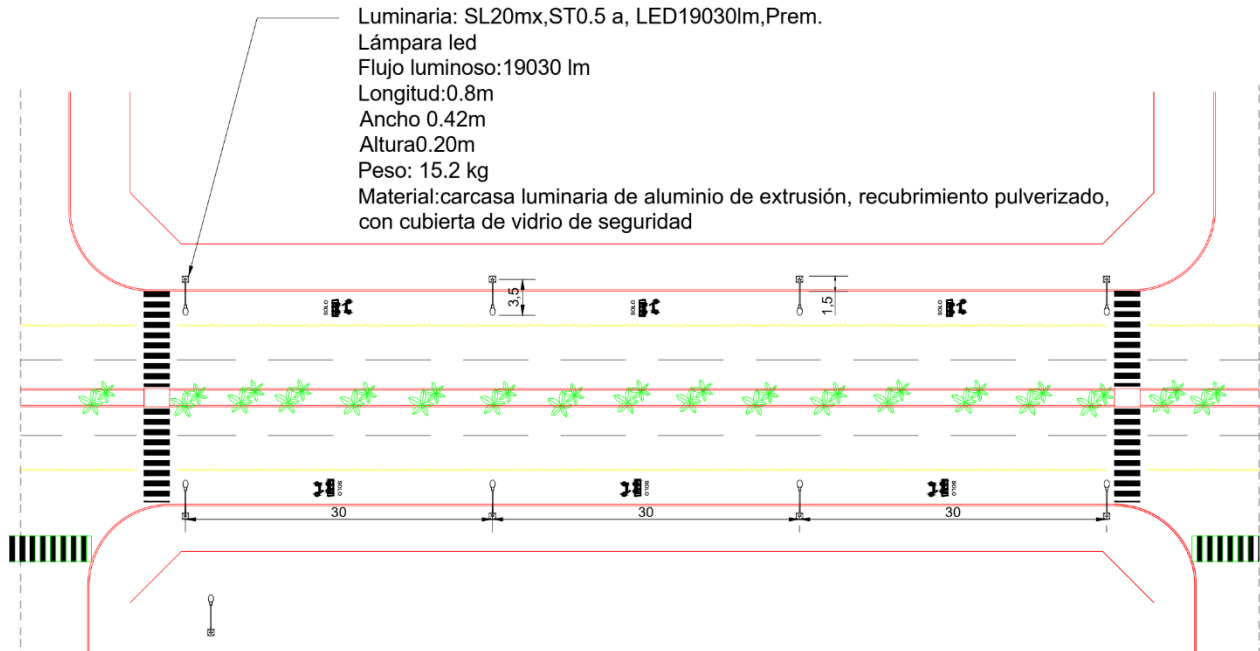


Figura 6.27. Disposición de luminarias led para el tramo de Resistencia.
(Fuente: elaboración propia.)

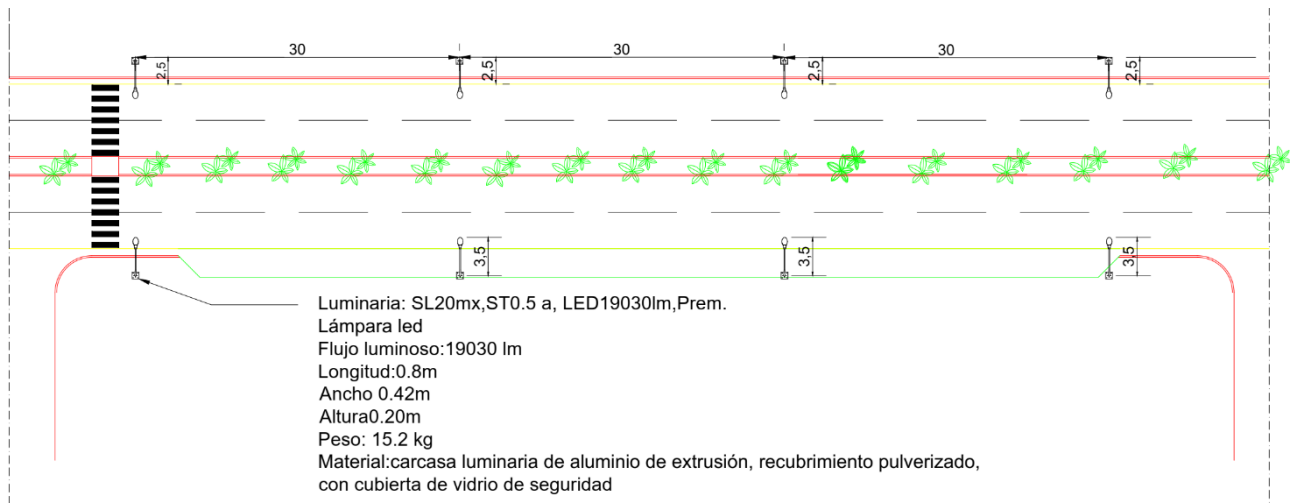


Figura 6.28. Disposición de luminarias led para el tramo de Barranqueras.
(Fuente: elaboración propia.)



6.6) Fuentes

Bibliografía

- Dr. Ing. G. Di Rado (2.017). Apunte Cátedra de Transportes de la Facultad de Ingeniería – UNNE.
- Department of Transportation (2.009). Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD)
- Superintendencia de electricidad y combustibles (2.016). Reglamento de alumbrado público.
- Dirección de Vialidad - Chile (2.018). Manual de Carreteras.
- Dirección Nacional de Vialidad (2017). Manual de señalamiento vertical y Manual de señalamiento horizontal.

CAPITULO 7

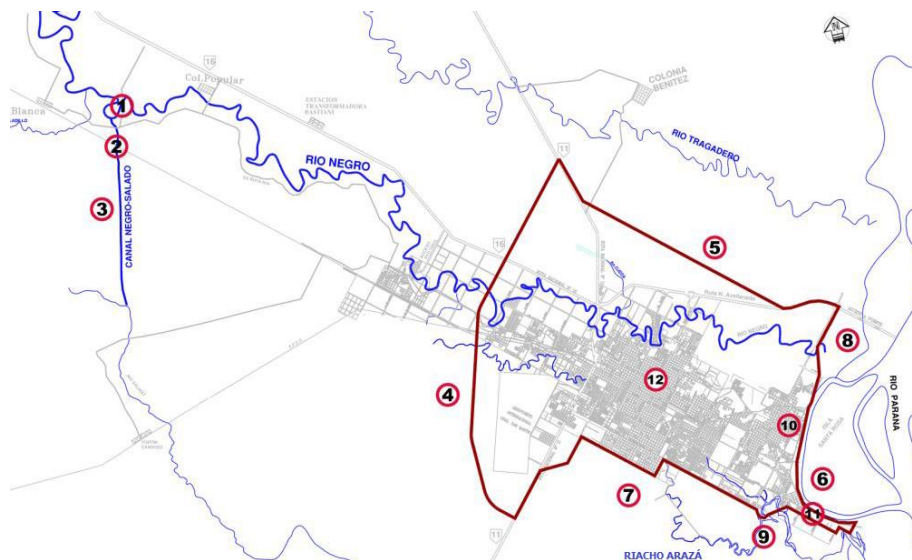
DRENAJE PLUVIAL

7.1) Generalidades

El área metropolitana del Gran Resistencia (AMGR) se encuentra inmersa en su mayor parte en la planicie de inundación del río Paraná, el cual presenta crecidas recurrentes, que causan inundaciones con severas pérdidas materiales para los ciudadanos. Además se encuentra atrapada por el valle de inundación de los ríos, Tragadero, al norte sobre los límites municipales, río Negro al norte de los límites urbanos, y un discontinuado riacho Arazá que atraviesa el casco urbano al sur. Todos estos presentan un escurrimiento que acompaña la pendiente natural de la región, en sentido NNO-SSE aproximadamente, descargando su caudal sobre el río Paraná.

A finales de los años '90 en un intento por paliar estas consecuencias adversas, el estado intervino llevando a cabo un sistema de defensa, donde se implementaron medidas tanto estructurales, como no estructurales, que consistió en la construcción de un terraplén para protección de las crecidas del río Paraná, un dique con estación de bombeo para controlar las crecidas del río Negro, cuando hubieran precipitaciones o crecidas del mismo y el río Paraná estuviese crecido, para el anterior se construyó también un sistema de desvío compuesto por un canal derivador hacia el río Salado y una obra de control, en las inmediaciones de la localidad de Laguna Blanca.

Para el riacho Arazá, se construyó un sistema de desvío, conformado principalmente por el canal que acompaña paralelamente a las avenidas Malvinas Argentinas y Soberanía Nacional (figura 7.1).



- | | |
|--|---|
| 1. Presa Frontal Laguna Blanca | 7. Defensa Sur |
| 2. Puente Ferroviario sobre Canal Derivador | 8. Compuertas y Estación de Bombeo Barranqueras |
| 3. Canal Derivador del Río Negro al Río Salado | 9. Estación de Bombeo Vilelas |
| 4. Defensa Oeste | 10. Remodelación Urbana de Barranqueras |
| 5. Defensa Norte | 11. Remodelación de Vilelas |
| 6. Defensa Barranqueras-Vilelas | |

Figura 7.1. Recinto y principales obras del sistema de defensas contra las inundaciones del AMGR.
(Fuente: Administración Provincial del Agua.)

Con el sistema implementado se previnieron los efectos externos (inundaciones) de los excesos de los sistemas fluviales, quedando por resolver la compleja situación de los excesos pluviales, para las precipitaciones sobre la zona urbana.

La existencia de la traza de las vías del ferrocarril Gral. Manuel Belgrano, que poseen un nivel más elevado que el resto de la zona, en conjunto con el desarrollo de las ciudades del AMGR hacia el NO, dio lugar a la existencia de dos sistemas de generales de escurrimiento o desagües.

Para la zona norte se aprovechó el conjunto de lagunas existente, antiguos cauces del río Negro, que fueron abandonados por el mismo, conduciendo los excesos por calles y conductos, utilizándolos como reservorios temporales, para luego conducir el agua hacia el cauce del río antes mencionado, ya sea por gravedad o por sistemas de bombeo. Para la zona sur, en cambio, se dispuso de un sistema de cañerías para conducir el líquido hasta el canal colector paralelo a las avenidas Islas Malvinas Argentinas y Soberanía Nacional, y desde allí llevarlos hasta un reservorio situado en las márgenes de la localidad de Puerto Vilelas, que luego sería bombeado al riacho Arazá (figura 7.2).

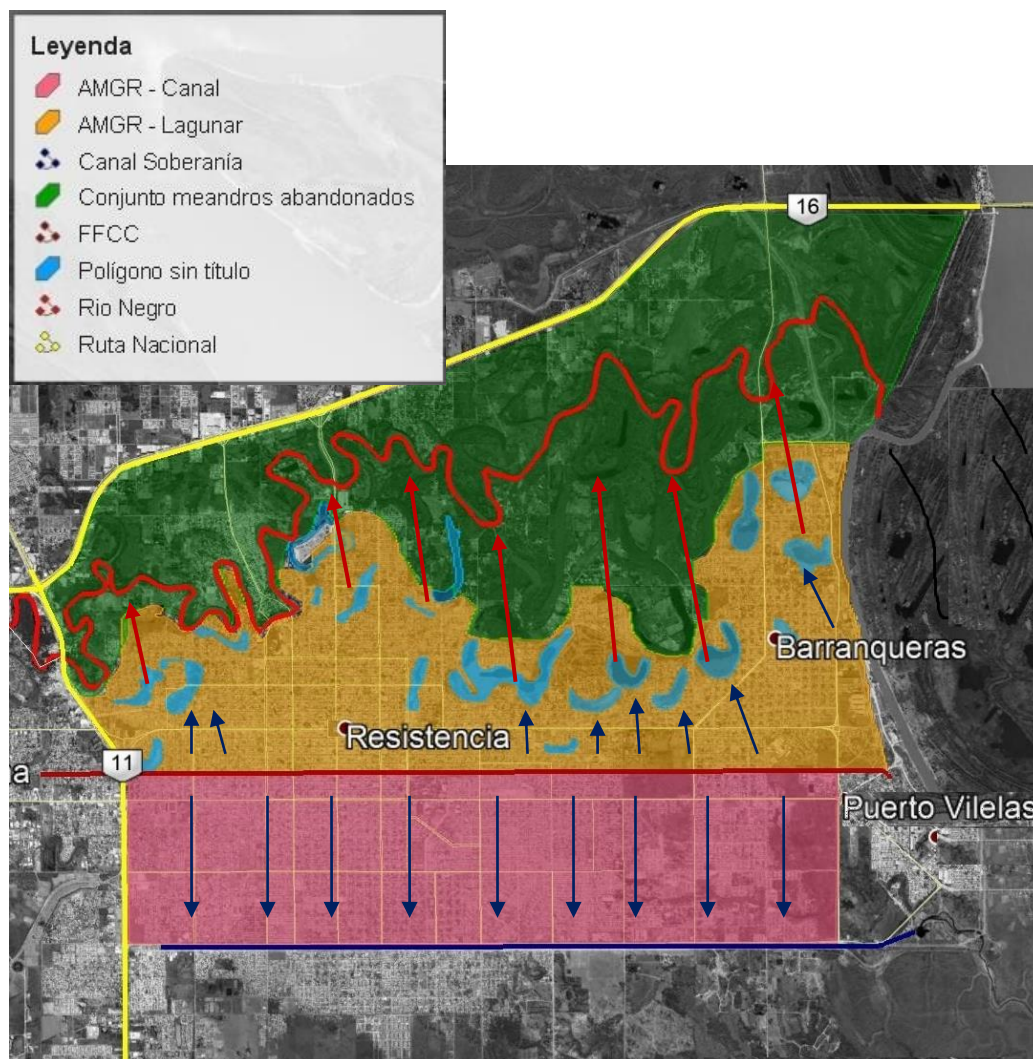


Figura 7.2. Esquema general de descarga de excesos pluviales del AMGR.
(Fuente: Google Earth 2.014 - elaboración propia.)



En la zona de estudio se pueden encontrar un conjunto de cuencas pertenecientes a la zona sur que ya poseen estudios previos realizados por el departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE.

Todo el sistema de drenaje pluvial propuesto posee un sentido NE-SO, transversal al sentido natural, que en párrafos anteriores se ha mencionado.

Las mismas se denominan según el nombre de la avenida que lleva la conducción principal de drenaje, o en su defecto está en proyecto utilizar tal avenida a futuro, pudiendo citar las siguientes:

- Av. Chaco
- Av. Urquiza
- Av. Arribálzaga
- Av. España
- Av. Nicolás Rojas Acosta

En la actualidad solamente la cuenca de la Av. Chaco posee una conducción que se inicia en las vías del ferrocarril, la cuenca de la Av. Urquiza posee conductos hasta la Av. Castelli, en la Av. Arribálzaga en un lateral se cuenta con una cuneta de tierra sin revestir de dimensiones extensas, comparándose a las de un canal pequeño que descarga sobre un brazo del riacho Arazá y las demás líneas no poseen actualmente algún tipo de mejora.

Los pocos sumideros actuales son alcanzados por medio de cunetas de tierra, que acompañan la topografía de la zona sin un direccionamiento intencional.

Cabe destacar, que a partir de la avenida Castelán, el nivel general de la topografía natural comienza a descender gradualmente hacia el SE, en cambio, el nivel de la calzada en estudio se mantiene más elevado. Como consecuencia se forma un cuenco en el territorio comprendido entre las vías del ferrocarril, y las avenidas Castelán, Castelli y España, donde los terrenos con la depresión relativa más evidente, son los correspondientes al predio donde actualmente desempeña funciones el Ejército Argentino. Una situación similar se observa en la zona comprendida entre Av. España y Nicolás Rojas Acosta.

7.2) Objetivos Generales

En este capítulo se buscara dar con una solución para la recolección y descarga de los excesos pluviales que ocurren sobre los límites de la vía en estudio y los respectivos frentistas.

7.3) Metodología

Como se trata de una obra esencialmente vial, se buscará evacuar los excesos pluviales que se generen sobre los límites de la zona de camino.

Para el cálculo de caudales de descarga se utilizará el método racional, donde para las distintas variables intervinientes se estimarán usos de suelo, tiempo de concentración de cuenca (Formula de Kirpich – Método de onda cinemática), intensidad de precipitación de tormenta (a partir de curvas i-d-f de la ciudad de Resistencia), tiempo de retorno (según tipo e importancia de obra).

Se estudiará utilizar niveles de calzada que acompañen la actual nivelación de la traza, realizando algunas modificaciones solamente con el fin de rectificar tramos y, conducir de forma uniforme y eficaz, los excesos fuera del espacio de uso. Esta premisa inicialmente busca mantener los límites de cuencas actuales y no alterar el sistema actual.

Para lograr el objetivo general se seguirán los siguientes preceptos:

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

7.4) Cálculo de caudales

Nuevamente como en el caso de diseño geométrico, se optó por dividir a la zona de estudio en 2 tramos, de características geométricas muy diferentes, el tramo denominado Resistencia, que queda comprendido entre las avenidas Chaco y Arribáizaga, y el tramo Barranqueras entre las avenidas Arribáizaga y Mosconi.

Para el proyecto se eligieron un conjunto de intersecciones, y se adoptó un nivel conveniente para ambos bordes de calle, de forma de generar pendiente longitudinal hacia los extremos bajos, donde fueron escogidas las avenidas transversales como colectoras, a las cuales también se les definió un nivel uniforme para ambos bordes.

En la tabla 7.1, se pueden observar las intersecciones escogidas, los niveles de borde actuales y los de proyecto, y como quedarían definidas las pendientes longitudinales de calle para el tránsito de agua pluvial.

Las calles con niveles más altos serán los parte aguas extremos de las microcuencas y mediante la configuración de los planos catastrales se trazarán los demás límites de las cuencas (figuras 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7 y 7.8, y plano n°13)



Figura 7.3. Esquema de límites de microcuenca Av. Chaco.
(Fuente: Google Earth 2.014 - elaboración propia.)

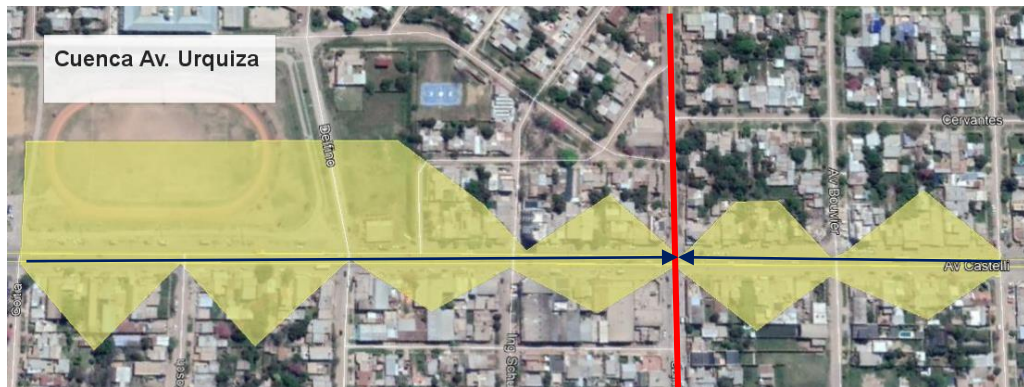


Figura 7.4. Esquema de límites de microcuenca Av. Urquiza.
(Fuente: Google Earth 2.014 - elaboración propia.)



Figura 7.5. Esquema de límites de microcuenca Av. Arribalzaga.
(Fuente: Google Earth 2.014 - elaboración propia.)



Figura 7.6. Esquema de límites de microcuenca Av. España.
(Fuente: Google Earth 2.014 - elaboración propia.)



Figura 7.7. Esquema de límites de microcuenca Av. Nicolas Rojas Acosta.
(Fuente: Google Earth 2.014 - elaboración propia.)



Figura 7.8. Esquema de límites de microcuenca Av. Mosconi.
(Fuente: Google Earth 2.014 - Elaboración propia)

Tabla 7.1. Niveles y pendientes de calle de proyecto. (Fuente: elaboración propia.)

Interseccion	Nivel Actual		Nivel Proyecto		Δh entre secciones (m)	Distancia a la seccion anterior (m)	Pendiente		
	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha			m/m	cm/km	%
Av. Chaco	49,825	49,805	49,750	49,750	-	-	-	-	-
Calle Goitia	49,840	49,770	50,050	50,050	-0,300	511,0	0,0005871	58,71	0,59
Av. Urquiza	49,875	49,760	49,700	49,700	0,350	480,0	0,0007292	72,92	0,73
Calle Capataz Codutti	49,700	49,600	50,050	50,050	-0,350	242,5	0,0014433	144,33	1,44
Av. Arribalzaga	49,55	49,555	49,000	49,000	1,050	754,0	0,0013926	139,26	1,39
Calle 29	49,700	49,700	49,900	49,900	-0,900	492,5	0,0018274	182,74	1,83
Av. España	49,72	49,680	49,500	49,500	0,400	507,5	0,0007882	78,82	0,79
Calle Yatay	49,780	49,740	49,700	49,700	-0,200	287,0	0,0006969	69,69	0,70
Av. Nicolas Rojas Acosta	48,815	48,83	48,800	48,800	0,900	725,0	0,0012414	124,14	1,24
Progresiva 4+993	48,580	48,860	49,000	49,000	-0,200	376,0	0,0005319	53,19	0,53
Av. Mosconi	49,125	49,095	48,800	48,800	0,200	528,0	0,0003788	37,88	0,38



7.4.1) Método Racional

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

$$Q \left(m^3/s \right) = 0,275 * C * I * A$$

Dónde:

- Q = Caudal de diseño
- C = Coeficiente de escorrentía
- I = intensidad de lluvia (mm/h)
- A = Área de aporte (km²)

7.4.1.1) Tiempo 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 período de retorno donde cuanto mayor sea este, mayor será el caudal.

Observando las recomendaciones propuestas por “Ven Te Chow” en su libro “hidrología aplicada” (tabla 7.2) consideramos prudente utilizar un período de retorno de 10 años.

Tabla 7.2. Período de retorno recomendada para distintos tipos de estructuras hidráulicas. (Fuente: Hidrología aplicada – Año 2000 - Ven Te Chow y otros’.)

Tipo de estructura	Periodo de retorno (años)
Alcantarillas de carreteras	
Volúmenes de tráfico bajos	5-10
Volúmenes de tráfico intermedios	10-25
Volúmenes de tráfico altos	50-100
Puentes de carreteras	
Sistema secundario	10-50
Sistema primario	50-100
Drenaje agrícola	
Culverts	5-50
Surcos	5-50
Drenaje urbano	
Alcantarillas en ciudades pequeñas	2-25
Alcantarillas en ciudades grandes	25-50



7.4.1.2) Coeficiente de escorrentía (C) y área de aporte (A)

El coeficiente de escorrentía, por tratarse de una obra esencialmente vial, posee un valor de coeficiente de escorrentía elevado.

Cabe mencionar que cada microcuenca seleccionada presenta características muy disímiles respecto al tipo de cubierta superficial, por lo cual se optó por estudiar cada una en particular, el porcentaje de área de cada tipo.

Para esta medición se consideraron 3 tipos de clases, que luego se asociaron a una característica de superficie propuesta por Ven Te Chow (tabla 7.3) y los propuestos por la cátedra de hidrología de la UNNE (tabla 7.4), los cuales fueron:

- Pavimento y veredas, asociadas a concreto y techos.
- Áreas urbanas de baja densidad, asociadas a cubiertas de pasto < 50%.
- Parterres y parques, asociadas a pastizales.

Tabla 7.3. Coeficientes de escorrentía para diferentes características de superficie (Fuente: Hidrología aplicada – Año 2000- Ven Te Chow y otros.)

Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58

Nota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con autorización.



Tabla 7.4. Coeficientes de escorrentía para diferentes características de superficie
(Fuente: Cátedra de Hidrología - Facultad de Ingeniería – UNNE.)

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

En la tabla 7.5 se volcó un resumen de los resultados medidos con un software computacional (Autocad) que ayudó a planimetrar la zona de estudio.

Tabla 7.5. Resumen resultados - Superficies por tipo de cubiertas, del área de estudio. (Fuente: elaboración propia.)

Subcuenca	Composición de áreas (m ²)			Subtotal (m ²)	Subtotal (Ha)	% area de estudio
	Impermeable (Pavimento)	Urbana (Baja densidad)	Permeable (Vegetación/parterres)			
Av. Chaco	14.322	10.543	33.995	58.860	5,89	19%
Av. Urquiza	20.237	22.870	23.706	66.813	6,68	22%
Av. Arribalzaga	32.777	30.927	2.248	65.952	6,60	22%
Av. España	18.763	15.280	1.420	35.463	3,55	12%
Av. Nicolas Rojas Acosta	22.844	42.023	1.937	66.804	6,68	22%
Av. Mosconi	8.297		938	9.235	0,92	3%
Total				303.127	30,31	100%

Con estos valores podemos establecer el porcentaje de participación de cada tipo de cubierta en cada microcuenca, tabla 7.6.



Tabla 7.6. Resumen resultados, porcentaje de participación por tipo de cubierta para cada microcuenca. (Fuente: elaboración propia.)

Cuenca	Composicion de areas (%)			Total
	Impermeable (Pavimento)	Urbana (Baja densidad)	Permeable (Vegetacion/parterre)	
Av. Chaco	24%	18%	58%	100%
Av. Urquiza	30%	34%	35%	100%
Av. Arribalzaga	50%	46%	3%	100%
Av. España	53%	43%	4%	100%
Av. Nicolas Rojas Acosta	34%	63%	3%	100%
Av. Mosconi	90%	0%	10%	100%

Luego ponderando el coeficiente de escorrentía para cada tipo de cubierta (tabla 7.7 – a), para aproximar y luego adoptar un mejor valor de coeficiente de escorrentía en cada microcuenca, obtenemos los valores de la tabla 7.7 - b.

Tabla 7.7 - a. Resumen de resultados, aproximación de coeficientes de escorrentía. Valores de C utilizados para la ponderación. (Fuente: elaboración propia.)

Tipo de cubierta	Valor de C adoptado	Relacionado con
Impermeable (Pavimento)	0,83	Concreto/techos
Urbana (Baja densidad)	0,37	Areas cubiertas pasto<50%
Permeable (Vegetacion/parterre)	0,3	Pastizales

Tabla 7.7 – b. Resumen de resultados, aproximación de coeficientes de escorrentía. Valores de C ponderados para cada microcuenca. (Fuente: elaboración propia.)

Cuenca	Coefficiente de escorrentia adoptado
Av. Chaco	0,44
Av. Urquiza	0,48
Av. Arribalzaga	0,60
Av. España	0,61
Av. Nicolas Rojas Acosta	0,53
Av. Mosconi	0,78



7.4.1.3) Intensidad de precipitación

Definidas las superficies de aporte y los coeficientes de escorrentía apropiados, restaría definir la intensidad de precipitación para cada microcuenca. Este valor se calculará o estimará mediante curvas intensidad – duración – frecuencia (I-D-F). Para la determinación de la intensidad de lluvia se usaron las curvas IDF pertenecientes al AMGR, que se obtuvieron de un estudio realizado por el Departamento de Hidráulica de la facultad de Ingeniería de la UNNE.

Para determinar la intensidad se necesita un tiempo de recurrencia y una duración de tormenta, que se asemeja al tiempo de concentración de la cuenca.

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, donde obtenemos una primera aproximación del tiempo de concentración que según la bibliografía es la que mejor se ajusta al caso, y con este valor obtenemos un primer valor de intensidad de precipitación con el cual recalculamos el tiempo de concentración mediante la ecuación de onda cinemática.

Teniendo los datos de las cuencas (tabla 7.1) se puede calcular los tiempos de concentración para cada una de ellas (tabla 7.9), mediante las siguientes expresiones (Figura 7.9):

Método y fecha	Fórmula para t_c (min)	Observaciones
Kirpich (1940)	$t_c = 0.0078L^{0.77}S^{-0.385}$ L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, pies S = pendiente promedio de la cuenca, pies/pie	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales en Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
Método y fecha	Fórmula para t_c (min)	Observaciones
Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973)	$t_c = \frac{0.94L^{0.6}n^{0.6}}{(r^{0.4}S^{0.3})}$ L = longitud del flujo superficial, pies n = coeficiente de rugosidad de Manning i = intensidad de lluvia, pulg/h S = pendiente promedio del terreno, pies/pie	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto i (intensidad de lluvia) como t_c son desconocidos; la superposición de una curva de intensidad-duración-frecuencia da una solución gráfica directa para t_c .

Figura 7.9. Ecuaciones para determinar tiempos de concentración.
(Fuente: Hidrología aplicada – Año 2000 - Ven Te Chow y otros’.)

Para la intensidad de precipitación se utilizaron los resultados del ajuste analítico para una recurrencia de 10 años, que responden a la expresión:

$$Ip(mm/h) = \frac{A}{(B + d)^c}$$



Donde A, B y C son parámetros de ajuste de la función adoptada (tabla 7.8); y d es la duración del evento en minutos. Los resultados del Tiempo de concentración e Intensidad de precipitación se pueden observar en la tabla 7.9.

Tabla 7.8. Parámetros de ajuste de curvas IDF del AMGR. (Fuente: Estudio de curvas IDF para el Área Metropolitana del Gran Resistencia – 2007 – Pilar, Depettris, Ruberto et al.)

TR (años)	Parámetros		
	A	B	C
2	746,019	8,120	0,6375
5	1205,735	11,824	0,6846
10	1639,940	14,681	0,7193
25	2366,837	18,427	0,7629
50	2563,109	19,875	0,7560

Tabla 7.9. Resultados de tiempo de concentración (Tc) e intensidad de precipitación (Ip) adoptada para cada microcuenca. (Fuente elaboración propia.)

Cuenca	Tramo	L (m)	Desnivel (m)	Tc (min)	Ip (mm/h)
Av. Chaco	I	511	0,30	41,6	74,5
Av. Urquiza	II	480	0,35	36,4	80,3
	III	243	0,35	16,6	118,2
Av. Arribalzaga	IV	754	1,05	40,2	75,9
	V	493	0,90	26,1	95,8
Av. España	VI	508	0,40	36,9	79,7
	VII	287	0,20	25,0	98,0
Av. Nicolas Rojas Acosta	VIII	725	0,90	40,8	75,3
	IX	376	0,20	34,1	83,3
Av. Mosconi	X	528	0,20	50,5	66,4

7.4.2) Caudal de diseño

Con los valores precedentes se puede aplicar el método y calcular los caudales erogados por cada microcuenca (tabla 7.10), aplicamos entonces:

$$Q \left(m^3/s \right) = 0,275 * C * I * A$$



Tabla 7.10. Resultados de caudales erogados a la salida de cada microcuenca.
(Fuente elaboración propia.)

Cuenca	Tramo	C	ip (mm/h)	A (km ²)	Q (m ³ /seg)
Av. Chaco	I	0,440	74,5	0,058860	0,530
Av. Urquiza	II	0,480	80,3	0,044388	0,470
	III	0,480	118,2	0,022425	0,350
Av. Arribalzaga	IV	0,600	75,9	0,039572	0,496
	V	0,600	95,8	0,025848	0,409
Av. España	VI	0,610	79,7	0,022653	0,303
	VII	0,610	98,0	0,012810	0,211
Av. Nicolas Rojas	VIII	0,530	75,3	0,043990	0,483
Acosta	IX	0,530	83,3	0,022814	0,277
Av. Mosconi	X	0,780	66,4	0,009235	0,132

Los valores antes mencionados no tienen en cuenta la distribución de áreas respecto de la salida de cada cuenca. Situación que será determinante a la hora de diseñar el sistema de transporte primario y conductos del sistema secundario, como así también los sumideros en caso de ser necesarios.

En la tabla siguiente (tabla 7.11), se incorporan los datos obtenidos, correspondientes al área de contribución de cada cuenca, por tramo y por vereda, donde “por vereda” nos referimos a la ubicación cardinal del frente desde el cual llega aporte de caudal a la avenida, así también en la tabla mencionada se agrega la longitud de cada tramo donde estas superficies estarán contribuyendo.

El actual parque urbano situado en los terrenos del ex campo de tiro de la policía federal, cuenta con una superficie significativa, y por lo tanto aporta una cantidad importante de caudal, por lo cual se decidió que a través de un sistema de drenaje se captase el exceso de agua proveniente de las precipitaciones caídas sobre el mismo, y se conectara al sistema secundario en las inmediaciones de los imbornales. Dicho esto en la tabla 7.11 se agrega otro ítem a cada microcuenca, donde interactúa el parque, desagregando esta superficie de aporte.

En las últimas columnas (tabla 7.11) se podrá observar el caudal unitario, que cada cuenca aportaría por metro de longitud de tramo.



Tabla 7.11. Resultados de distribución de áreas por cada vereda en cada microcuenca y tramo – Caudal de aporte por cada superficie y caudal unitario distribuido por metro de tramo.

(Fuente: elaboración propia.)

Cuenca	Tramo	Vereda	A (km ²)	L(m)	Q (m ³ /s)	q (m ³ /s/m)	q (lt/s/m)
Av. Chaco	I	-	0,03310	511	0,298	0,0005837	0,584
	I	Norte	0,007611	511	0,069	0,00013424	0,134
	I	Sur	0,018154	511	0,164	0,00032018	0,320
Av. Urquiza	II	-	0,019632	294	0,208	0,00070753	0,708
	II	Norte	0,01186	480	0,126	0,00026179	0,262
	II	Sur	0,017733	480	0,188	0,00039145	0,391
	III	Norte	0,00359	243	0,056	0,00023092	0,231
	III	Sur	0,00896	243	0,140	0,00057665	0,577
Av. Arribalza	IV	Norte	0,02662	754	0,333	0,00044224	0,442
	IV	Sur	0,02662	754	0,333	0,00044224	0,442
	V	Norte	0,00609	493	0,096	0,0001955	0,196
	V	Sur	0,00609	493	0,096	0,0001955	0,196
Av. España	VI	Norte	0,00668	508	0,089	0,00017583	0,176
	VI	Sur	0,00668	508	0,089	0,00017583	0,176
	VII	Norte	0,01238	287	0,203	0,00070897	0,709
	VII	Sur	0,01206	287	0,198	0,00069064	0,691
Av. Nicolas Rojas Acosta	VIII	Norte	0,02483	725	0,272	0,00037583	0,376
	VIII	Sur	0,032168	725	0,353	0,00048697	0,487
	IX	Norte	0,00342	376	0,041	0,00011034	0,110
Av. Mosconi	IX	Sur	0,006394	376	0,078	0,00020641	0,206
	X	Norte	0,00462	528	0,066	0,00012454	0,125
	X	Sur	0,00462	528	0,066	0,00012454	0,125

7.5) Diseño del sistema de desagüe pluvial

Los sistemas de desagüe pluvial, tradicionalmente se dividen en 2 partes, a saber:

- **Sistema primario:** es aquel que conduce el agua de exceso pluvial por medio del escurrimiento laminar o encausado mediante las aceras, hasta alcanzar el sistema de recepción o puntos de captación.
- **Sistema secundario:** es aquella parte del sistema que conduce el agua interceptada desde el sistema primario hasta los sitios de recepción y/o disposición final, mediante sumideros, imbornales o alcantarillas y se conducen mediante conductos.

7.5.1) Diseño de la sección transversal

Como parte del sistema primario, por sobre la superficie de las calzadas se conduce el agua en exceso y una vez superado el caudal admisible (o el nivel admisible) sobre la misma, se capta mediante un imbornal o sumidero, mediante el cual se incorpora el líquido al conjunto de conductos que llevan el mismo hasta el punto de descarga.

Generalmente se utiliza un perfil tipo “a dos aguas” que almacena agua en movimiento hacia los laterales externos de la vía (figura 7.10), inundando el espacio ocupado por un carril lateral y por medio de la energía disponible por la pendiente longitudinal se conduce hacia los imbornales. De este modo se introducen menos puntos de captación y no deshabilita el camino.

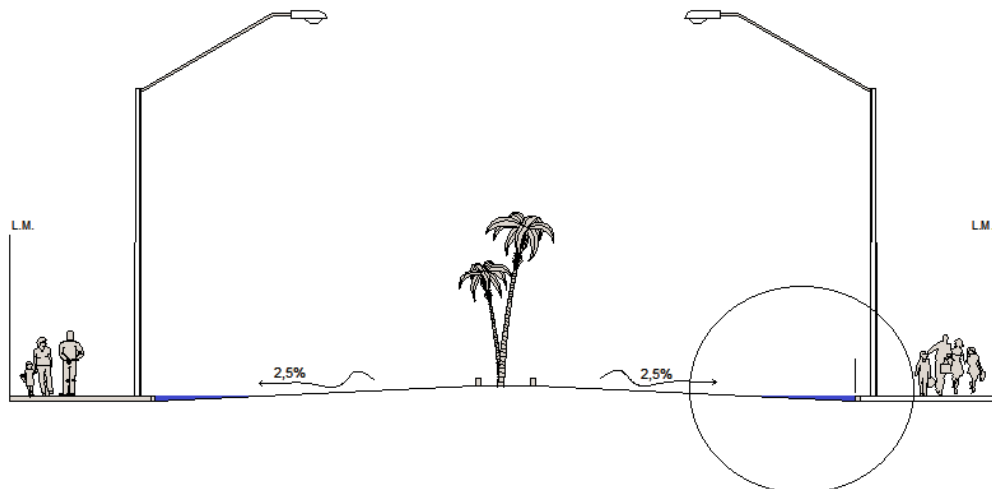


Figura 7.10. Esquema del perfil transversal tradicional para avenidas en el AMGR.
(Fuente: elaboración propia.)

En nuestro trabajo, se diseñó y proyectó, una vía de dos calzadas, divididas por un parterre central, con tres carriles por sentido, donde el carril lateral derecho, o externo, de las mismas conducirán el tránsito motovehicular en conjunto con el servicio público de transporte de pasajeros. Esta particularidad conlleva a la imposibilidad o al menos incompatibilidad, de funcionar como canal de desagote como generalmente se plantea en los proyectos de pavimento del AMGR.

Por lo mencionado anteriormente, se propuso, diseñar y calcular, un sistema que parte de una sección transversal atípica, donde la pendiente transversal de las calzadas se inclinará hacia el parterre central (figura 7.11). Con esta disposición se cubrirán dos aspectos, del funcionamiento hidráulico como así también del funcional del camino; la primera, disponer espacio para inundar en casos extremos y poder conducir el agua de lluvia y la segunda, no inhabilitar el carril exterior con la función especial antes mencionada.

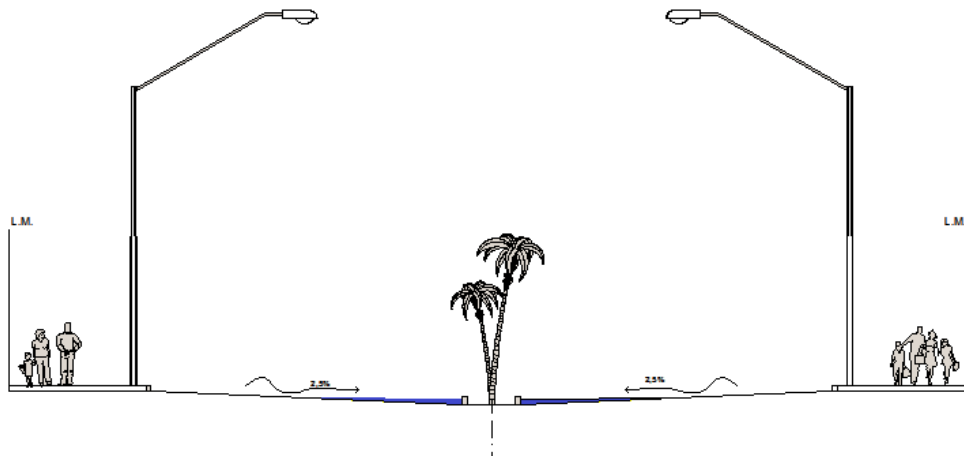


Figura 7.11. Esquema del perfil transversal seleccionado para la vía en estudio.
(Fuente: elaboración propia.)

7.5.2) Diseño y cálculo de cordones cuneta

Los cordones y cunetas poseen capacidad de transporte de agua y son los primeros elementos en recibir el exceso de los frentistas y la calzada misma. Para el cálculo de caudal que puede transportarse por los mismos, se utilizó el producto de la fórmula de Manning, para la velocidad, y el área mojada para la sección. La expresión siguiente detalla los parámetros y variables intervinientes:

$$Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = \left(\frac{1}{n} \right) * A * R h^{2/3} * \sqrt{S_o}$$

En donde:

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (para H°).

A = Área mojada de la sección de paso.

Rh = Radio hidráulico.

S_o = Pendiente longitudinal del canal (calzada).

Se diseñó y escogió una sección como se mostró en la figura 7.11 antes expuesta, pero en la figura 7.12 podemos observar con más detalle un esquema de la zona prevista para inundarse temporariamente.

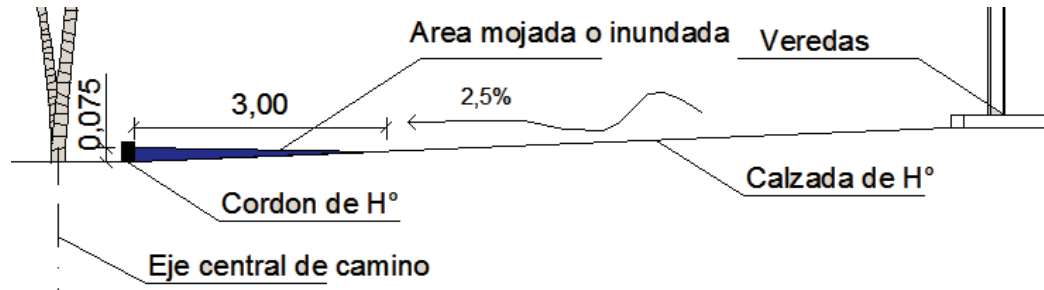


Figura 7.12. Esquema del semi perfil transversal tipo.
(Fuente: elaboración propia)

Planimetrando la sección podemos obtener el área mojada, medir el perímetro mojado y calcular el valor del radio hidráulico, mediante la expresión:

$$Rh = \frac{A}{Pm}$$

Para el valor del coeficiente de Manning “n” las distintas bibliografías recomiendan valores entre 0,014 y 0,016 (tabla 12), para distintos estados de la superficie de la calzada de hormigón, eligiéndose el valor más conservador de 0,016.

Tabla 7.12. Valores típicos adoptados para coeficiente de Manning.
(Fuente: Cátedra de Hidrología - Facultad Ingeniería – UNNE.)

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 H° moldeados en el lugar con formas metálicas simples	0,012 – 0,014
de H° moldeados con encofrado de madera	0,015 – 0,020
CORDÓN CUNETTA	
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

Los parámetros hasta ahora estudiados y adoptados permanecerán sin variación en toda la extensión del tramo en estudio, pudiéndose agrupar las mismas y expresar la fórmula para el cálculo de caudal de la siguiente manera:



$$Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = K * \sqrt{S_o}$$

$$K = \left(\frac{1}{n} \right) * A * Rh^{2/3}$$

Quedando solamente como variable de cálculo la pendiente longitudinal de la acera. Podemos exponer en resumen los valores adoptados:

$$A = 0,1125 \text{ m}^2$$

$$P_m = 3,08 \text{ m}$$

$$R_h = 0,0365 \text{ m}$$

$$n = 0,016$$

$$K = 0,774$$

En conjunto con los valores previamente establecidos de pendiente longitudinal, calculamos el caudal admisible de transportar por cordones cuneta (tabla 7.13).

Tabla 7.13. Caudales admisibles de transportar por cordón cuneta para los distintos tramos de estudio.

(Fuente: elaboración propia.)

Cuenca	Tramo	So	Q adm (m3/s)
Av. Chaco	I	0,00059	0,018755008
	II	0,00073	0,020901646
Av. Urquiza	III	0,00144	0,029406628
	IV	0,00139	0,028885245
Av. Arribalzaga	V	0,00183	0,03308912
	VI	0,00079	0,021730967
Av. España	VII	0,0007	0,020433423
	VIII	0,00124	0,027272147
Av. Nicolas Rojas Acosta	IX	0,00053	0,017852052
Av. Mosconi	X	0,00038	0,01506486

7.5.3) Diseño y cálculo de sumideros

Los sumideros o imbornales, son los elementos encargados de captar el agua que escurre por sobre la superficie de calzada y volcarlos al sistema secundario de conducción, dejando nuevamente habilitada esta para seguir recibiendo excesos.

Para los puntos de captación de agua, se utilizarán sumideros de abertura vertical con rejas, ubicándose los mismos en los cordones del parterre central.

Relacionando los valores de capacidad de transporte por cordón-cuneta (tabla 7.13) y el caudal unitario que aporta cada tramo (tabla 7.11), obtenemos la distancia de separación máxima entre sumideros para no superar los límites previstos de calzada inundada (tabla 7.14).



Tabla 7.14. Separación máxima y cantidad necesaria de sumideros por tramo y vereda n° de sumideros y separación adoptados por tramo y vereda.

(Fuente: elaboración propia.)

Cuenca	Tramo	Vereda	L(m)	Separacion imbornales (m)	Imbornales necesarios	Imbornales adoptados	Separacion final (m)
Av. Chaco	I	-	511	-	-	-	-
	I	Norte	511	140	3,7	5	102
	I	Sur	511	59	8,7	10	51
Av. Urquiza	II	-	294	-	-	-	-
	II	Norte	480	80	6,0	6	80
	II	Sur	480	53	9,0	9	53
	III	Norte	243	127	1,9	2	121
	III	Sur	243	51	4,8	6	40
Av. Arribalzaga	IV	Norte	754	65	11,5	12	63
	IV	Sur	754	65	11,5	12	63
	V	Norte	492,5	169	2,9	3	164
	V	Sur	492,5	169	2,9	3	164
Av. España	VI	Norte	507,5	124	4,1	5	102
	VI	Sur	507,5	124	4,1	5	102
	VII	Norte	287	29	10,0	10	29
	VII	Sur	287	30	9,7	10	29
Av. Nicolas Rojas Acosta	VIII	Norte	725	73	10,0	13	56
	VIII	Sur	725	56	12,9	13	56
	IX	Norte	376	162	2,3	5	75
	IX	Sur	376	86	4,3	5	75
Av. Mosconi	X	Norte	528	121	4,4	5	106
	X	Sur	528	121	4,4	5	106

Una vez obtenida la distancia máxima de separación entre sumideros, se calculó el número mínimo de elementos a colocar en cada vereda de cada tramo, hallando la relación entre longitud de tramo y separación máxima de los mismos (tabla 7.14). Así mismo, se adoptó el número entero próximo superior, como cantidad de unidades a colocar en cada vereda, ajustando en algunos tramos, como la cuenca de la Av. Chaco, para hacer coincidir alternadamente apareando los sumideros de la vereda sur con la norte que requerirían más espaciamiento (tabla 7.14).

Resta entonces dimensionar los sumideros, es decir, calcular la longitud necesaria para que cumpla con su función principal de encauzar el agua que se encuentra circulando sobre la calzada y redirigirla hacia el sistema de conductos.



Para esto utilizamos el método del profesor Li, Wen-Hsiung, extraído del “Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros” del “Ministerio del Agua – Viceministerio de servicios básicos” del vecino país de Bolivia, con fecha de Abril de 2007.

Método Hsiung-Li

Para sumideros colectores estándares o normalizados con dimensiones en función de la depresión “a”, conforme lo mostrado en la figura 7.13., responde a la siguiente expresión:

$$\frac{Q}{L} = (K + C) \cdot (\sqrt{y^3 \cdot g})$$

Donde:

K = 0,23 para $z < 12$ cm

K = 0,20 para $24\text{cm} < z < 48\text{cm}$

Q (m³/s) = Caudal a captar.

L (m) = Longitud de sumidero.

y (m) = altura de película de agua a la entrada del sumidero.

g = Aceleración de la gravedad.

z = Altura del cordón.

El valor de “C” es determinado por la expresión:

$$C = \frac{0.45}{1.12^M} \quad \text{Siendo } M: \quad M = \frac{L \cdot F^2}{a \cdot \text{tg}\theta}$$

Con:

$$\text{tg}\theta = \frac{w}{\left[\left(\frac{w}{\text{tg}\theta_0} \right) + a \right]} \quad ; \quad F^2 = 2 \cdot \left(\frac{E}{y} - 1 \right)$$

donde:

w Ancho del rebaje.

Se determina el valor de “E” a través de la ecuación:

$$E = \frac{v^2}{2 \cdot g} + y \quad E = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} + y_0 + a$$

Luego, se obtiene “y” con la figura 7.14, en función de E y Q₀.

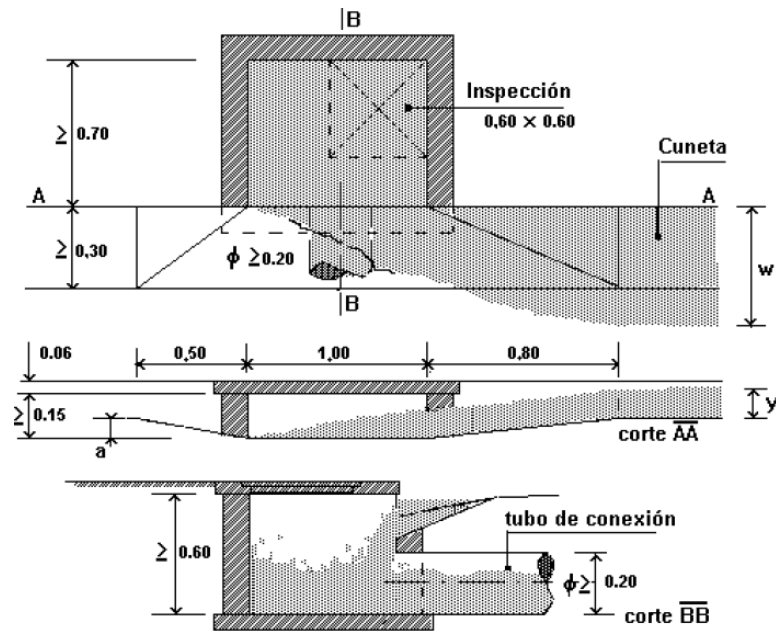


Figura 7.13. Esquema y dimensiones estándar de un sumidero de ventana.
(Fuente: Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros – Año 2007 - Ministerio del Agua – Viceministerio de servicios básicos.)

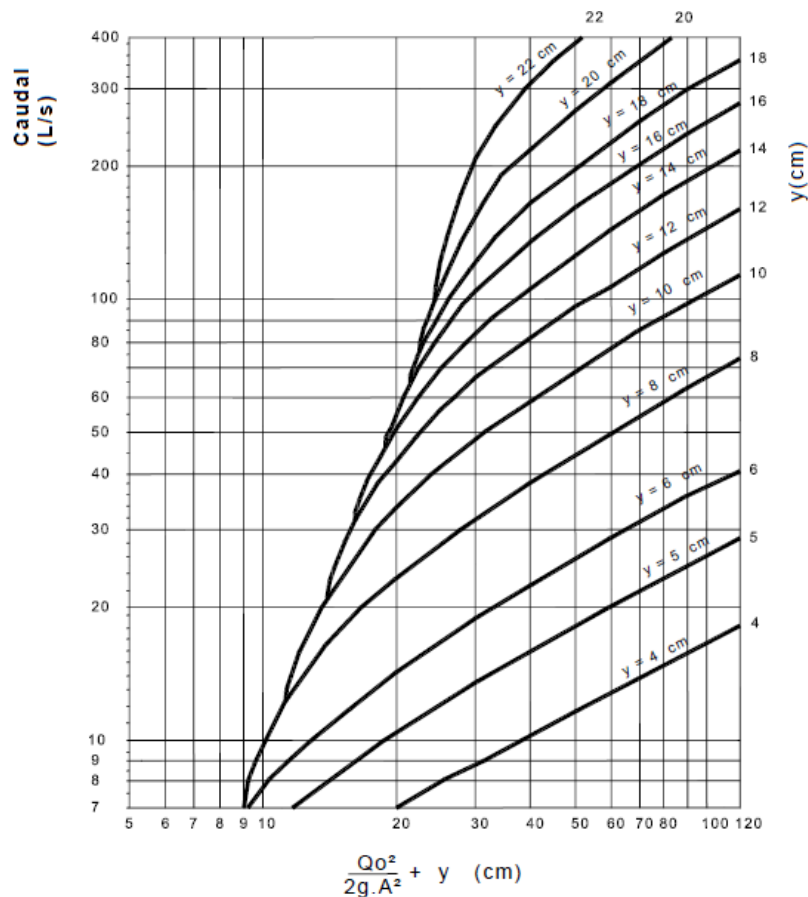


Figura 7.14. Valor de “y” en función de E y Qo
(Fuente: Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros – Año 2007 - Ministerio del Agua – Viceministerio de servicios básicos.)



Considerando para nuestro caso una depresión a la entrada del sumidero nula, es decir “a = 0” se simplifica la expresión, quedando:

$$\frac{Q}{L} = K \cdot \sqrt{y^3 \cdot g}$$

Reemplazando los valores conocidos, asumiendo un tirante máximo $y = 7,5\text{cm}$ y despejando para L obtenemos:

$$L = \frac{Q}{0.23 * \sqrt{(0.075\text{m})^3 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$

El método recomienda, un factor de seguridad, $FS = 1,25$, que contempla las obstrucciones, acumulación de tierra en las cunetas y residuos en las rejillas.

Para nuestro trabajo adoptamos los caudales máximos admisibles por cuneta para el cálculo de dimensiones, obteniendo los resultados de la tabla 7.15.

Tabla 7.15. Longitudes de sumideros por cálculo y valores adoptados para cada tramo.
(Fuente: elaboración propia.)

Cuenca	Tramo	Q adm (m3/s)	L (m)	L adop (m)
Av. Chaco	I	0,018755008	1,58	1,75
	II	0,020901646	1,77	1,75
Av. Urquiza	III	0,029406628	2,48	2,50
	IV	0,028885245	2,44	2,50
Av. Arribalzaga	V	0,03308912	2,80	2,50
	VI	0,021730967	1,84	2,00
Av. España	VII	0,020433423	1,73	1,75
	VIII	0,027272147	2,30	2,50
Av. Nicolas Rojas Acosta	IX	0,017852052	1,51	1,50
Av. Mosconi	X	0,01506486	1,27	1,50

7.5.4) Drenaje del parque urbano “Tiro Federal”

Para la superficie del parque Urbano “Tiro Federal” se propuso que mediante un sistema de drenaje (no diseñado en este trabajo) captar los excesos y conducirlos mediante una cañería subsidiaria, paralela a la avenida Castelli, e incorporar este caudal a la conducción del sistema secundario que va enterrado debajo del parterre central.

Se estipula que las conexiones al sistema secundario se concreten aguas arriba en cada caja de inspección de los sumideros.

Considerando un caudal de aporte uniforme a lo largo de los tramos, desde la superficie del parque hacia la cañería subsidiaria, podemos utilizar el caudal unitario que ya se calculó y mostró en la tabla 7.11, para dimensionar el conducto de vinculación.

El procedimiento consiste en calcular el diámetro requerido y adoptar el diámetro comercial superior más cercano. Además, se debe tener en cuenta que existen diámetros



mínimos, normados, 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 y se calculó el diámetro mínimo necesario (tabla 7.15). Adoptando PVC, como material de la cañería, para el sistema, donde el coeficiente de rugosidad para la fórmula de Hazen - Williams es $C = 150$ y la pérdida de carga unitaria adoptada para el caso es de 0,005 m/m.

Tabla 7.15. Resultados de cálculo del diámetro mínimo para cañerías de vinculación.
(Fuente: elaboración propia.)

Cuenca	Tramo	L(m)	q (m ³ /s/m)	Separacion Imbornales	N° conexiones	Caudal total (m ³ /s)	j admisible (m/m)	Diámetro (m)
Av. Chaco	I	511	0,000584	102	5	0,059654	0,0050	0,246
Av. Urquiza	II	294	0,000708	80	4	0,05660	0,0050	0,242

Los resultados obtenidos son menores a los establecidos en la normativa existente, así que se adoptan cañerías de PVC reforzado de 0,60 m de diámetro como conductos de vinculación.

7.5.5) Diseño y cálculo del sistema secundario

El diseño del sistema secundario consiste en la elección del material de la tubería enterrada y su disposición, y el cálculo del diámetro necesario para el transporte del caudal de diseño.

Se escogió para este caso cañerías de PVC, dado que, de este material se pueden conseguir los diámetros de mayor extensión, los cuales son de común demanda en este tipo de proyectos. Se escogió como diámetro inicial, para los cálculos, el valor de 0,60m, el valor mínimo requerido por el municipio de Resistencia.

Se utilizó para el dimensionamiento, la ecuación de Manning, que cuando el conducto no está a presión, trabaja a sección llena y flujo uniforme, en estas condiciones el diámetro es:

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

Donde:

D (m)= Diámetro mínimo para el transporte por gravedad del caudal Q (m³/s).

Q (m³/s) =Caudal de diseño.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

S₀ = Pendiente longitudinal de la conducción



Para el cálculo de diámetro necesario se procedió de la siguiente manera:

- Determinar el caudal admisible a transportar por los diámetros existentes en el mercado
- Determinar el caudal acumulado que se genera con el aporte de cada sumidero, en cada tramo, de cada microcuenca.
- Cuando el caudal de un diámetro determinado se vea superado, continuar la verificación con el diámetro comercial disponible mayor.
- En cada sección o caja de descarga de sumideros donde se supera el admisible por una sección determinada, establecer como punto de cambio de diámetro.

En los planos anexos n°14, 15, 16, 17 y 18 se podrá observar la distribución de sumideros, cañerías de vinculación y cañerías del sistema secundario.

En la tabla 7.16, se puede observar el cálculo del caudal que ingresa en cada sumidero de cada tramo, y el caudal admisible para cada diámetro, para las condiciones de pendiente que cada tramo dispone.



Tabla 7.16. Resultados de cálculo de caudal admisible para cada diámetro, en cada tramo.

(Fuente: elaboración propia.)

Cuenca	Tramo	Vereda	Q (m³/s/m)	N° Imb.	Sep. (m)	Q de ingreso	So	Q para fi 0,60 m	Q para fi 0,70 m	Q para fi 0,80 m	Q para fi 0,90 m	Q para fi 1,00 m
Av. Chaco	I	-	0,0005837	-	-	0,05965384	0,00058708	0,193307	0,29159	0,41631153	0,569935	0,754823
	I	Norte	0,00013424	5	102	0,01371885	0,00058708	0,193307	0,29159	0,41631153	0,569935	0,754823
Av. Urquiza	I	Sur	0,00032018	10	51	0,01636132	0,00058708	0,193307	0,29159	0,41631153	0,569935	0,754823
	II	-	0,00070753	-	-	0,0566028	0,00072917	0,215433	0,324965	0,46396121	0,635168	0,841218
Av. Urquiza	II	Norte	0,00026179	6	80	0,02094333	0,00072917	0,215433	0,324965	0,46396121	0,635168	0,841218
	II	Sur	0,00039145	9	53	0,02087711	0,00072917	0,215433	0,324965	0,46396121	0,635168	0,841218
Av. Arribalzaga	III	Norte	0,00023111	2	121	0,02802219	0,0014433	0,303093	0,457195	0,6527493	0,893621	1,183513
	III	Sur	0,00057665	6	40	0,02330631	0,0014433	0,303093	0,457195	0,6527493	0,893621	1,183513
Av. Arribalzaga	IV	Norte	0,00044224	12	63	0,02778749	0,00139257	0,297719	0,449089	0,64117598	0,877777	1,162529
	IV	Sur	0,00044224	12	63	0,02778749	0,00139257	0,297719	0,449089	0,64117598	0,877777	1,162529
Av. Arribalzaga	V	Norte	0,0001955	3	164	0,03209519	0,00182741	0,341049	0,514448	0,73449087	1,005526	1,331721
	V	Sur	0,0001955	3	164	0,03209519	0,00182741	0,341049	0,514448	0,73449087	1,005526	1,331721
Av. España	VI	Norte	0,00017583	5	102	0,01784674	0,00078818	0,223981	0,337859	0,48236994	0,660369	0,874595
	VI	Sur	0,00017583	5	102	0,01784674	0,00078818	0,223981	0,337859	0,48236994	0,660369	0,874595
Av. España	VII	Norte	0,00070897	10	29	0,02034749	0,00069686	0,210607	0,317685	0,4535679	0,620939	0,822373
	VII	Sur	0,00069064	10	29	0,01982146	0,00069686	0,210607	0,317685	0,4535679	0,620939	0,822373
Av. Nicolas	VIII	Norte	0,00037583	13	56	0,02095948	0,00124138	0,281093	0,424009	0,60536947	0,828757	1,097608
	VIII	Sur	0,00048697	13	56	0,027158	0,00124138	0,281093	0,424009	0,60536947	0,828757	1,097608
Rojas Acosta	IX	Norte	0,00011034	5	75	0,0082977	0,00053191	0,184001	0,277552	0,39626831	0,542495	0,718482
	IX	Sur	0,00020641	5	75	0,01552239	0,00053191	0,184001	0,277552	0,39626831	0,542495	0,718482
Av. Mosconi	X	Norte	0,00012454	5	106	0,0131513	0,00037879	0,155273	0,234218	0,33440003	0,457797	0,606308
	X	Sur	0,00012454	5	106	0,0131513	0,00037879	0,155273	0,234218	0,33440003	0,457797	0,606308



7.6) Fuentes

Bibliografía

- Ven Te Chow, D. R. (1994). Hidrología Aplicada. Santa Fé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.
- Depettris, C. A. , Ruberto, A. R., Pilar, J. V., Gabazza, S., & Kutnich, E. (2006). Actualización y análisis de las curvas IDF en el área metropolitana del gran Resistencia (AMGR). Resistencia, Chaco.
- Apuntes de la cátedra de hidrología de la facultad de ingeniería – 2018 – UNNE.
- “Ministerio del Agua – Viceministerio de servicios básicos”- Bolivia (2.007). “Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros”
- APA. (2016). Anuario de precipitaciones de la provincia del Chaco 1956-2016. Resistencia, Chaco Argentina.



CAPÍTULO 8

Evaluación económica

8.1) Generalidades

Todo proyecto de inversión pública permite que las condiciones de vida de las personas que actúan en la misma mejoren.

En los capítulos anteriores se mencionó que inconvenientes de la vía vienen dados por:

- Elevadas demoras de vehículos, en el tramo de la vía.
- Significativa cantidad de accidentes.
- Calzadas deterioradas, cordones cunetas inexistentes, veredas deterioradas y escasas luminarias.

Es por ello que, con todos estos problemas, se espera que con la ejecución del proyecto se puedan reducir los tiempos de viajes de los conductores, dar seguridad al usuario que transita por la vía.

8.2) Objetivo general

El siguiente capítulo tiene por objetivo determinar:

- Un presupuesto aproximado del precio de obra
- Realizar una evaluación económica y así determinar su factibilidad.
- El estudio de factibilidad tiene como finalidad recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y en base a ellos tomar la decisión, si se procede a su desarrollo o no.
- Este análisis sirve para orientar la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto y corresponde a la última fase de la etapa de anteproyecto.
Se parte de la premisa de que la información recopilada deberá tener la menor incertidumbre posible a efectos de medir las probabilidades de éxito o fracaso en un proyecto de inversión.

8.3) Metodología

La metodología consiste en:

- Realizar un cómputo métrico y presupuesto de oferta para los ítems más relevantes de la obra.
- Determinar los beneficios sociales que se obtendrían por la ejecución de la misma, desde la determinación de la disminución del costo generalizado de viaje a través de los coeficientes aportados por Vialidad Nacional.
- Con la inversión y los beneficios obtener los distintos indicadores de evaluación económica, como el VAN, la TIR y relación beneficio costo.



8.4) Cómputo y presupuesto

8.4.1) Computo métrico

El objeto del cómputo es medir cada uno de los trabajos ejecutados en una obra, para:

- Establecer el costo de la misma o de una de sus partes.
- Determinar la cantidad de materiales necesarios para ejecutarla.

Para ello se realizó un análisis detallado de los diferentes rubros, con los distintos ítems que componen la obra a efectos de obtener las cantidades de materiales, equipos y mano de obra (Ver resultados en anexo).

8.4.2) Presupuesto

El presupuesto es la estimación del precio con anterioridad a la ejecución del trabajo, es decir, el cálculo anticipado del costo de la obra o de una de sus partes.

Costo-costo

Comprende la suma del costo de los materiales más el costo de la mano de obra.

Para llegar al costo-costo de cada ítem (tabla 8.2) se debe tener en cuenta:

- Equipos
- Materiales
- Mano de obra

Equipos:

Para determinar los precios de los distintos equipos utilizados se tuvieron en cuenta los rendimientos, potencias y precios brindados por la DNV.

Materiales:

Se recurrió al empleo de revistas, consultas a comercios de insumos de materiales y consultas a profesionales con vínculos a estos tipos de obras.

Mano de obra:

En la consideración de los precios de mano de obra se tomaron 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 noviembre del 2.018 (tabla 8.1)

Tabla 8.1. Costo de la mano de obra. (Fuente: UOCRA.)

UOCRA - CONVENIO 76/75				
Zonas				
ZONA A: Ciudad Autónoma de Bs. As., Pcias. De Stgo. Del Estero, Santa Fe, Mendoza, San Juan, Catamarca, Entre Ríos, Salta, Chaco, Formosa, Jujuy, Misiones.				
ZONA B: Pcias. De la Pampa, Neuquén, Río Negro y Chubut				
ZONA C: Provincia de Santa Cruz				
ZONA Austral: Provincia de Tierra del Fuego				
Mes	Categoría		Zona A	Costo diario (\$/d)
nov-18	Oficial especializado	Hora	\$ 115,21	\$ 921,68
	Oficial		\$ 98,17	\$ 785,36
	Medio oficial		\$ 90,51	\$ 724,08
	Ayudante		\$ 83,10	\$ 664,80
	Sereno	Mes	\$ 14.638	\$ 732,00



Tabla 8.2. Resumen costo – costo por ítem y tramo. (Fuente: elaboración propia.)

Obra: Acondicionamiento de Av. Castelli Ubicación: Entre Av. Chaco y Av. Mosconi						
COSTO-COSTO						
Rubro	Designación de las obras	Resistencia	Barranqueras	Total del ítem	% de incidencia	
1	Trabajos preliminares	\$ 4.670.216,80	\$ 6.584.021,80	\$ 11.254.238,60	5,3%	
2	Movimiento de suelo	\$ 353.232,00	\$ 529.848,00	\$ 883.080,00	0,4%	
3	Paquete estructural	\$ 67.859.164,40	\$ 57.012.994,08	\$ 124.872.158,48	59,1%	
4	Cantero central	\$ 1.358.883,36	\$ 2.038.325,04	\$ 3.397.208,40	1,6%	
5	Señales luminosas	\$ 13.580.109,60	\$ 20.092.164,40	\$ 33.672.274,00	15,9%	
6	Señalización horizontal	\$ 2.290.181,94	\$ 3.435.272,91	\$ 5.725.454,85	2,7%	
7	Señalización vertical	\$ 624.574,05	\$ 933.503,15	\$ 1.558.077,20	0,7%	
8	Veredas y accesos	\$ 12.105.670,80	\$ 10.939.745,80	\$ 23.045.416,60	10,9%	
9	Drenaje Pluvial	\$ 2.825.926,40	\$ 4.233.264,60	\$ 7.059.191,00	3,3%	
Total		\$ 105.667.959,35	\$ 105.799.139,78	\$ 211.467.099,13	100%	

En el anexo del capítulo 8 se puede observar con mas detalle lo que se contemplo en cada ítems.

8.4.3) Precio de obra

El costo – costo debe llevarse a precio de oferta final de la obra (tabla 8.3), para ello se deben contemplar los siguientes factores:

- Gastos generales: 20%
- Beneficio: 10%
- Gastos financieros: 5%
- Renta: 3,30%
- IVA: 21%

Tabla 8.3. Resumen del análisis del precio de oferta. (Fuente: elaboración propia.)

Resumen de Analisis del Precio de Oferta			
Gasto Neto (Costo-Costo)		\$	211.467.099,13
Gastos Generales	20%	\$	42.293.419,83
Beneficios	10%	\$	21.146.709,91
Subtotal (1) - Precio		\$	274.907.228,87
Gastos Financieros	5,00%	\$	13.745.361,44
Subtotal (2) - Precio		\$	288.652.590,31
Impuestos			
Ingresos Brutos	3,30%	\$	9.525.535,48
Imp. Al cheque	1,20%	\$	3.463.831,08
IVA	21%	\$	60.617.043,97
Total (3) - Presupuesto de Oferta		\$	362.259.000,84



8.5) Análisis económico

La determinación de la rentabilidad económica de un proyecto se realiza por comparación de los costos y beneficios. Esta comparación debe contemplarse de forma objetiva considerando las repercusiones del proyecto sobre la economía en su conjunto, con independencia de su financiación y de las personas que perciben sus beneficios.

El cálculo de la rentabilidad económica de un proyecto parte de la determinación de los costos y beneficios del mismo, evaluados según un sistema de valores previamente establecidos.

En el cálculo de la rentabilidad se utilizarán valores actualizados con el fin de poder efectuar una comparación objetiva entre los costos y beneficios anuales que se producen a lo largo de la vida económica del proyecto. Para lo cual se tendrá que definir un periodo de tiempo que se denomina periodo de análisis de la inversión. Este periodo debe delimitarse en función de la vida útil y económica del proyecto.

La metodología utilizada es la difundida por el Banco Mundial para evaluar a los proyectos viales a financiar a través de los índices económicos como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio/costo (B/C).

El banco mundial para financiar un proyecto exige que los índices económicos cumplan con las siguientes pautas:

- $B/C \geq 1$
- VAN: que sea positivo (+)
- TIR: que sea mayor a la tasa de descuento, que normalmente para nuestro país es del 12%

El 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 = $0,70 * \text{PRECIO DE OBRA}$

Costo social de la construcción = $0,70 * \$ 362.259.000$

Costo social de la construcción = \$ 253.581.300

8.5.1) Clasificación de beneficios económicos

a) **Beneficios directos:** son aquellos percibidos de la mejora ocasionada por el proyecto, como ser:

- Descongestión de la Av. Castelli en las horas más cargadas de la vía, con disminución del costo de viaje de operación de los vehículos: autos, camiones, ómnibus, etc.
- Disminución de accidentes
- Menor tiempo de viaje (carga y pasajero) al reducir las demoras.
- Menos consumo de combustible.
- Aumento del confort y seguridad



b) Beneficio indirectos: se perciben en la zona que recibe los beneficios de las obras propuestas en forma indirecta por su proximidad a la misma:

- Aumento del precio de los terrenos cercanos a la zona de proyecto
- Disminución de la inseguridad
- Menores gastos en salud debido a la disminución de la tasa de accidentes
- Mayor resiliencia ante inundaciones como consecuencia de las mejoras en el sistema de desagüe pluvial.

8.5.2) Determinación del costo de operación

Se considera que el beneficio más directo debido al reacondicionamiento de la vía, es la disminución de los costos de operación de los distintos tipos de vehículos. Para el análisis de estos costos se utiliza el informe COSTOP realizado por la DNV en el mes de marzo del 2.018.

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 la vía. La unidad con que se expresa el costo de operación es el \$/km. Se calcula los costos de operación del usuario 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, es decir sin considerar los subsidios e impuestos (tabla 8.4a- 8.4-b)

Por lo tanto, se analiza el costo generalizado de viaje o costo de operación de los distintos tipos de vehículos para la situación actual (sin proyecto) y para la situación con proyecto, para lo cual se suponen distintas velocidades de viaje (tabla 8.5).

Tabla 8.4-a. Datos de entrada para el cálculo de costos generalizados de viaje de los vehículos. (Fuente: DNV – COSTOP.)

	Tipo de vehículo	Automovil	Ómnibus	Camión
	Costo			
Valores (\$)	Valor del 0 km (\$)	361.734	4.552.700	1.108.724,00
	Potencia (HP)	104	355	187
	Neumáticos (\$)	3.105	11.734	9.960
	Cantidad de neumáticos	4	8	6
	Lavado (\$)	290	715	504
	Frecuencia de lavado (km)	6.000	2.000	4.000
	Engrase (\$)	-	365	345
	Frecuencia de engrase (km)	-	3.120	3.120
	Seguro anual (\$)	31.053	204.403	42.767
	Impuestos y patentes anuales (\$)	27.720	98.550	40.480
Tiempos de viaje (\$/h)	Mantenimiento (\$/h)	190	190	190
	Conductor (motivo de trabajo)	295	-	-
	Conductor (otros motivos)	90	-	-
	Pasajero (motivo de trabajo)	138	138	-
	Pasajero (otro motivos)	42	42	-
	Salario chofer (\$/mes)	-	70.520	60.090
Salarios	Incrementos cargas sociales (%)	0	-	1
	Viáticos (\$/h)	0	115	-
	Bonificación (\$/km)	0	-	2,1



Tabla 8.4-b. Datos de entrada para el cálculo de costos generalizados de viaje de los vehículos. (Fuente: DNV – COSTOP. Septiembre 2.018.)

Precios	Combustible	Costo (\$/litro)
	Nafta premium	44,22
Nafata super	37,59	
Diesel	33,76	
Lubricante	270	

Tabla 8.5. Costo de operación de los distintos tipos de vehículos con y sin proyecto. (Fuente: DNV – COSTOP.)

Costo de operación		Sin proyecto			Con proyecto		
Tipo de vehículo		Automóvil	Ómnibus	Camión	Automóvil	Ómnibus	Camión
Velocidad de viaje (km/h)		35	25	25	45	35	35
Recorrido (km/año)		17.000	76.250	52.500	19000	86750	59500
Costo operativo del vehículo (\$/km)	Combustible (\$/km)	1,916	6,355	6,502	1,681	5,429	5,529
	Lubricantes (\$/km)	0,264	0,542	0,502	0,236	0,475	0,440
	Cubiertas (\$/km)	0,153	0,604	0,490	0,172	0,703	0,591
	Lavado (\$/km)	0,048	0,357	0,126	0,048	0,375	0,126
	Engrase (\$/km)	0	0	0	0	0	0
	Mantenimiento (\$/km)	0,287	1,274	0,889	0,312	2,527	0,977
	Amortización (\$/km)	1,731	5,816	2,078	1,548	5,112	1,806
	Bonificación (\$/km)	0	0	0	0	0	0
	Intereses (\$/km)	1,366	4,188	1,870	1,222	3,680	1,626
	Salarios (\$/km)	0	22,418	29,422	0	19,704	25,584
	Seguros (\$/km)	3,457	2,680	1,069	3,093	2,356	0,929
	Gastos generales (\$/km)	0	5,428	5,154	0	4,841	4,513
Costo vehículo (\$/km)		10,810	50,669	48,105	9,742	45,190	42,127
Costo pasajero (\$/km)		11,524	145,920	0	8,963	104,224	0
Costo total (\$/km)		22,33	196,59	48,100	18,705	149,414	42,127

Una vez obtenido el costo total de operación para cada situación, se calcula el beneficio unitario, que resulta de la diferencia entre el costo de operación sin proyecto y el costo de operación con proyecto (tabla 8.6).

Tabla 8.6. Resumen de beneficio neto unitario. (Fuente: DNV – COSTOP.)

Costo de operación		Sin proyecto (\$/km)	Con proyecyo (\$/km)	Beneficio (\$/km)
Tipo de vehículo	Automovil	22,33	18,7	3,63
	Ómnibus	196,59	149,41	47,18
	Camión	48,1	42,12	5,98

El cálculo del beneficio por reducción de costos de operación anual (tabla 8.7) se obtendrá:

$$Beneficio\ anual = L\ (km) * D\ \left(\frac{dias}{año}\right) * TMDA\ \left(\frac{veh}{dia}\right) * (Csp - Ccp) \left(\frac{\$}{veh * km}\right)$$



Donde:

L = longitud de cada tramo, en kilómetros

D = días por año que funciona la alternativa

TMDA = para cada tramo

Csp = costo de operación unitario sin proyecto

Ccp = costo de operación unitario con proyecto

Tabla 8.7. Beneficio social anual total por disminución del costo de operación.
(Fuente: elaboración propia.)

Tramo		Resistencia	Barranqueras
TMDA		28000	10000
Longitud (km)		2	3
Participación por tipo de vehículo	Automoviles (79%)	22120	7900
	Ómnibus (0,5%)	140	50
	Camiones livianos (3,5%)	980	350
Beneficio anual (\$/año)	Automoviles	58.615.788,00	31.401.315,00
	Ómnibus	4.821.796,00	2.583.105,00
	Camiones livianos	4.278.092,00	2.291.835,00
Beneficio total (\$/año)		67.715.676,00	36.276.255,00
Total		103.991.931,00	

8.5.3) Beneficios obtenidos

Los beneficios a la comunidad se obtuvieron mediante la diferencia entre, los costos generalizados de viaje, en la situación sin proyecto, y la situación con proyecto. En la tabla 8.7 se observó el beneficio neto para lo que representa el primer año de puesta en funcionamiento el proyecto ya ejecutado.

En esta instancia, debemos calcular o estimar los beneficios futuros, los que se obtendrán durante la vida útil del proyecto presentado.

Cabe mencionar que periódicamente se deben realizar tareas de mantenimiento, tanto proyectadas como inesperadas. Para nuestro caso, según recomendaciones de los docentes de la cátedra de "Economía y Evaluación de Proyectos" este valor se aproxima al 5% del costo social final de obra.

$$Mn = 5\% * Costo - Costo = 5\% * \$362.259.000 = \$253.581.300$$

En la tabla 8.8 (al final de capítulo) podemos observar un resumen de los valores de beneficios netos, B_i , obtenidos para cada periodo de evaluación del proyecto y la correspondiente actualización, VA (B_i), respecto de una tasa de oportunidad, la cual para el estado nacional es actualmente $i_0=12\%$, que luego serán utilizados para el cálculo de indicadores económicos.

Para obtener el beneficio neto, al beneficio del primer año de proyecto, utilizado como base, aplicamos la siguiente fórmula:

$$B_i = B_n * (1 + r)^i - Mn$$



Donde:

B_i = Beneficio neto esperado para el año i .

B_n = Beneficio base para el primer año de vida del proyecto.

r = tasa de crecimiento del TMDA = 4%.

i = Año de estudio.

M_n = Costo de mantenimiento anual

Para la actualización se procede a emplear la siguiente expresión:

$$VA(B_i) = \frac{B_i}{(1 + i_o)^{(a+c+i)}}$$

Donde:

$VA(B_i)$ = Beneficio actualizado a valor presente, a la tasa i_o para el año i .

B_i = Beneficio neto esperado para el año i .

i_o = tasa de oportunidad para evaluación de proyectos de inversión pública para el estado argentino = 12% anual

i = Año de estudio.

$a+c = 2$; periodo de tiempo en años, estudio del proyecto y ejecución de obras.

8.5.4) Indicadores de rentabilidad

“La evaluación de un proyecto de inversión consiste en comparar los ingresos de dinero proyectados, con su correspondiente corriente proyectada de desembolsos, teniendo en cuenta el costo de oportunidad de los recursos en el tiempo.

Para tomar una decisión sobre la rentabilidad de un proyecto, hay que compararlo con las alternativas de inversión: o sea, hay que compararlo con el beneficio que el dinero invertido en el proyecto hubiera podido generar si fuese invertido en el mejor uso alternativo”. (Apuntes de la Cátedra de Economía y Evaluación de proyectos – Ing. Rubén R. Sotelo- 2009 - Facultad de Ingeniería – UNNE).

- **Valor Actual Neto (VAN)**

El Valor Actual Neto o Valor Presente Neto representa la suma **actual**, equivalente a los ingresos netos futuros y presentes de un proyecto.

Para determinarlo es necesario convertir las sumas futuras, a sumas en valor presente, por medio de la ecuación $V_p = V_f / (1+i)^n$.

Este procedimiento permite considerar el costo de oportunidad del dinero en el tiempo y sumar los costos y beneficios de diferentes años como si hubieran ocurrido todos en el mismo año.

En general, el Valor Actual Neto (VAN) se calcula de la siguiente forma: Se determinan los beneficios netos anuales de cada uno de los años de la vida útil del proyecto, restando los costos de los beneficios:

$$BN_t = B_t - C_t$$



Donde:

BN_t = Beneficios Netos del año t

Bt = Beneficios (brutos) en el año t

Ct = Costos en el año t

t = 1,2, 3...T

T = último año de la vida útil del proyecto

Se determina la tasa de oportunidad del inversor (i_{op})

Luego, cada uno de estos beneficios netos se actualizan a su equivalente al momento actual, empleando la tasa de oportunidad seleccionada (i_{op}):

$$VAN = BN_0 + \frac{BN_1}{(1+i_{op})} + \frac{BN_2}{(1+i_{op})^2} + \dots + \frac{BN_T}{(1+i_{op})^T}$$

o, lo que es equivalente:

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{BN_t}{(1+i_{op})^t}$$

Los valores actualizados ya se calcularon en el apartado anterior, restaría incorporar el término de la inversión inicial, BN_0 y obtenemos el VAN:

$$VAN = Inv. ini + \Sigma VA(Bn) = -\$362.259.000 + \$878.504.550$$

$$VAN = \$667.037.450$$

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Otro criterio ampliamente utilizado para la evaluación económica de proyectos de inversión es la tasa interna de retorno (TIR), que se define como 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.

Para cualquier tasa de interés de oportunidad por encima de la TIR, el VAN resultará negativo. La TIR es entonces un "valor crítico" de la tasa de interés de oportunidad, trata dicha tasa como una incógnita cuya solución señala la tasa de rentabilidad generada por los fondos invertidos en el proyecto y los que son liberados por él se mantienen "internos" al proyecto.

Es decir, la TIR mide la rentabilidad del dinero mantenido dentro del proyecto. Para obtenerla se parte de la siguiente expresión:

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{BN_t}{(1+i_{op})^t}$$



En este caso la variable desconocida o incógnita es la tasa de oportunidad, para la cual el VAN se anula.

Como los flujos netos de fondos esperados son conocidos, mediante la asistencia de un computador numérico, sobre varias iteraciones (Función “Buscar objetivo” – Excel 2010 – Microsoft Office), obtenemos la TIR.

$$TIR = 40,86\%$$

- **Relación beneficio/costo (B/C)**

Este indicador expresa la relación entre los ingresos actualizados y los egresos actualizados, es decir, indica cuántos pesos a valor presente se obtendrán por cada peso de costo aportado al proyecto.

Se calcula con la siguiente expresión:

$$RBC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i_{op})^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i_{op})^t}}$$

Donde:

Y: Ingresos

E: Egresos (incluida la inversión inicial)

i: tasa de oportunidad (12%)

n: número de períodos considerados en la evaluación (n=30).

Obtenemos:

$$RBC = \frac{\$878.504.549}{\$362.259.000} = 3,46$$

Este resultado nos dice, que por cada peso (\$) invertido en la ejecución de la obra, se recuperarían \$ 3,46.

8.5.5) Conclusión

Atendiendo a las pautas correspondientes para cada uno de los indicadores de rentabilidad anteriores, podemos ver que:

- $VAN = \$667.037.450$ es un valor positivo (+).
- $TIR = 40,86\%$, es mayor a la tasa de descuento, que normalmente para la Argentina es del 12%.
- $RBC = 3,46 \geq 1$

Como se observa todos los indicadores dan una valoración positiva, por lo que concluimos que el proyecto es viable socialmente.



Tabla 8.8. Resumen de beneficios netos esperados cada año, en la vida útil del proyecto y valores actualizado a valor presente para una tasa de oportunidad del 12%

(Fuente: Elaboración propia)

Años (i)	$(1+r)^i$	$(1+i_0)^{(a+c+i)}$	Bi (\$/año)	VA(Bi) (\$/año)
1	1,040	1,405	\$ 95.345.735	\$ 67.865.211
2	1,082	1,574	\$ 99.666.727	\$ 63.340.007
3	1,125	1,762	\$ 104.160.559	\$ 59.103.498
4	1,170	1,974	\$ 108.834.144	\$ 55.138.764
5	1,217	2,211	\$ 113.694.672	\$ 51.429.696
6	1,265	2,476	\$ 118.749.621	\$ 47.960.980
7	1,316	2,773	\$ 124.006.769	\$ 44.718.084
8	1,369	3,106	\$ 129.474.202	\$ 41.687.228
9	1,423	3,479	\$ 135.160.333	\$ 38.855.366
10	1,480	3,896	\$ 141.073.909	\$ 36.210.159
11	1,539	4,363	\$ 147.224.028	\$ 33.739.947
12	1,601	4,887	\$ 153.620.152	\$ 31.433.727
13	1,665	5,474	\$ 160.272.120	\$ 29.281.117
14	1,732	6,130	\$ 167.190.168	\$ 27.272.338
15	1,801	6,866	\$ 174.384.937	\$ 25.398.179
16	1,873	7,690	\$ 181.867.497	\$ 23.649.975
17	1,948	8,613	\$ 189.649.359	\$ 22.019.576
18	2,026	9,646	\$ 197.742.496	\$ 20.499.325
19	2,107	10,804	\$ 206.159.359	\$ 19.082.030
20	2,191	12,100	\$ 214.912.896	\$ 17.760.941
21	2,279	13,552	\$ 224.016.574	\$ 16.529.725
22	2,370	15,179	\$ 233.484.400	\$ 15.382.443
23	2,465	17,000	\$ 243.330.938	\$ 14.313.530
24	2,563	19,040	\$ 253.571.339	\$ 13.317.772
25	2,666	21,325	\$ 264.221.355	\$ 12.390.285
26	2,772	23,884	\$ 275.297.372	\$ 11.526.499
27	2,883	26,750	\$ 286.816.429	\$ 10.722.137
28	2,999	29,960	\$ 298.796.249	\$ 9.973.198
29	3,119	33,555	\$ 311.255.261	\$ 9.275.941
30	3,243	37,582	\$ 324.212.634	\$ 8.626.869
Σ Bi =			\$	878.504.550

8.6) Fuentes

Bibliografía

- Ing. R. Sotelo (2.018). Cátedra "Economía y evaluación de proyectos". Facultad de Ingeniería – UNNE.
- Ing. G. Boggio (2.018). Cátedra "Organización y dirección de obra". Facultad de Ingeniería – UNNE.
- Dirección Nacional de Vialidad (2.018). Costo de Operación de Vehículos. Enlace: <https://www.argentina.gov.ar/transporte/vialidad-nacional>



Facultad de Ingeniería

Autores
Diego A. García
Federico M. Barreto
Pablo A. de Virgilio

TRABAJO FINAL

Reacondicionamiento de av. Castelli entre av. Chaco y av. Mosconi

Resistencia - Barranqueras (Chaco)

TOMO II
ANEXOS

2.018





ÍNDICE DE ANEXO

Capítulo 1: Introducción

- 1) Fotografías de la situación actual del tramo en estudio 1

Capítulo 2: Tránsito

- 2.1) Datos provistos por Dirección de Vialidad provincial (Tablas y gráficos) 5
- Contador electrónico (Barranqueras) 5
 - Contador electrónico (Resistencia) 10
- 2.2) Aforo manual (Tablas) 16
- 2.3) Datos provistos por Jefatura de policía del Chaco y Policía Caminera 17
- Tablas de accidentes..... 17

Capítulo 3: Estudios geotécnicos y topografía

- 3.1) Estudios de suelos de SIGMA S.R.L s (Tablas y gráficos) 21
- Estudio de suelos “Edificio de Ingeniería electromecánica U.N.N.E” 21
 - Estudio de suelos “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita” 23
 - Estudio de suelos “Escuela primaria Juan Domingo Perón 954” 30
- 3.2) Nivelación de campaña (Tabla).....33

Capítulo 8: Evaluación económica

- 8.1) Cómputo y análisis de costo, tramo Resistencia 42
- 8.2) Cómputo y análisis de costo, tramo Barranqueras 43



INDICE DE PLANOS

N°	Nombres
1	Ubicación
2	Planialtimetría actual 0+000 - 0+750
3	Planialtimetría actual 0+750 - 1+500
4	Planialtimetría actual 1+500 - 2+250
5	Planialtimetría actual 2+250 - 3+000
6	Planialtimetría actual 3+000 - 3+750
7	Planialtimetría actual 3+750 - 4+500
8	Planialtimetría actual 4+500 - 5+000
9	Relevamiento topográfico - Secciones actuales
10	Diseño Geométrico - Planimetría - Resistencia
11	Diseño Geométrico - Planimetría - Barranqueras
12	Diseño geométrico y estructural Seccion transversal tipo y detalles de estructura
13	Delimitación de microcuencas
14	Desagües pluviales Cuenca Av. Chaco - Prog. 0+000 - 0+525
15	Desagües pluviales Cuenca Av. Urquiza Prog. 0+525 - 1+245
16	Desagües pluviales Cuenca Av. Arribáizaga Prog. 1+245 - 2+949
17	Desagües pluviales Cuenca Av. España Prog. 2+494 - 3+288
18	Desagües pluviales Cuenca Av. N.R. Acosta Prog. 3+288 - 4+393
19	Desagües pluviales Cuenca Av. Mosconi Prog. 4+393 - 5+000



ANEXO: CAPÍTULO 1

1) Fotografías de la situación actual del tramo en estudio



Figura A.1. Acumulación agua de lluvia en av. Castelli y calle Delfino.
(Fuente: elaboración propia)



Figura A.2. Camión sobre vereda en av. Castelli y av.Urquiza. (Fuente: elaboración propia)



Figura A.3. Vehículos estacionados sobre veredas en el tramo de estudio.
(Fuente: elaboración propia)



Figura A.4. Sumideros deteriorados y bloqueados con tierra sobre el tramo de estudiado.
(Fuente: elaboración propia)



Figura A.5. Veredas en mal estado sobre la avenida. (Fuente: elaboración propia)



Figura A.6. Sistema de desagües estañados con basura.
(Fuente: elaboración propia)



Figura A.7. Desprendimientos de la calzada.
(Fuente: elaboración propia)



Figura A.8. Deterioro de calzada en la vía estudiada.
(Fuente: elaboración propia)



Figura A.9. Motocicletas usando la vereda como carril de circulación.
(Fuente: elaboración propia)



Figura A.10. Vehículos en hora pico sobre la avenida Castelli y Urquiza.
Fecha: 05/05/2018. Hora: 12:25 hs
(Fuente: elaboración propia)



ANEXO: CAPÍTULO 2

2) Resultados de los contadores electrónicos.

• Contador Barranqueras

Sitio		Intervalo de tiempo	
Nombre	Castelli_Mosconi	Fecha de Inicio	09/05/2018 06:00
Dir. Entrante (nombre)	a Av Mosconi	Fecha de finalización	10/05/2018 05:59
Dir. Saliente (nombre)		Días	Lun, Mar, Mie, Jue, Vie.
Fijar Límite de velocidad	60	Intervalo de tiempo	60 minutos
Comentario	Ascendente	Estructura de la hora / día	00:00 - 23:59
Tipo de equipo	SDR Traffic+		

Tabla A.1. Volúmenes totales horarios según tipo de vehículos en sentido ascendente en zona Barranqueras. (Fuente: DVP)

Longitud clases [L en m]

a Av Mosconi				
Tiempo	Σ	Motos	Livianos	Pesados
00:00-05:59	218	28	183	7
06:00-12:59	1508	127	1273	108
13:00-15:59	682	67	569	46
16:00-23:59	1906	189	1647	70
00:00-24:00	4323	412	3680	231

Tabla A.2. Velocidades en sentido ascendente en zona Barranqueras. (Fuente: DVP)

Cifras de velocidad [V en km/h]

	Vmin	Vmax	Vavg	V15	V50	V85	Vexc %
a Av Mosconi	6	111	51	37	50	66	23.9

Descripciones

Vmin: Velocida Mínima

Vmax: Velocida Máxima

Vavg: Velocidad promedio

V15: Velocidad crítica para el primer15% de los vehículos

V50: Velocidad crítica para el primer50% de los vehículos

V85: Velocidad crítica para el primer85% de los vehículos

Vexc %: El exceso de velocidad en%



Figura A.11. Instalación del contador sobre av. Castelli en Barranqueras. (Fuente: DVP)

Tiempo Curva de Variación

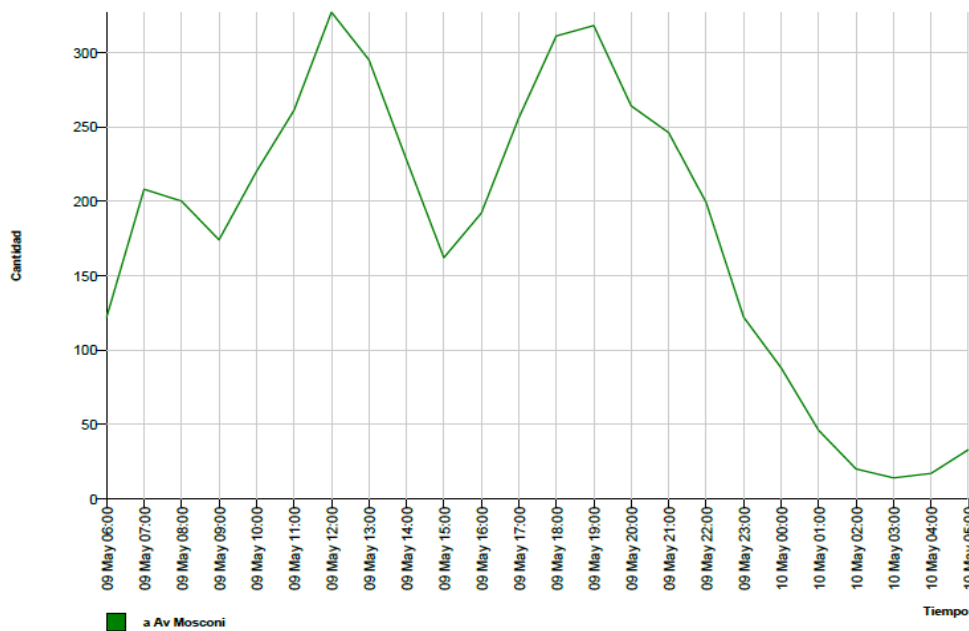


Figura A.12. Distribución horaria de vehículos en 24 hs, en sentido ascendente (Barranqueras). (Fuente: DVP)

Longitud Histograma

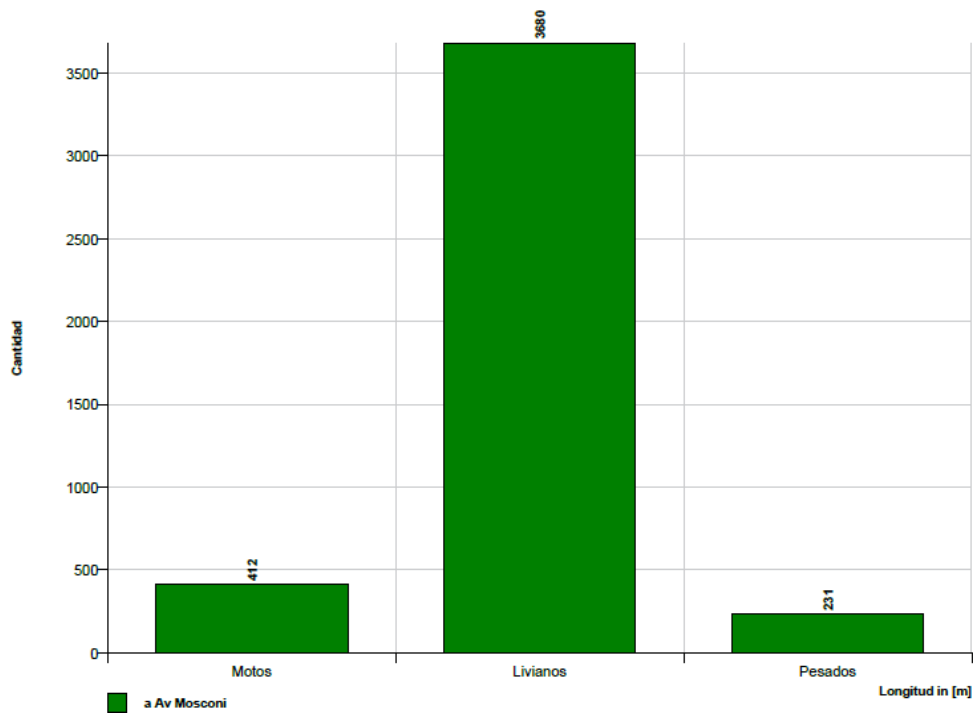


Figura A.13. Histograma según tipo vehículos en 24 hs, en sentido ascendente. (Barranqueras).
(Fuente: DVP)

Velocidad Histograma

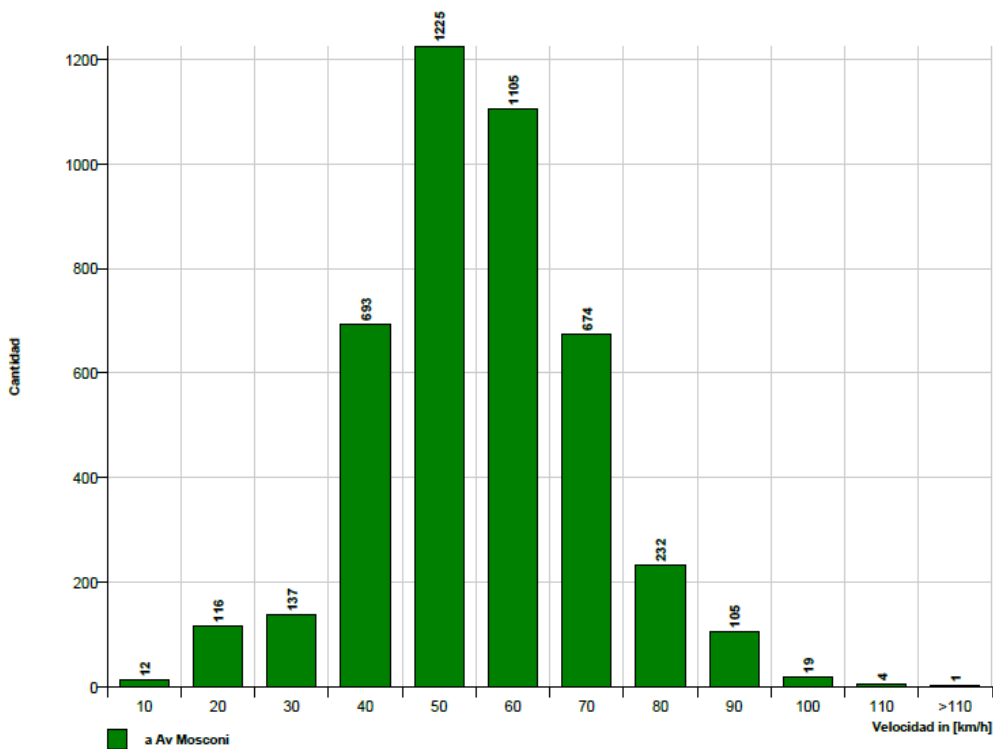


Figura A.14. Histograma de velocidades de vehículos en 24 hs, en sentido ascendente (Barranqueras).
(Fuente: DVP)



Sitio		Intervalo de tiempo	
Nombre	Castelli_Mosconi	Fecha de Inicio	09/05/2018 06:00
Dir. Entrante (nombre)	a Av España	Fecha de finalización	10/05/2018 05:59
Dir. Saliente (nombre)		Días	Lun, Mar, Mie, Jue, Vie,
Fijar Límite de velocidad	60	Intervalo de tiempo	60 minutos
Comentario	Descendente	Estructura de la hora / día	00:00 - 23:59
Tipo de equipo	SDR Traffic+		

Tabla A.3: Volúmenes totales horarios según tipo de vehículos en sentido descendente en zona Barranqueras. (Fuente: DVP)

a Av España				
Tiempo	Σ	Motos	Livianos	Pesados
00:00-05:59	172	31	130	11
06:00-12:59	1617	220	1240	157
13:00-15:59	679	82	536	61
16:00-23:59	1706	222	1367	117
00:00-24:00	4178	555	3276	347

Tabla A.4: Volúmenes totales horarios según tipo de vehículos en sentido descendente en zona Barranqueras. (Fuente: DVP)

Cifras de velocidad [V en km/h]

	Vmin	Vmax	Vavg	V15	V50	V85	Vexc %
a Av España	6	113	55	41	54	69	32.0

Descripciones

Vmin: Velocidad Mínima

Vmax: Velocidad Máxima

Vavg: Velocidad promedio

V15: Velocidad crítica para el primer 15% de los vehículos

V50: Velocidad crítica para el primer 50% de los vehículos

V85: Velocidad crítica para el primer 85% de los vehículos

Vexc %: El exceso de velocidad en %

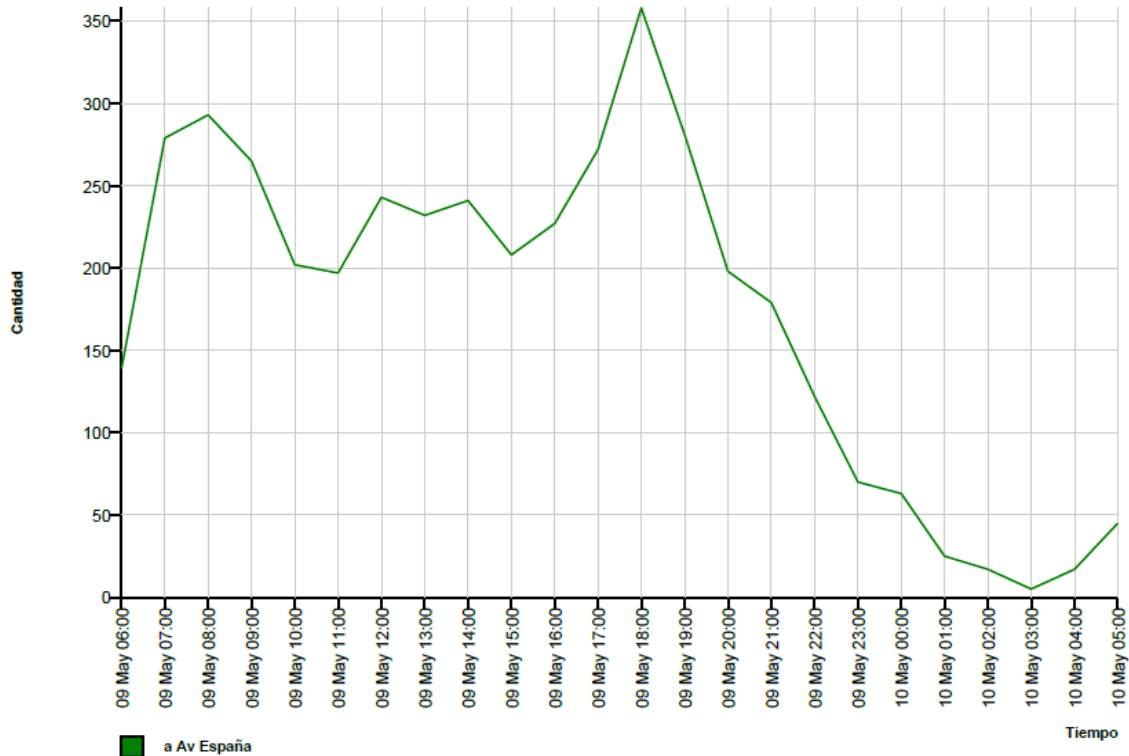


Figura A.15. Distribución horaria de vehículos en 24 hs, en sentido descendente (Barranqueras).
(Fuente: DVP)

Velocidad Histograma

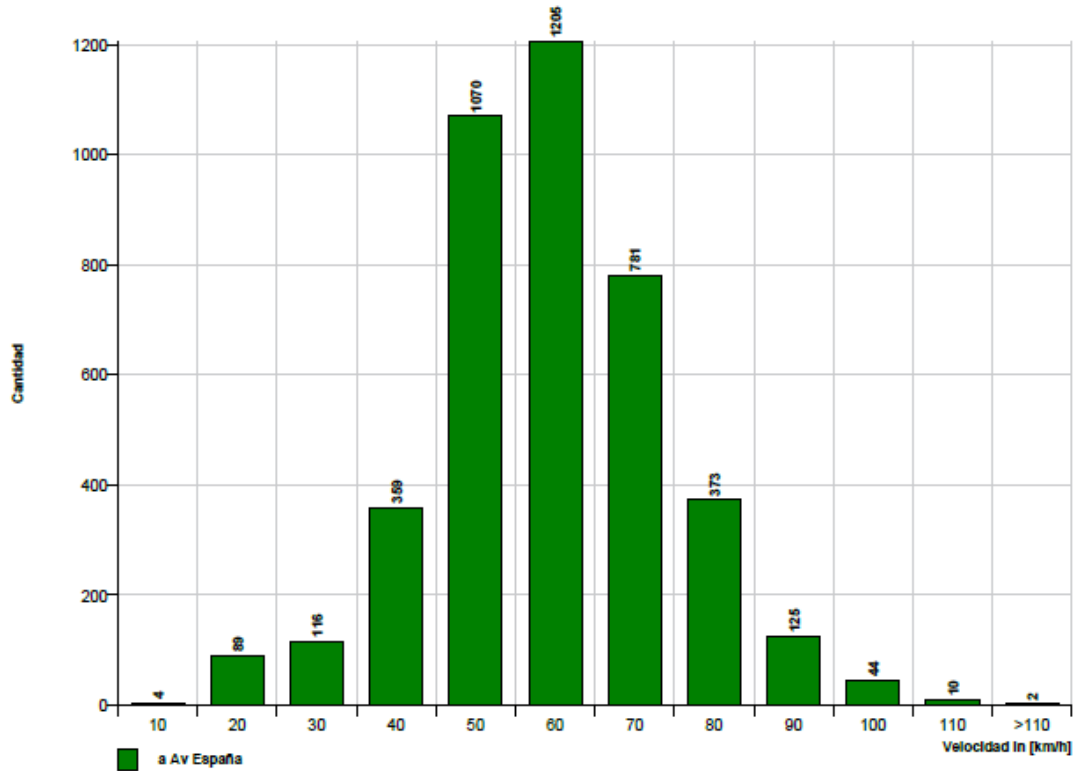


Figura A.16. Histograma de velocidades de vehículos en 24 hs, en sentido descendente (Barranqueras).
(Fuente: DVP)

Longitud Histograma

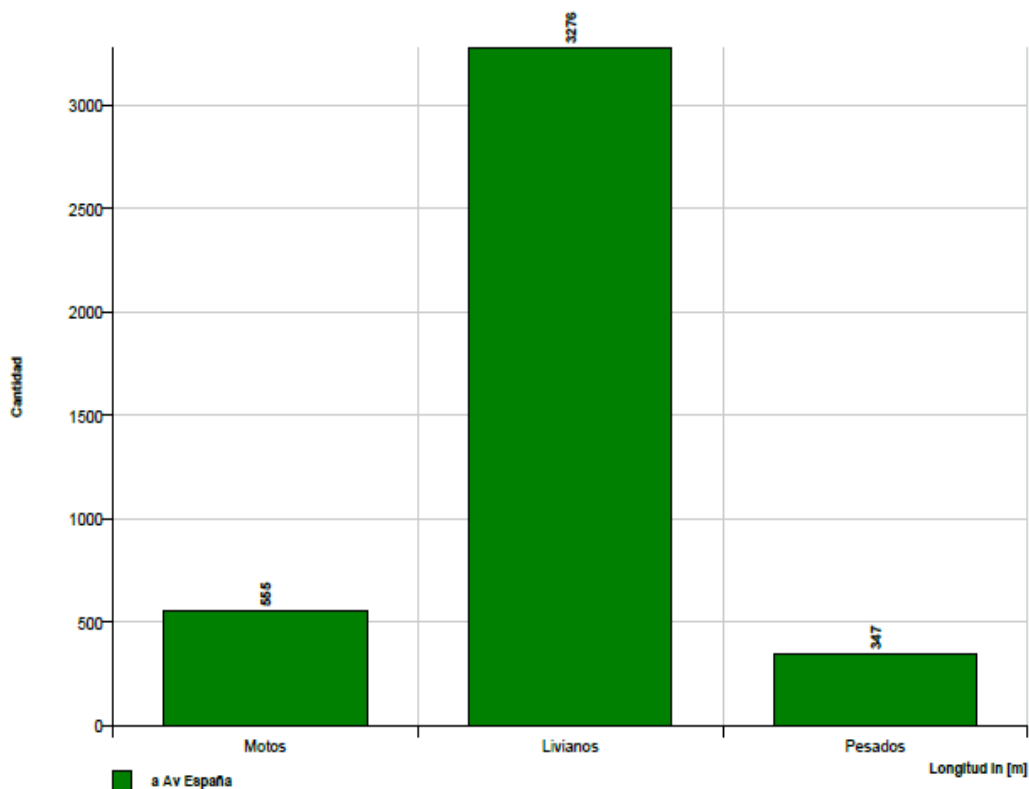


Figura A.17. Histograma según tipo vehículos en 24 hs, en sentido descendente (Barranqueras). (Fuente: DVP)

- **Contador Resistencia**



Figura A.18. Instalación del contador electrónico sobre av. Castelli en Resistencia. (Fuente: DVP)



Sitio		Intervalo de tiempo	
Nombre	Av Castelli	Fecha de Inicio	16/05/2018 10:00
Dir. Entrante (nombre)	AvUrqaAvChaco	Fecha de finalización	17/05/2018 09:59
Dir. Saliente (nombre)		Días	Lun, Mar, Mie, Jue, Vie,
Fijar Límite de velocidad	60	Intervalo de tiempo	60 minutos
Comentario	Inters.Goitia	Estructura de la hora / día	00:00 - 23:59
Tipo de equipo	SDR Traffic+		

Tabla A.5: Volúmenes totales horarios según tipo de vehículos en sentido descendente en zona Resistencia. (Fuente: DVP)

Longitud clases [L en m]

Av Urquiza - Av Chaco				
Horario	Σ	Motos	Livianos	Pesados
0 a 6	812	364	423	25
6 a 13	5821	2245	3339	237
13 a 16	1762	475	1225	62
16 a 0	5348	1551	3618	179
Total	13743	4635	8605	503

Tabla A.6: Velocidad en sentido descendente en zona Resistencia. (Fuente: DVP)

Cifras de velocidad [V en km/h]

	Vmin	Vmax	Vavg	V15	V50	V85	Vexc %
AvUrqaAvChaco	8	111	48	38	47	58	11.0

Descripciones

Vmin: Velocida Mínima

Vmax: Velocida Máxima

Vavg: Velocidad promedio

V15: Velocidad crítica para el primer15% de los vehículos

V50: Velocidad crítica para el primer50% de los vehículos

V85: Velocidad crítica para el primer85% de los vehículos

Vexc %: El exceso de velocidad en%



Tiempo Curva de Variación

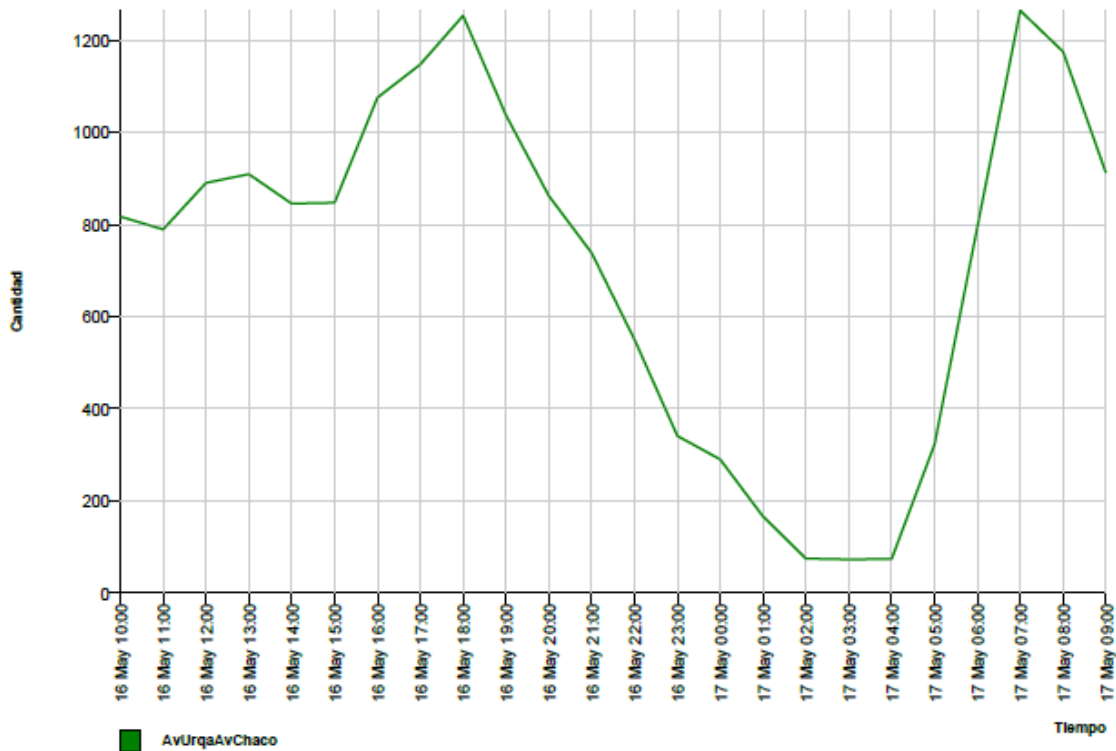


Figura A.19. Distribución horaria de vehículos en 24 hs, en sentido descendente (Resistencia).
(Fuente: DVP)

Velocidad Histograma

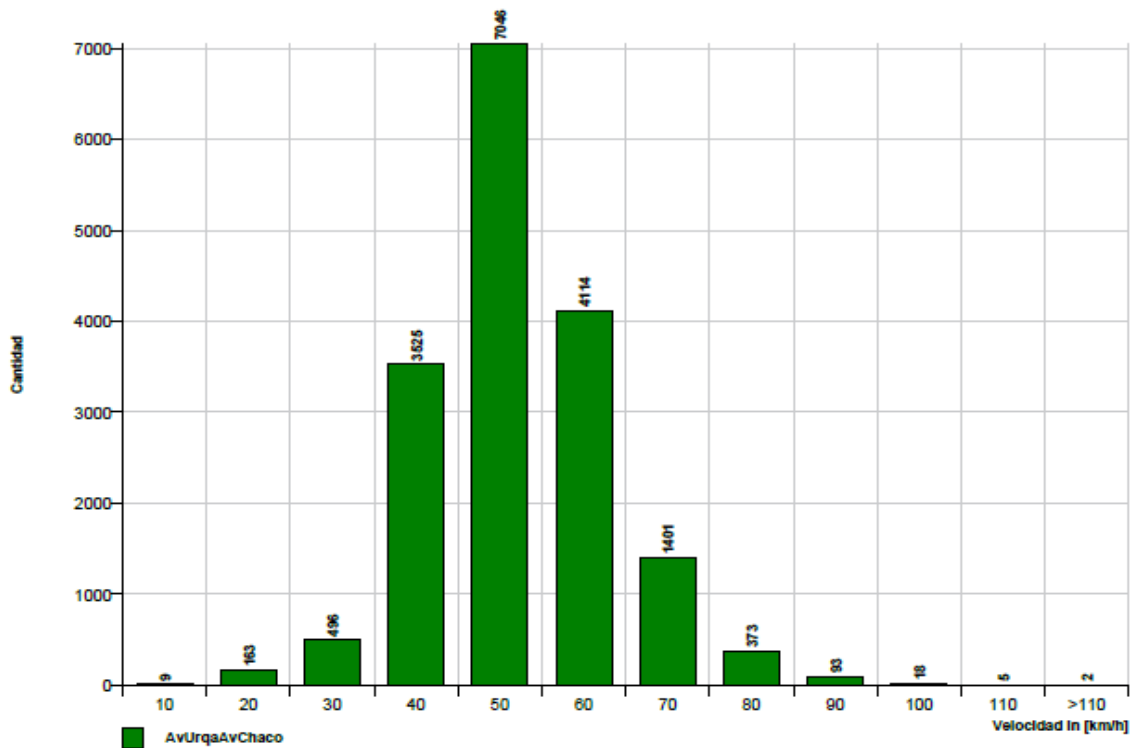


Figura A.20. Histograma de velocidades de vehículos en 24 hs, en sentido descendente (Resistencia)
(Fuente: DVP)

Longitud Histograma

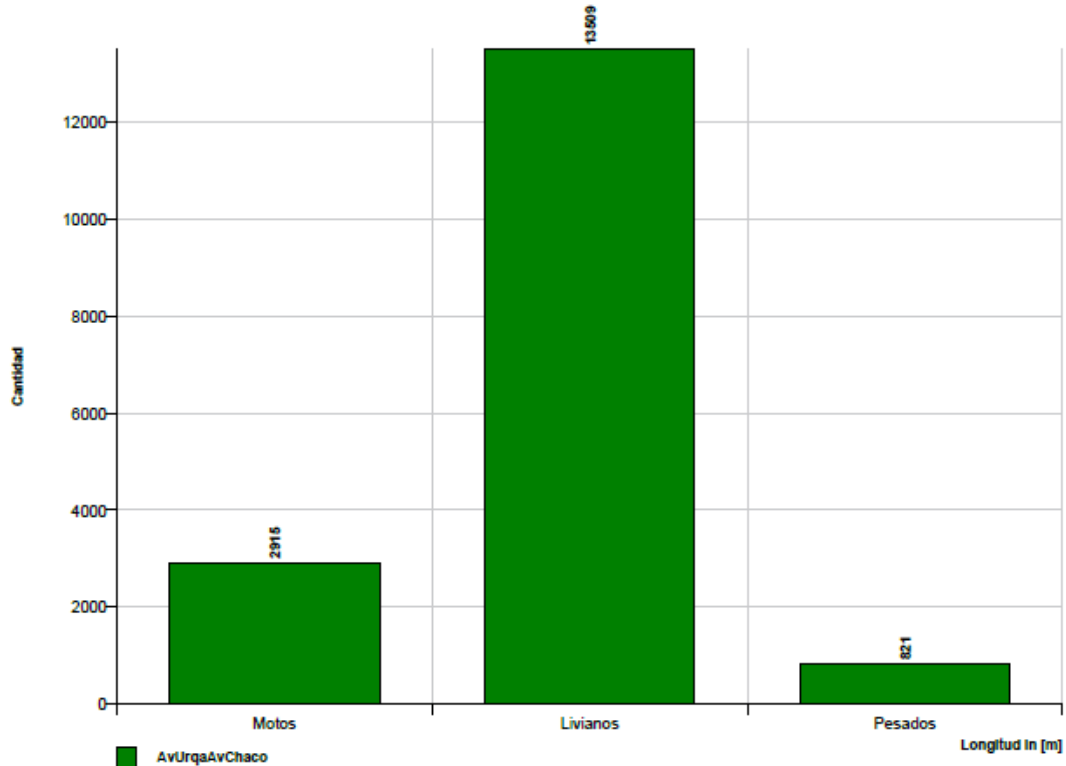


Figura A.21. Histograma según tipo vehículos en 24 hs, en sentido descendente (Resistencia).
(Fuente: DVP)

Sitio		Intervalo de tiempo	
Nombre	Av Castelli	Fecha de Inicio	17/05/2018 10:00
Dir. Entrante (nombre)	AvChacoaAvUrq	Fecha de finalización	18/05/2018 07:59
Dir. Saliente (nombre)		Días	Lun, Mar, Mie, Jue, Vie,
Fijar Límite de velocidad	60	Intervalo de tiempo	60 minutos
Comentario	Inters.Goitia	Estructura de la hora / día	00:00 - 23:59
Tipo de equipo	SDR Traffic+		

Tabla A.7. Volúmenes totales horarios según tipo de vehículos en sentido ascendente en zona Resistencia. (Fuente: DVP)

Av Chaco - Av Urquiza				
Horario	Σ	Motos	Livianos	Pesados
0 a 6	1199	539	627	33
6 a 13	5639	2177	3235	227
13 a 16	2576	690	1795	91
16 a 0	7831	2271	5299	261
Total	17245	5677	10956	612



Tabla A.8. Velocidad en sentido ascendente en zona Resistencia. (Fuente: DVP)

Cifras de velocidad

[V en km/h]

	Vmin	Vmax	Vavg	V15	V50	V85	Vexc %
AvChacoaAvUrq	5	118	45	34	44	56	8.0

Tiempo Curva de Variación

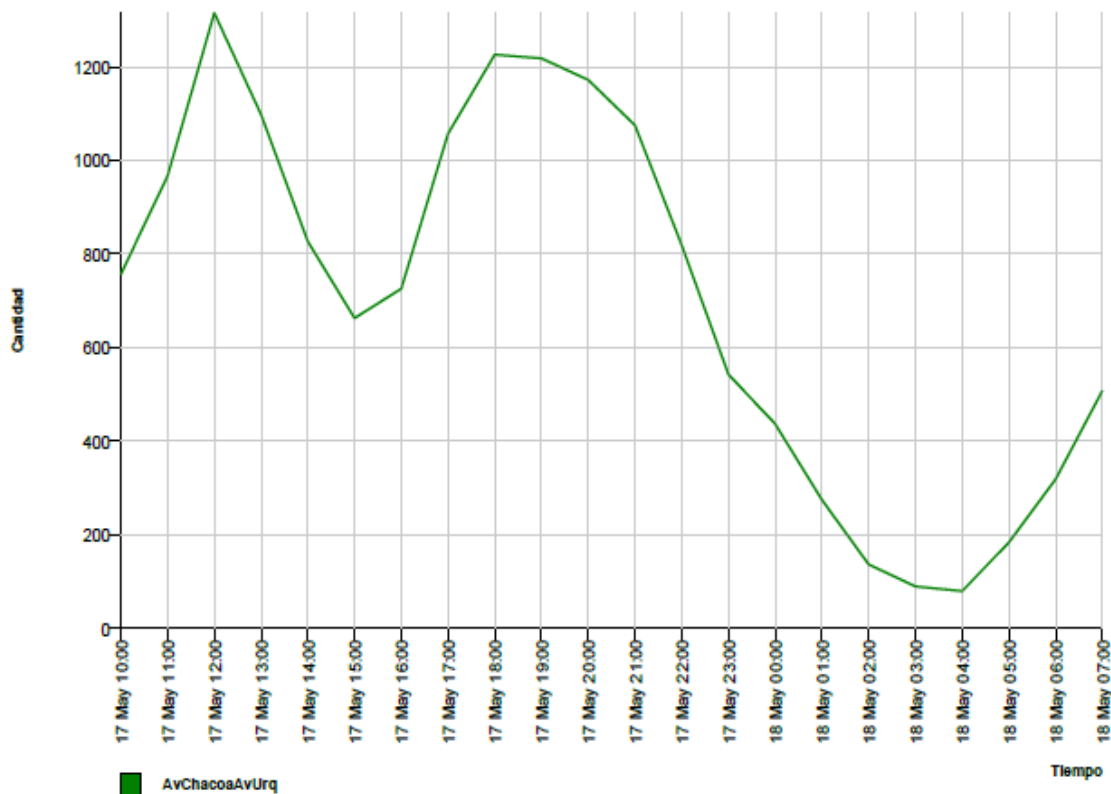


Figura A.22. Distribución horaria de vehículos en 24 hs, en sentido ascendente (Resistencia). (Fuente: DVP)

Longitud Histograma

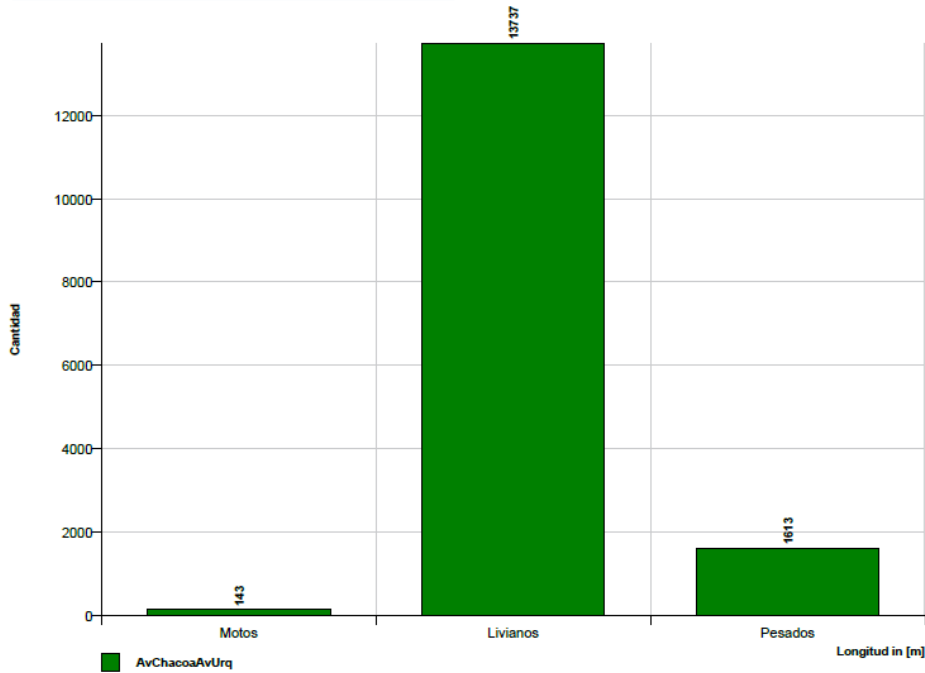


Figura A.23. Histograma de velocidades de vehículos en 24 hs, en sentido ascendente (Resistencia).
(Fuente: DVP)

Velocidad Histograma

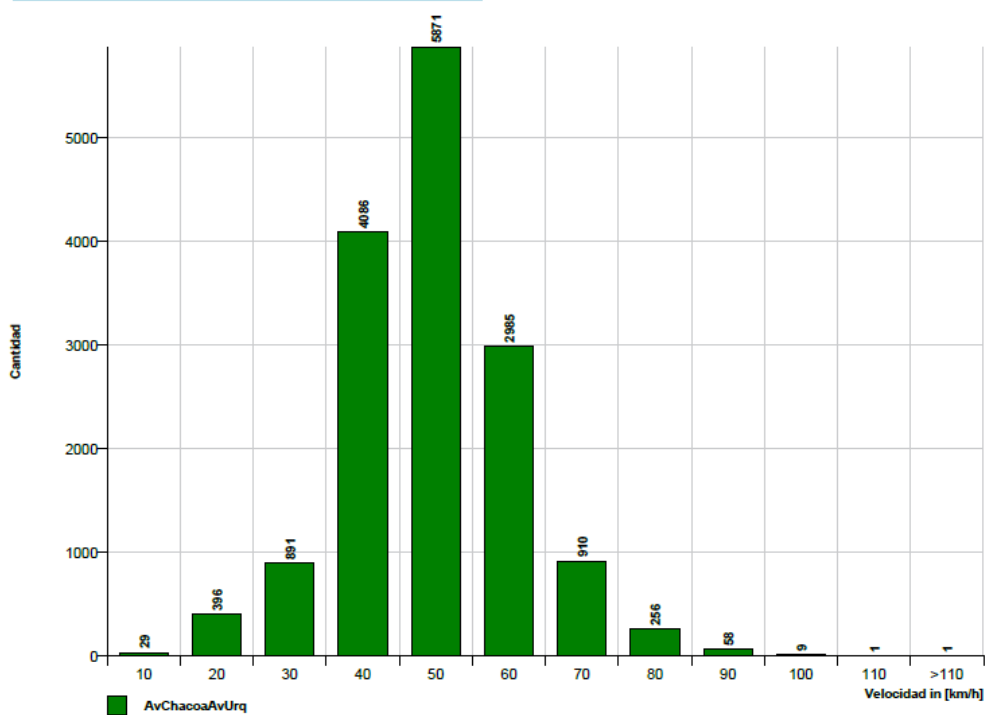


Figura A.24. Histograma según tipo vehículos en 24 hs, en sentido ascendente (Resistencia).
(Fuente: DVP)



2.2) Aforo manual

Tabla A.9. Aforo manual en horario pico en avenidas Urquiza y Castelli.
(Fuente: Elaboración propia)

Tiempo		AV. Castelli								
		SE-NO								
Hora	Periodo	Autos / camionetas			camiones/coles			Motos-bicis		
12:00- 13:00	12:00 - 12:15	56	4	23	2	3	1	81	15	46
	12:15 - 12:30	53	4	32	3	2	1	69	5	31
	12:30 - 12:45	68	5	22	4	1	1	88	4	44
	12:45 - 13:00	76	2	10	5	4	2	98	8	38
Tiempo		AV. Urquiza								
		SO-NE								
Hora	Periodo	Autos / camionetas			camiones/coles			Motos-bicis		
		Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI
12:00- 13:00	12:00 - 12:15	13	20	13			1	28	9	23
	12:15 - 12:30	14	15	11		1		19	21	20
	12:30 - 12:45	24	25	28	1	2	2	22	19	34
	12:45 - 13:00	15	26	19	1	2	4	24	20	36
Tiempo		AV. Castelli								
		NO-SE								
Hora	Periodo	Autos / camionetas			camiones/coles			Motos		
		Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI
12:00- 13:00	12:00 - 12:15	100	21	3	2	1		189	27	1
	12:15 - 12:30	129	20	5	4	3	2	173	31	4
	12:30 - 12:45	110	28	7	6	2		174	28	5
	12:45 - 13:00	96	23	4	4	3		172	30	5
Tiempo		AV. Urquiza								
		NE-SO								
Hora	Periodo	Autos / camionetas			camiones/coles			Motos-bicis		
		Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI
12:00- 13:00	12:00 - 12:15	17	4	6	2		1	31	1	14
	12:15 - 12:30	11	2	6			1	52	6	22
	12:30 - 12:45	21	5	6			2	36	2	15
	12:45 - 13:00	21	3	5			3	28	7	13

Tabla A.10. Aforo manual en horario pico en avenidas Castelli y Arribalzaga.
(Fuente: elaboración propia)

Tiempo		AV. Castelli								
		SE-NO ↑								
Hora	Periodo	Autos / camionetas			camiones/coles			Motos-bicis		
		Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI
12:00- 13:00	12:00 - 12:15	58	2	4	6			34	2	0
	12:15 - 12:30	55	2	2	4		1	41	3	0
	12:30 - 12:45	66	2	2	4			55	8	0
	12:45 - 13:00	82	2	2	5	1		52	6	0
Tiempo		AV. Arribalzaga								
		SO-NE →								
Hora	Periodo	Autos / camionetas			camiones/coles			Motos-bicis		
		Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI
12:00- 13:00	12:00 - 12:15	3	3	8	1			4	2	1
	12:15 - 12:30	4	2	10				7		4
	12:30 - 12:45	2		4				2		10
	12:45 - 13:00	4	1	8				12	2	9
Tiempo		AV. Castelli								
		NO-SE ↓								
Hora	Periodo	Autos / camionetas			camiones/coles			Motos		
		Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI
12:00- 13:00	12:00 - 12:15	58	5	3	5			57	3	3
	12:15 - 12:30	76	3	1	5			72	8	1
	12:30 - 12:45	83	2	4	6		1	82	4	2
Tiempo		AV. Arribalzaga								
		NE-SO ←								
Hora	Periodo	Autos / camionetas			camiones/coles			Motos-bicis		
		Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI	Cruce	GD	GI
12:00- 13:00	12:00 - 12:15	4	3	4	1			3	2	7
	12:15 - 12:30	6	2	4		1		8	1	4
	12:30 - 12:45	4	2	1				4		2
	12:45 - 13:00	1	3	3				10	5	9



2.3) Registros de accidentes en el tramo

Tabla A.11. Accidentes en el tramo estudiado. (Fuente: Jefatura de Policía y Policía Caminera)

FECHA	HR	L1	L2	VEHÍCULO 1	VEHÍCULO 2	LESIONES	MES
2017-01-01	04:04:00	AVENIDA MOSCONI	AVENIDA CASTELLI	Automovil		LEVES	ENERO
2017-01-01	10:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE LAPACHO	Automovil		LEVES	
2017-01-08	18:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE JULIO ACOSTA	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-01-08	22:04:00	AVENIDA CASTELLI 3213		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-01-08	22:04:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA CHACO	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-01-08	11:30:00	Av. Castelli	1700	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-01-08	18:30:00	Av. Castelli	3600	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-01-09	22:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE GUSBERTI	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-01-11	11:30:00	Av. Castelli	3000	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-01-13	21:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE 2 DE FEBRERO	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-01-18	22:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE ANGEL BUSTOS	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-01-19	08:04:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA ESPAÑA	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-01-19	20:30:00	Av. Castelli	2700	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-01-21	10:04:00	AVENIDA CASTELLI N° 1965		Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-01-21	13:04:00	AVENIDA CASTELLI N°2030		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-01-22	07:04:00	AVENIDA CASTELLI N° 5700		Motocicleta		LEVES	
2017-01-25	16:30:00	Av. Castelli	3400	Motovehiculo	Automovil	LEVES	
2017-02-01	19:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE MIGUEL DELFINO	Motocicleta		LEVES	
2017-02-01	20:04:00	AVENIDA CASTELLI N° 4675		Motocicleta		LEVES	
2017-02-04	04:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE BUSTOS	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-02-04	15:00:00	Av. Castelli	2900	Automovil	Camioneta	LEVES	
2017-02-04	03:30:00	Av. Castelli	2400	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-02-06	18:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE COCOMAROLA	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-02-06	13:40:00	Av. Castelli	3300	Automovil	Camioneta	LEVES	
2017-02-11	19:04:00	AVENIDA CASTELLI 4250		Motocicleta		LEVES	
2017-02-11	20:00:00	Av. Castelli	2400	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-02-12	18:30:00	Av. Castelli	3500	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-02-13	18:04:00	AVENIDA URQUIZA	AVENIDA CASTELLI	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-02-16	22:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE 30	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-02-16	23:04:00	AVENIDA CASTELLI	AV. NICOLAS ROJAS ACOSTA	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-02-16	20:30:00	Av. Castelli	3600	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-02-17	23:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE LAPACHO	Motocicleta		LEVES	
2017-02-18	15:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE BOSCH	Motocicleta		LEVES	
2017-02-18	19:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE 17	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-02-20	09:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE VIVIANO MEZA	Motocicleta		LEVES	
2017-02-22	21:04:00	AVENIDA CASTELLI N ° 5500		Bicicleta	Automovil	LEVES	
2017-02-22	23:04:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA CHACO	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-02-25	12:04:00	AVENIDA CASTELLI N ° 3030		Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-02-26	09:04:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA URQUIZA	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-02-28	14:00:00	Av. Castelli	3400	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-03-01	00:04:00	AVENIDA CASTELLI N ° 5050		Motocicleta		LEVES	
2017-03-01	07:15:00	Av. Castelli	4000	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-03-02	10:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE MIGUEL DELFINO	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-03-02	19:30:00	Av. Castelli	2500	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-03-03	21:00:00	Av. Castelli	2300	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-03-04	16:00:00	Av. Castelli	1700	Automovil	Bicicleta	LEVES	
2017-03-06	22:04:00	AVENIDA CASTELLI N ° 3234		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-03-07	14:04:00	AVENIDA CASTELLI N ° 2450		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-03-09	11:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE GUSBERTI LUIS SUR	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-03-09	23:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE CAPATAZ CODUTTI	Bicicleta	Automovil	LEVES	
2017-03-10	20:04:00	AVENIDA CASTELLI N ° 2246		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-03-10	21:00:00	Av. Castelli	2000	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-03-12	13:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE VIVIANO MEZA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-03-14	18:04:00	AVENIDA CASTELLI N ° 2689		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-03-16	11:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE TRANSITO COCOMAROLA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-03-16	12:00:00	Av. Castelli	2500	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-03-19	18:04:00	AVENIDA CASTELLI N ° 3800		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-03-24	00:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE 27	Bicicleta		LEVES	
2017-03-27	08:04:00	AVENIDA ESPAÑA	AVENIDA CASTELLI	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-03-27	23:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE 28	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-03-27	17:00:00	Av. Castelli	2300	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-03-28	20:04:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE CAPATAZ CODUTTI	Motocicleta		LEVES	
2017-03-28	20:04:00	AVENIDA CASTELLI	C. TRANSITO COCOMAROLA SUR	Automovil		LEVES	



Tabla A.11 (continuación). Accidentes en el tramo estudiado.
(Fuente: Jefatura de Policía y Policía Caminera)

2017-04-01	10:00:00	Av. Castelli	2850	Automovil	Automovil	LEVES	ABRIL
2017-04-03	13:20:00	Av. Castelli	2358	Automovil	Carro	LEVES	
2017-04-06	21:05:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE ALGARROBO	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-04-06	21:05:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE SAUCE	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-04-16	18:27:00	Av. Castelli	3279	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-04-17	21:05:00	AVENIDA CASTELLI	AV. NICOLAS ROJAS ACOSTA	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-04-18	11:05:00	CALLE TATANE	AVENIDA CASTELLI	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-04-20	12:30:00	Av. Castelli	2050	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-04-21	19:05:00	AVENIDA CHACO	AVENIDA CASTELLI	Automovil		LEVES	
2017-04-21	12:30:00	Av. Castelli	3500	Automovil	No informado	LEVES	
2017-04-24	08:05:00	AVENIDA CASTELLI N ° 3901		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-04-28	17:05:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE CAPATAZ CODUTTI	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-04-29	23:05:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE INGENIERO FOUSAL	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-04-30	09:05:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA LINCH ARRIBALZAGA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-04-30	13:05:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE MARTIN GOITIA	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-05-01	11:06:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE INGENIERO FOUSAL	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-05-01	17:30:00	Av. Castelli	1900	Motovehiculo	Automovil	LEVES	
2017-05-03	15:06:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA URQUIZA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-05-03	10:00:00	Av. Castelli	3100	Motovehiculo	Motovehiculo	LEVES	
2017-05-06	16:06:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE GOITIA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-05-07	01:06:00	AVENIDA ESPAÑA	AVENIDA CASTELLI	Motocicleta		LEVES	
2017-05-11	11:06:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE ALGARROBO	Motocicleta		LEVES	
2017-05-14	18:00:00	Av. Castelli	3100	Automovil	Camioneta	LEVES	
2017-05-15	20:00:00	Av. Castelli	2400	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-05-16	13:06:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE CASTELAN	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-05-17	11:06:00	AVENIDA CASTELLI	C. TRANSITO COCOMAROLA SUR	Motocicleta		LEVES	
2017-05-18	07:06:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA URQUIZA	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-05-27	19:06:00	AVENIDA CASTELLI N° 4400		Motocicleta	Bicicleta	LEVES	
2017-05-29	20:00:00	Av. Castelli	3900	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-06-01	23:08:00	AVENIDA CASTELLI N° 1915		Motocicleta		LEVES	
2017-06-03	19:08:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA ESPAÑA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-06-03	09:15:00	Av. Castelli	2300	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-06-05	18:08:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA ARRIBALZAGA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-06-08	18:00:00	Av. Castelli	1600	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-06-12	20:08:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE TATANE	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-06-15	11:08:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE SAUCE	Motocicleta	Bicicleta	LEVES	
2017-06-15	13:08:00	AVENIDA CASTELLI	DR DE GRANDI	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-06-17	23:08:00	AVENIDA CASTELLI N° 6103		Motocicleta		LEVES	
2017-06-18	13:08:00	AVENIDA CASTELLI N° 2140		Motocicleta		LEVES	
2017-06-18	19:08:00	AVENIDA CASTELLI N° 4845		Automovil		LEVES	
2017-06-19	17:08:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE TERESA PARODI	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-06-23	21:08:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA CAPATAZ CODUTTI	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-06-24	11:00:00	Av. Castelli	2400	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-06-25	14:08:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE ROGER VALET	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-06-26	11:08:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE GOITIA	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-06-27	20:08:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE SAUCE	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-06-27	20:30:00	Av. Castelli	3500	Automovil	Camioneta	LEVES	
2017-07-03	07:08:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE TRANSITO COCOMAROLA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-07-03	08:08:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE INGENIERO FOUSSAL	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-07-03	19:30:00	Av. Castelli	2000	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-07-05	20:00:00	Av. Castelli	3100	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-07-08	05:08:00	AVENIDA CASTELLI N° 1834		Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-07-09	18:08:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE INGENIERO SCHULZ	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-07-09	21:08:00	AVENIDA CHACO	AVENIDA CASTELLI	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-07-10	09:30:00	Av. Castelli	2200	Automovil	Motovehiculo	LEVES	
2017-07-13	12:50:00	Av. Castelli	1580	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-07-15	08:08:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE TRANSITO COCOMAROLA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-07-17	07:08:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE GOITIA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-07-22	16:08:00	AVENIDA CASTELLI N° 5065		Automovil		LEVES	
2017-07-25	19:30:00	Av. Castelli	2350	Motovehiculo	Motovehiculo	LEVES	
2017-07-27	08:20:00	Av. Castelli	2900	Automovil	Automovil	LEVES	



Tabla A.11 (continuación). Accidentes en el tramo estudiado.
(Fuente: Jefatura de Policía y Policía Caminera)

2017-08-03	08:30:00	Av. Castelli	2700	Automovil	Automovil	LEVES	AGOSTO
2017-08-04	11:09:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE SAUCE	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-08-06	12:45:00	Av. Castelli	2500	Motovehiculo	Motovehiculo	LEVES	
2017-08-08	11:15:00	Av. Castelli	3000	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-08-11	10:09:00	AVENIDA CASTELLI N° 3503		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-08-11	15:09:00	AVENIDA CASTELLI N° 2200		Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-08-12	20:09:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE TIMBO	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-08-13	22:09:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE INGENIERO SHURZ	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-08-15	20:09:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE BOUVIER	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-08-16	07:09:00	AVENIDA CHACO	AVENIDA CASTELLI	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-08-16	20:09:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE BIBIANO MEZA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-08-17	13:09:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE TATANE	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-08-20	02:09:00	AVENIDA ESPAÑA	AVENIDA CASTELLI	Motocicleta		LEVES	
2017-08-21	20:09:00	AVENIDA CASTELLI N° 3784		Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-08-21	20:09:00	AVENIDA CASTELLI N° 3755		Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-08-28	20:09:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE SAUCE	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-08-29	15:09:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE DOCTOR DEGRANDI	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-08-30	17:09:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA URQUIZA		Automovil	LEVES	
2017-08-31	01:09:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA URQUIZA	Motocicleta		LEVES	
2017-08-31	16:09:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE TATANE	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-09-01	05:10:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA CHACO	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-09-02	12:10:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE TRANSITO COCOMAROLA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-09-06	08:10:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE CASTELAN	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-09-09	15:10:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE SILVANO DANTE	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-09-11	19:10:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE MIGUEL DELFINO	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-09-12	08:10:00	AVENIDA CASTELLI N° 2245		Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-09-16	22:10:00	AVENIDA CASTELLI N° 1635		Automovil	Automovil	LEVES	
2017-09-17	01:10:00	AVENIDA CASTELLI N° 3880		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-09-17	04:10:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIA URQUIZA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-09-20	11:10:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE 26	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-09-24	15:10:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE AVENIDA ARRIBALZAGA	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-09-26	10:10:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE MIGUEL DELFINO	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-09-26	20:10:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE DR DEGRANDI	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-09-27	17:10:00	AVENIDA CASTELLI N° 2246		Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-09-27	22:10:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA URQUIZA	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-10-09	09:11:00	AVENIDA CASTELLI N° 2455		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-10-10	17:11:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE CODUTTI	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-10-13	21:11:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE MIGUEL DELFINO	Motocicleta	Automovil	LEVES	
15/10/2017	23:55:00	AVENIDA CASTELLI N° 3750		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-10-16	17:11:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE MIGUEL DELFINO	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-10-17	22:11:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE SILVANO DANTE	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-10-21	12:11:00	AVENIDA CASTELLI N° 3870		Motocicleta		LEVES	
2017-10-21	18:11:00	AVENIDA CASTELLI N° 3870		Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
2017-10-21	20:11:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA CHACO	Motocicleta		LEVES	
2017-10-22	19:11:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE TRANSITO COCOMAROLA	Automovil	Automovil	LEVES	
2017-10-25	03:11:00	AVENIDA CHACO	AVENIDA CASTELLI	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-10-26	15:11:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE TATANE	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-10-28	08:11:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE CASTELAN	Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-10-29	10:11:00	AVENIDA CASTELLI N° 3140		Motocicleta	Automovil	LEVES	
2017-10-30	13:11:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE MIGUEL DELFINO	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	
							SEPTIEMBRE
							OCTUBRE



Tabla A.11 (continuación). Accidentes en el tramo estudiado.
(Fuente: Jefatura de Policía y Policía Caminera)

2017-11-02	19:12:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA CHACO	Motocicleta	Motocicleta	LEVES	NOVIEMBRE	
2017-11-05	19:12:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE PARODI	Motocicleta	Automovil	LEVES		
2017-11-06	21:12:00	AVENIDA CASTELLI Nº 3020		Motocicleta	Automovil	LEVES		
2017-11-09	13:12:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE TRANSITO COCOMAROLA	Motocicleta	Automovil	LEVES		
2017-11-10	16:12:00	AVENIDA CHACO	AVENIDA CASTELLI	Motocicleta		LEVES		
2017-11-10	19:12:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE PARODI	Motocicleta		LEVES		
2017-11-14	22:12:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE GOBERNADOR BOSCH	Motocicleta		LEVES		
2017-11-19	02:12:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE ALGARROBO	Motocicleta	Automovil	LEVES		
2017-11-22	09:12:00	AVENIDA MOSCONI	AVENIDA CASTELLI	Motocicleta	Automovil	LEVES		
2017-11-23	18:12:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE INGENIERO SHULZ	Motocicleta	Motocicleta	LEVES		
2017-11-24	14:12:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA BOUVIER	Motocicleta	Automovil	LEVES		
2017-12-01	18:01:00	AVENIDA CASTELLI Nº 4500		Automovil		LEVES		
2017-12-02	21:01:00	AVENIDA JUAN JOSE CASTELLI	DR MARTIN GOITIA	Motocicleta	Motocicleta	LEVES		DICIEMBRE
2017-12-06	20:01:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE URQUIZA	Automovil		LEVES		
2017-12-07	13:01:00	AVENIDA CASTELLI Nº 3800		Motocicleta	Motocicleta	LEVES		
2017-12-08	11:01:00	AVENIDA CASTELLI Nº 1947		Motocicleta		LEVES		
2017-12-10	09:01:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE INGENIERO SCHULZ	Automovil		LEVES		
2017-12-11	23:01:00	AVENIDA CASTELLI Nº 3586		Automovil		LEVES		
2017-12-12	10:01:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE ROGER BALET	Motocicleta	Automovil	LEVES		
2017-12-13	15:01:00	AVENIDA CASTELLI Nº 3700		Motocicleta	Automovil	LEVES		
2017-12-14	10:01:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE CAPATAZ CODUTTI	Motocicleta	Motocicleta	LEVES		
2017-12-16	01:01:00	AVENIDA CASTELLI	PASAJE FOUSAL	Motocicleta		LEVES		
2017-12-20	22:01:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE NICOLAS ROJA ACOSTA	Motocicleta	Motocicleta	LEVES		
2017-12-21	03:01:00	AVENIDA CASTELLI Nº 2689		Motocicleta		LEVES		
2017-12-25	06:01:00	AVENIDA CASTELLI	AVENIDA CHACO	Motocicleta	Automovil	LEVES		
27/12/2017	23:01:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE BIBIANO MEZA	Motocicleta		LEVES		
2017-12-27	19:01:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE CAPATAZ CODUTTI	Motocicleta	Automovil	LEVES		
2017-12-28	17:01:00	AVENIDA CASTELLI	CALLE GOBERNADOR BOSH	Motocicleta	Automovil	LEVES		
2017-12-31	16:01:00	AVENIDA CHACO	AVENIDA CASTELLI	Motocicleta	Motocicleta	LEVES		



ANEXO: CAPÍTULO 3

3.1) Estudios de suelos de SIGMA S.R.L

- Estudio de suelos “Edificio de Ingeniería electromecánica U.N.N.E.”

Tabla A.12. Planilla de perforación 1 en edificio “Edificio de Ingeniería electromecánica de la UNNE”. (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)

PERFORACION: P1																			
Perf. N°	Muestra N°	Prof. (m)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Cr	Pasa Tamiz					Cu	Cc	CLASIFICACION		DESCRIPCIÓN	
		DE:	A:						# 4	# 10	# 40	# 100	# 200			H.R.B	S.U.C.S.		
P1	1	0	0,5	33,87	18,69	15,2	15,5	1,2086	99,2	98,6	98,1	80,3	69,9			A-6	8	CL	Relleno arcilla limosa de plasticidad media
P1	2	0,5	1,1	43,55	22,19	21,4	13,6	1,3995	100	100	100	99,5	98,1			A7-6	23	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media
P1	3	1,1	1,7	46,35	22,51	23,8	14,2	1,3508	100	97,9	96,8	95,9	94,1			A7-6	24	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media c/ toscas
P1	4	1,7	2,5	46,94	22,65	24,3	19	1,1498	100	99,9	99,6	98,3	95,9			A7-6	25	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media c/ toscas
P1	5	2,5	3,5	29,21	17,8	11,4	24,8	0,3868	100	99,7	99,6	99,4	98,5			A-6	10	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja
P1	6	3,5	4,5	31,94	17,92	14	24,5	0,5314	100	100	99,9	99,6	98,6			A-6	13	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja
P1	7	4,5	5,5	N.P.	N.P.	N.P.	26,7	-	100	100	100	81,6	52,8			A4	0	ML	Limo arenoso
P1	8	5,5	6,1	N.P.	N.P.	N.P.	27,3	-	100	100	100	87,1	59,5			A4	0	ML	Limo arenoso

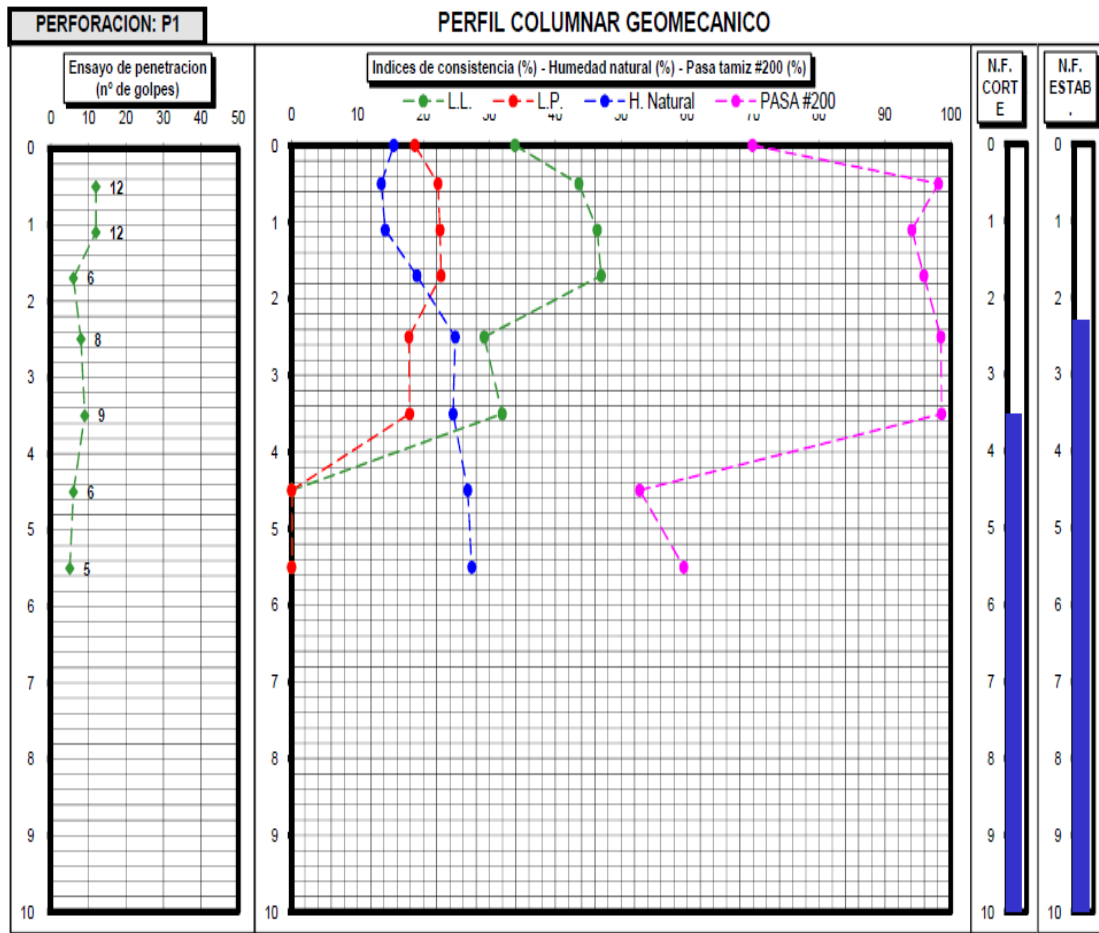


Figura A.25. Perfil columnar geomecánico de perforación 1 en edificio “Edificio de Ingeniería electromecánica de la UNNE”. (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)



Tabla A.13 Planilla de perforación 2 en edificio “Edificio de Ingeniería electromecánica de la UNNE”. (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)

PERFORACION: P2																			
Perf. Nº	Muestra Nº	Prof. (m)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Cr	Pasa Tamiz					Cu	Cc	CLASIFICACION		DESCRIPCIÓN	
		DE:	A:						# 4	# 10	# 40	# 100	# 200			H.R.B	S.U.C.S.		
P2	1	0	0,5	33,97	18,44	15,5	17,4	1,069	100	99,9	98,8	92,4	87,3			A-6	12	CL	Relleno arcilla inorgánica de plasticidad media
P2	2	0,5	1,1	51,13	23,21	27,9	14,7	1,3057	100	100	99,5	98,6	97,2			A7-6	30	CH	Arcilla inorgánica de plasticidad alta
P2	3	1,1	1,7	44,86	22,36	22,5	16,5	1,2604	97,5	97	96,7	95,3	92,1			A7-6	22	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media c/ toscas
P2	4	1,7	2,5	35,54	19,34	16,2	13,2	1,379	100	100	100	95,2	88,5			A-6	14	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media
P2	5	2,5	3,5	16,99	11,24	5,7	21,7	-0,826	100	100	99,9	78,7	65,1			A4	0	CL-ML	Arcilla limosa de plasticidad baja
P2	6	3,5	4,5	40,21	22,2	18	23,8	0,9117	100	100	100	99,6	99,4			A7-6	19	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media
P2	7	4,5	5,5	35,88	19,27	16,6	25,9	0,6012	100	100	100	99,8	99,5			A-6	17	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media
P2	8	5,5	6,1	N.P.	N.P.	N.P.	26,6	-	100	99,7	97,2	83,6	56,6			A4	0	ML	Limo arenoso

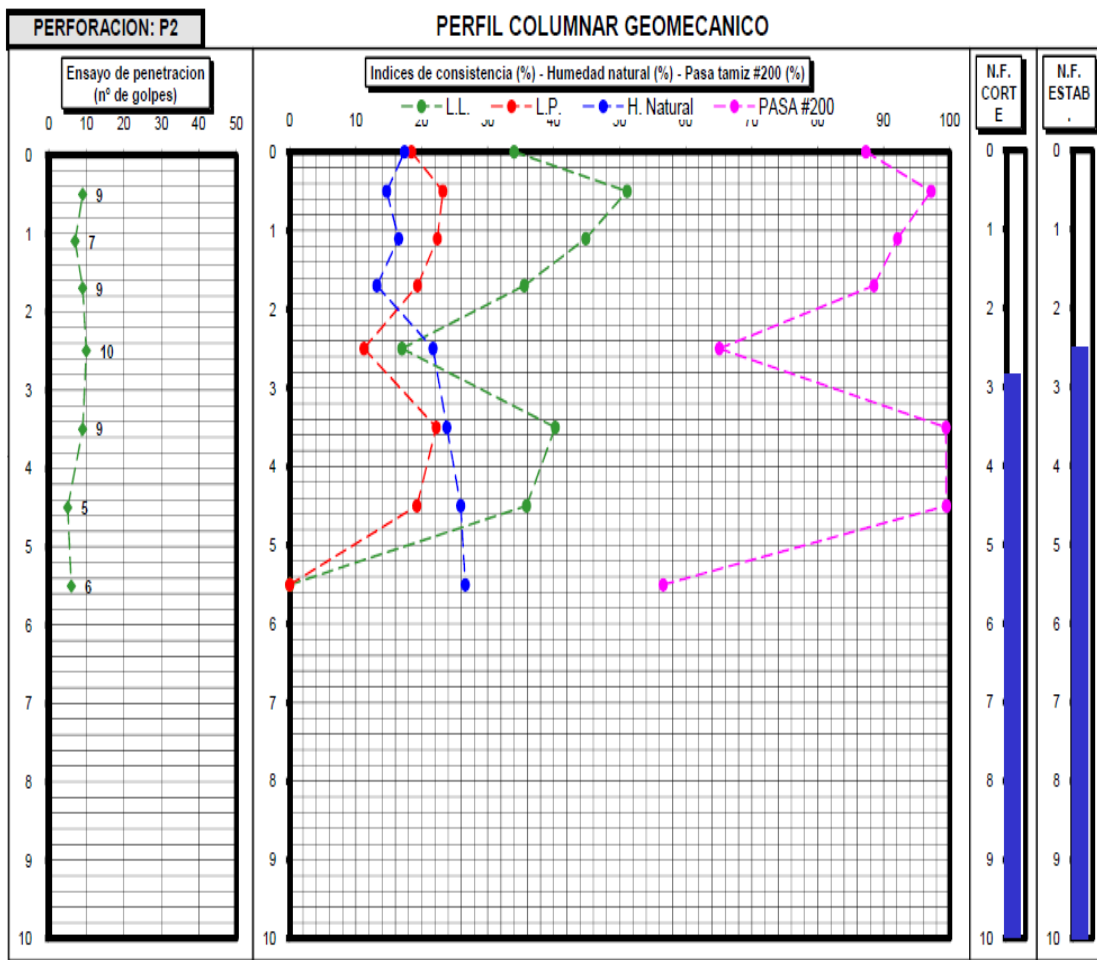


Figura A.26. Perfil columnar geomecánico de perforación 2 en edificio “Edificio de Ingeniería electromecánica de la UNNE”. (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)



- Estudio de suelos “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”

Tabla A.14: Planilla de perforación 1 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”.
(Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)

PERFORACIÓN: P1																	
Perf. N°	Muestra N°	Prof. (m)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Cr	Pasa Tamiz				Cu	Cc	CLASIFICACION		DESCRIPCIÓN
		DE:	A:						# 4	# 10	# 40	# 200			H.R.B	S.U.C.S.	
P1	1	0,00	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ripio
P1	2	0,08	0,50	28,73	16,37	12,40	19,50	0,74	100,0	99,6	99,2	92,9			A-6 10	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja con toscas
P1	3	0,50	1,00	29,25	15,66	13,60	19,60	0,71	99,4	98,8	98,3	88,2			A-6 10	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja con toscas
P1	4	1,00	1,20	25,19	15,15	10,00	22,70	0,25	99,6	99,0	98,4	77,5			A4 5	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja con toscas
P1	5	1,20	1,70	34,40	17,98	16,40	29,10	0,32	99,5	98,6	98,2	84,6			A-6 13	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media con materia organica y toscas
P1	6	1,70	2,30	37,02	19,24	17,80	21,80	0,86	100,0	99,5	99,1	95,1			A-6 17	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media con toscas
P1	7	2,30	3,00	N.P.	N.P.	N.P.	24,70	-	100,0	100,0	100,0	13,3			A2-4 0	SM	Arena limosa
P1	8	3,00	4,00	N.P.	N.P.	N.P.	27,50	-	100,0	100,0	100,0	13,7			A2-4 0	SM	Arena limosa
P1	9	4,00	5,00	N.P.	N.P.	N.P.	25,00	-	100,0	100,0	100,0	19,2			A2-4 0	SM	Arena limosa
P1	10	5,00	5,60	N.P.	N.P.	N.P.	20,40	-	100,0	100,0	99,0	6,8	2,29	0,87	A3 1	SP-SM	Arena limosa mal graduada

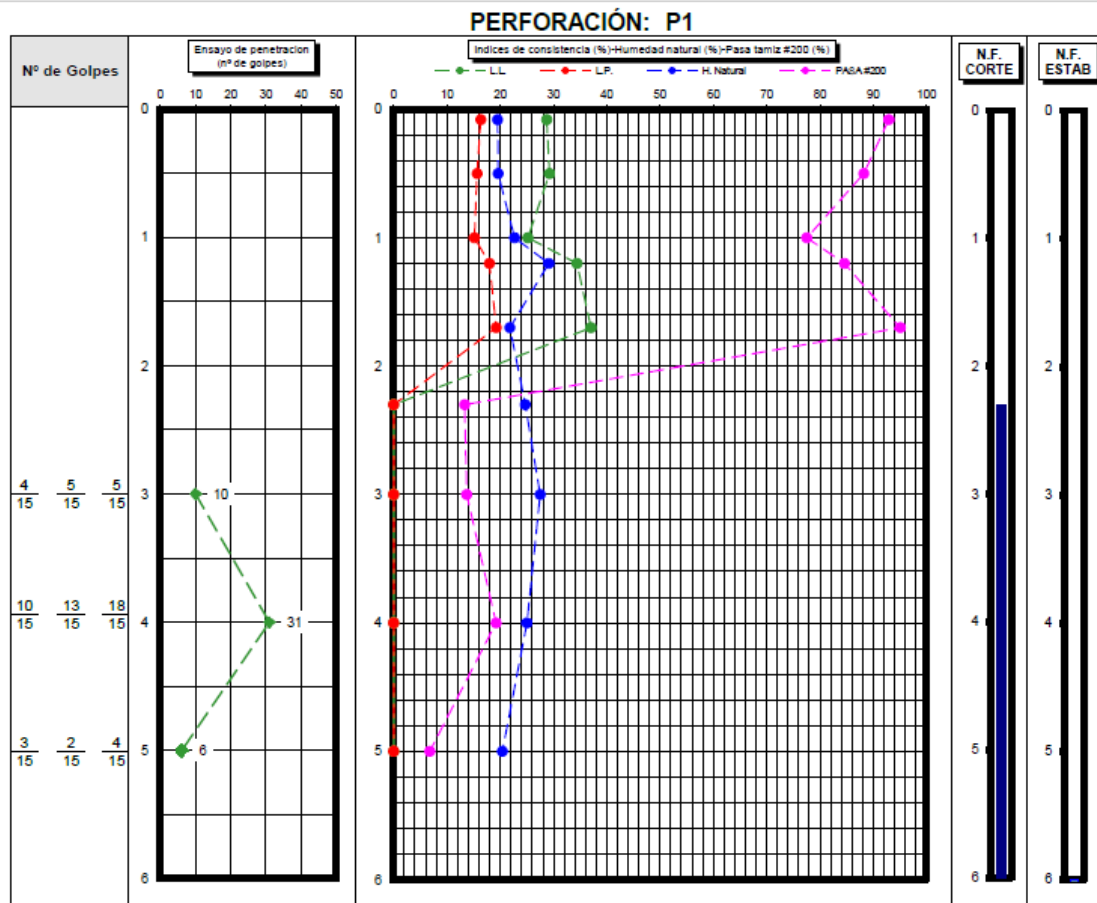


Figura A.27. Perfil columnar geomecánico de perforación 1 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”. (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)



Tabla A.15. Planilla de perforación 2 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”.
(Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)

PERFORACIÓN: P2																	
Perf. Nº	Muestra Nº	Prof. (m)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Cr	Pasa Tamiz				Cu	Cc	CLASIFICACION		DESCRIPCIÓN
		DE:	A:						# 4	# 10	# 40	# 200			H.R.B	S.U.C.S.	
P2	1	0,00	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ripio
P2	2	0,22	1,00	28,45	16,24	12,20	16,90	0,95	100,0	99,6	99,1	92,9	-	-	A-6 10	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja con toscas
P2	3	1,00	2,00	29,54	15,74	13,80	18,90	0,77	99,6	98,9	98,3	88,3	-	-	A-6 11	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja
P2	4	2,00	2,20	34,24	16,07	18,20	20,10	0,78	99,6	98,7	97,8	74,4	-	-	A-6 12	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media con toscas
P2	5	2,20	3,00	40,88	19,02	21,90	21,10	0,90	100,0	99,7	99,2	90,0	-	-	A7-6 20	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media con toscas
P2	6	3,00	4,00	N.P.	N.P.	N.P.	26,60	-	100,0	99,6	99,5	29,5	-	-	A2-4 0	SM	Arena limosa con toscas
P2	7	4,00	5,00	N.P.	N.P.	N.P.	25,70	-	100,0	100,0	100,0	18,1	-	-	A2-4 0	SM	Arena limosa
P2	8	5,00	5,60	N.P.	N.P.	N.P.	24,10	-	100,0	100,0	99,9	19,8	-	-	A2-4 0	SM	Arena limosa

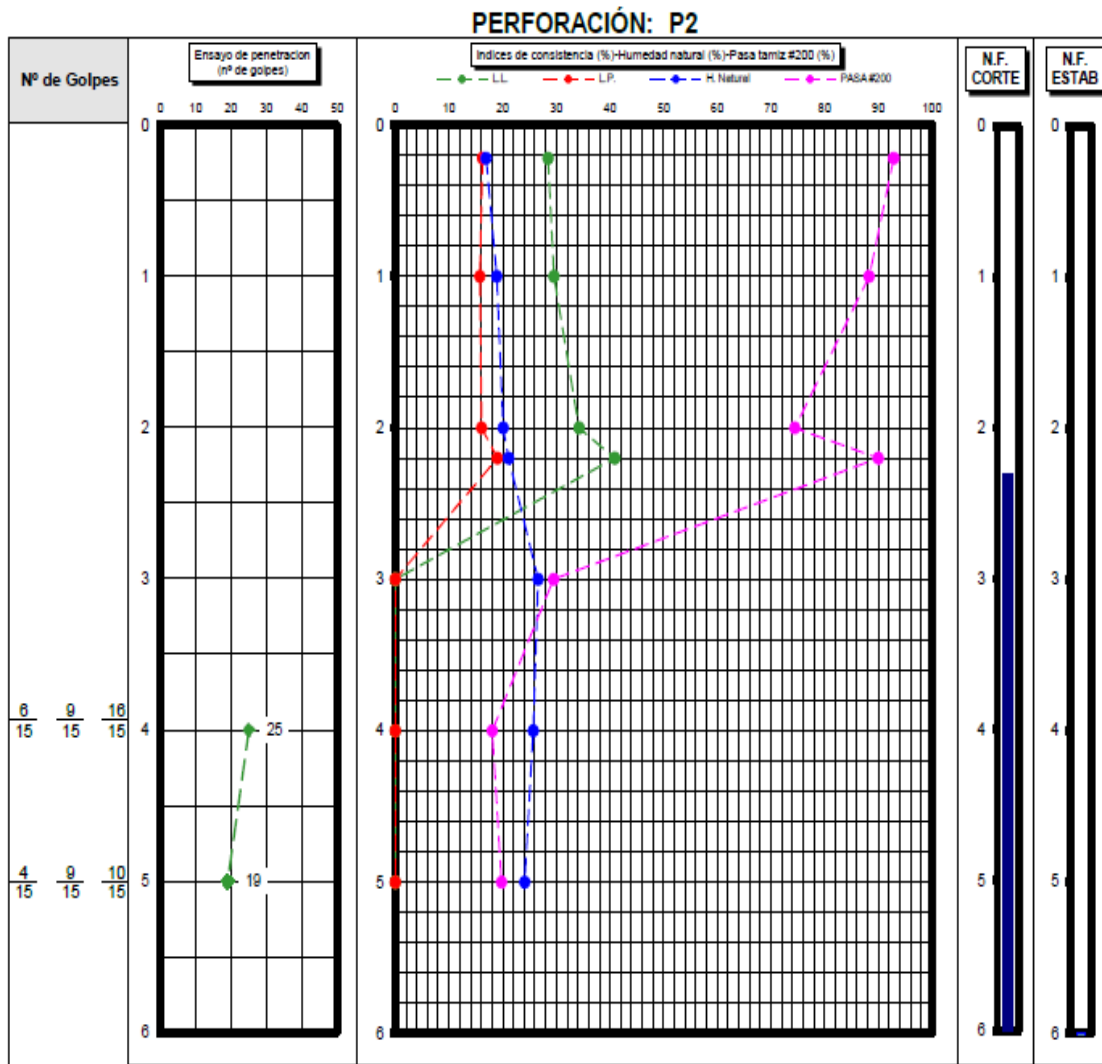


Figura A.28. Perfil columnar geomecánico de perforación 2 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”. (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)



Tabla A.16. Planilla de perforación 3 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”.
(Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)

PERFORACIÓN: P3																	
Perf. N°	Muestra N°	Prof. (m)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Cr	Pasa Tamiz				Cu	Cc	CLASIFICACION		DESCRIPCIÓN
		DE:	A:						# 4	# 10	# 40	# 200			H.R.B	S.U.C.S.	
P3	1	0,00	1,00	28,88	15,88	13,00	16,40	0,96	100,0	99,6	99,3	72,5			A-6 7	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja de relleno con toscas
P3	2	1,00	2,00	N.P.	N.P.	N.P.	17,80	-	100,0	99,5	98,2	61,9			A4 0	ML	Limo inorgánico con escombros
P3	3	2,00	3,00	N.P.	N.P.	N.P.	26,50	-	100,0	100,0	100,0	86,0			A4 0	ML	Limo inorgánico
P3	4	3,00	4,00	N.P.	N.P.	N.P.	20,90	-	100,0	100,0	98,3	14,0			A2-4 0	SM	Arena limosa
P3	5	4,00	5,00	N.P.	N.P.	N.P.	23,30	-	100,0	100,0	99,6	10,7	2,40	0,83	A2-4 0	SP-SM	Arena limosa mal graduada
P3	6	5,00	5,60	N.P.	N.P.	N.P.	25,70	-	100,0	100,0	100,0	15,8			A2-4 0	SM	Arena limosa

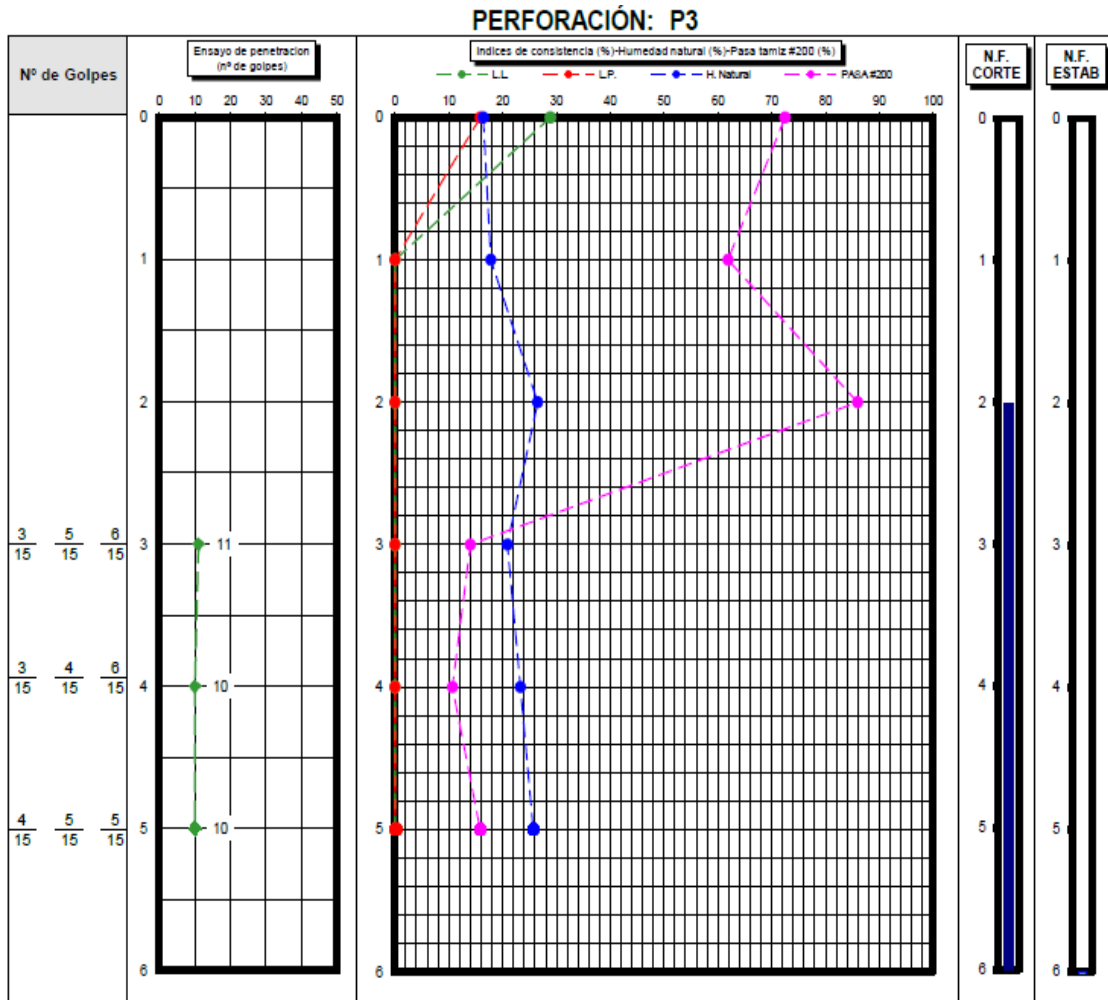


Figura A.29. Perfil columnar geomecánico de perforación 3 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”. (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)



Tabla A.17. Planilla de perforación 4 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”.
(Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)

PERFORACIÓN: P4																	
Perf. Nº	Muestra Nº	Prof. (m)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Cr	Pasa Tamiz				Cu	Cc	CLASIFICACION		DESCRIPCIÓN
		DE:	A:						# 4	# 10	# 40	# 200			H.R.B	S.U.C.S.	
P4	1	0,00	0,40	N.P.	N.P.	N.P.	13,00	-	100,0	99,8	99,4	59,5			A4 0	ML	Limo inorgánico con escombros
P4	2	0,40	1,00	20,24	10,99	9,30	16,80	0,37	100,0	100,0	99,8	58,0			A4 2	CL	Arcilla arenosa de plasticidad baja
P4	3	1,00	1,70	26,33	14,40	11,90	17,60	0,73	100,0	99,8	99,5	62,2			A-6 4	CL	Arcilla arenosa de plasticidad baja con toscas
P4	4	1,70	2,20	22,53	12,39	10,10	19,30	0,32	100,0	100,0	99,6	55,7			A-6 2	CL	Arcilla arenosa de plasticidad baja
P4	5	2,20	3,00	N.P.	N.P.	N.P.	25,60	-	100,0	100,0	100,0	25,9			A2-4 0	SM	Arena limosa
P4	6	3,00	4,00	N.P.	N.P.	N.P.	28,00	-	100,0	100,0	100,0	21,2			A2-4 0	SM	Arena limosa
P4	7	4,00	5,00	N.P.	N.P.	N.P.	26,70	-	100,0	99,9	99,8	49,5			A4 0	SM	Arena limosa con toscas
P4	8	5,00	5,60	N.P.	N.P.	N.P.	28,00	-	100,0	100,0	100,0	11,6	2,40	0,87	A2-4 0	SP-SM	Arena limosa mal graduada

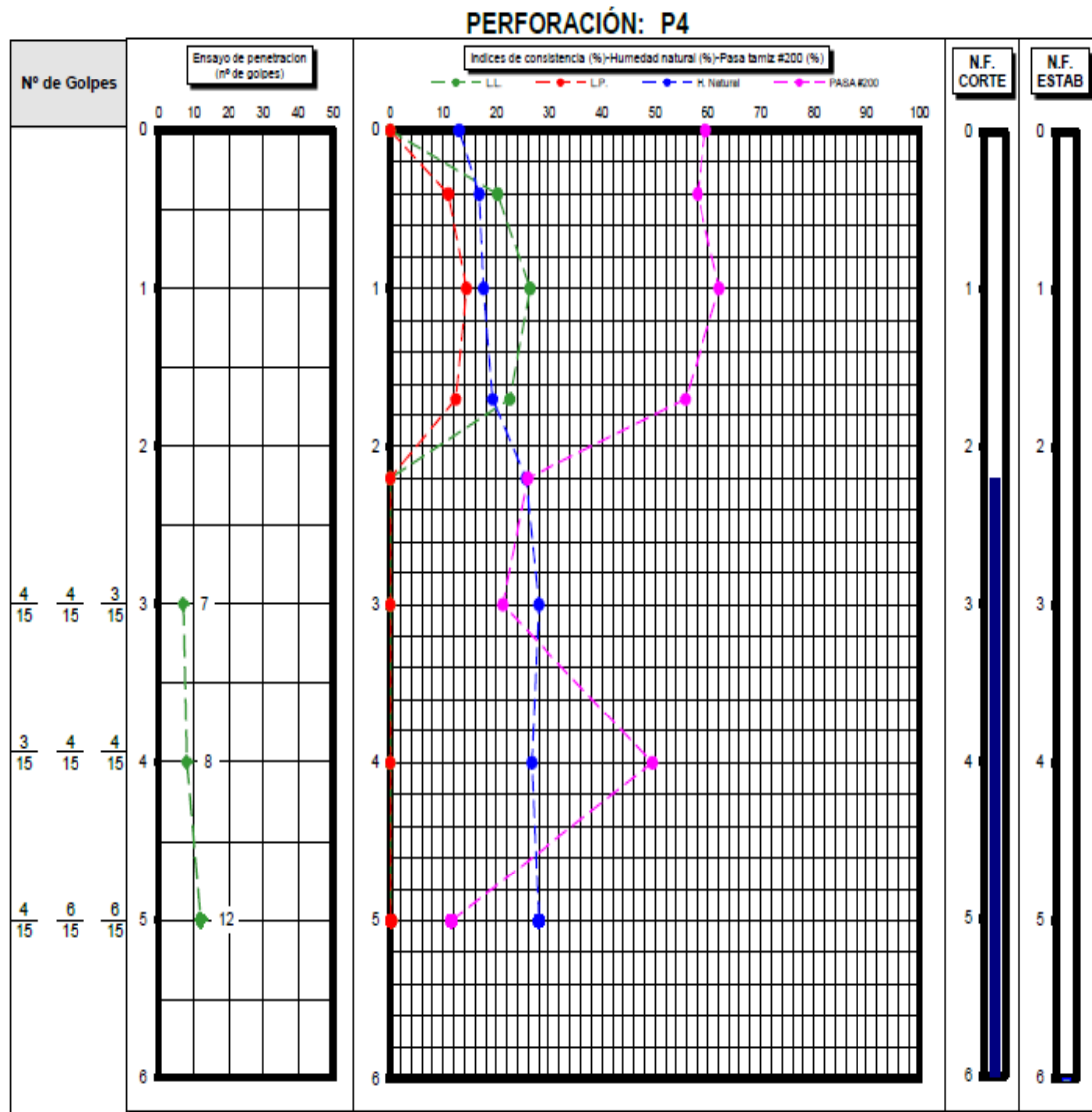


Figura A.30. Perfil columnar geomecánico de perforación 4 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”. (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)



Tabla A.18. Planilla de perforación 5 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”.
(Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)

PERFORACIÓN: P5																	
Perf. Nº	Muestra Nº	Prof. (m)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Cr	Pasa Tamiz				Cu	Cc	CLASIFICACION		DESCRIPCIÓN
		DE:	A:						# 4	# 10	# 40	# 200			H.R.B	S.U.C.S.	
P5	1	0,00	0,30	33,35	16,31	17,00	16,40	1,00	97,9	97,9	97,2	76,3			A-6 11	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media de relleno con vidrio
P5	2	0,30	1,00	43,37	17,38	26,00	24,00	0,75	100,0	99,4	99,0	70,1			A7-6 16	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media con toscas
P5	3	1,00	1,30	39,60	15,93	23,70	24,00	0,66	99,2	98,5	98,0	70,4			A-6 15	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media con toscas
P5	4	1,30	2,00	24,25	17,16	7,10	21,30	0,42	100,0	99,9	99,4	57,2			A4 1	CL	Arcilla arenosa de plasticidad baja con toscas
P5	5	2,00	3,00	N.P.	N.P.	N.P.	25,20	-	100,0	100,0	100,0	45,9			A4 0	SM	Arena limosa
P5	6	3,00	4,00	N.P.	N.P.	N.P.	29,50	-	100,0	100,0	99,9	21,1			A2-4 0	SM	Arena limosa
P5	7	4,00	5,00	N.P.	N.P.	N.P.	25,20	-	100,0	99,8	99,8	30,6			A2-4 0	SM	Arena limosa con toscas
P5	8	5,00	6,00	N.P.	N.P.	N.P.	26,10	-	100,0	99,7	99,5	13,6			A2-4 0	SM	Arena limosa con toscas
P5	9	6,00	6,60	N.P.	N.P.	N.P.	22,90	-	100,0	100,0	99,8	11,9	2,40	0,83	A2-4 0	SP-SM	Arena limosa mal graduada

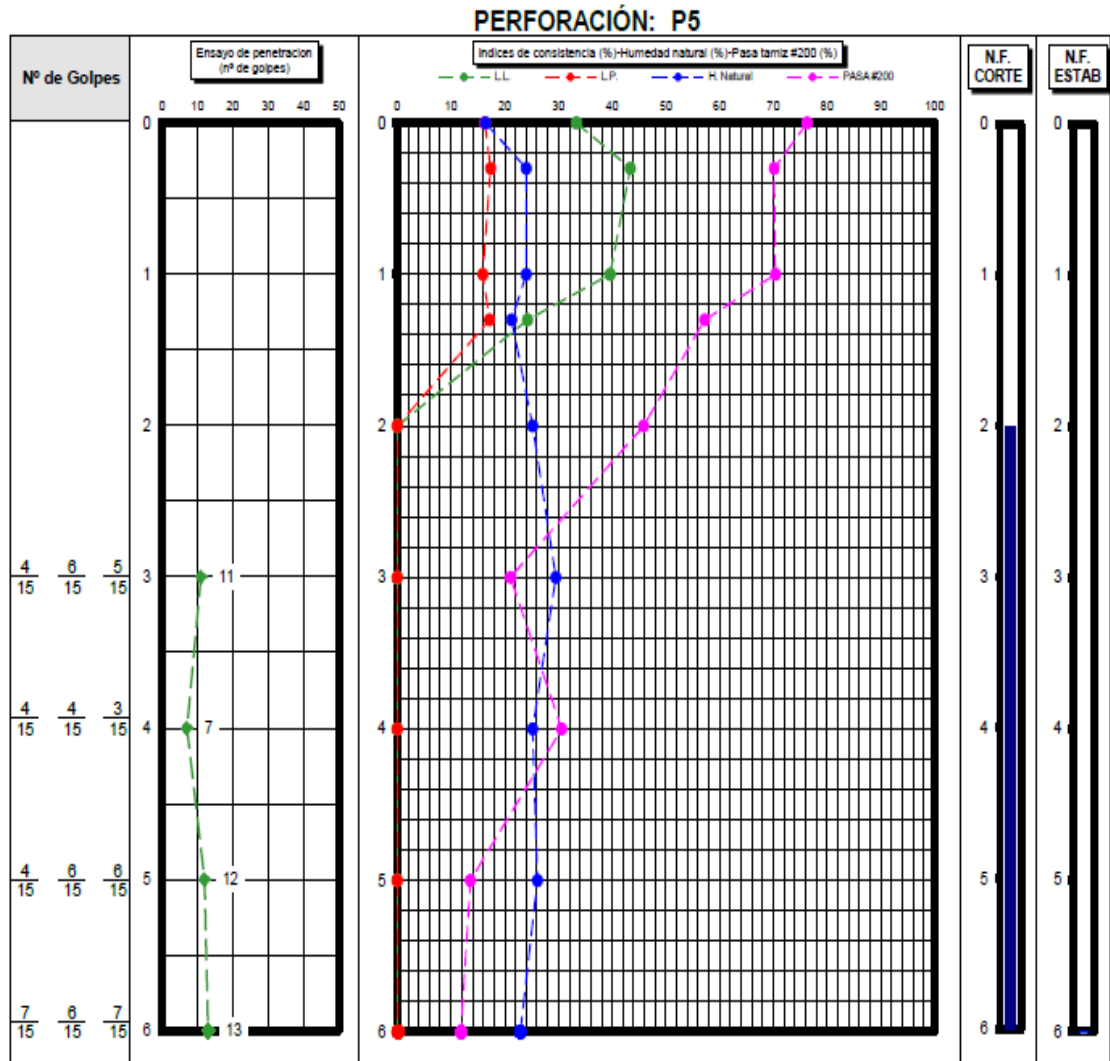


Figura A.31. Perfil columnar geomecánico de perforación 5 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”. (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)



Tabla A.19. Planilla de perforación 6 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”.
(Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)

PERFORACIÓN: P6																	
Perf. N°	Muestra N°	Prof. (m)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Cr	Pasa Tamiz				Cu	Cc	CLASIFICACION		DESCRIPCIÓN
		DE:	A:						# 4	# 10	# 40	# 200			H.R.B	S.U.C.S.	
P6	1	0,00	1,00	29,85	15,62	14,20	15,50	1,01	97,3	96,7	96,5	72,6			A-6 8	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja de relleno con toscas
P6	2	1,00	1,50	46,01	16,33	29,70	20,50	0,86	98,4	97,5	96,9	80,2			A7-6 23	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media con toscas
P6	3	1,50	2,00	N.P.	N.P.	N.P.	19,80	-	100,0	99,9	99,5	62,7			A4 0	ML	Limo inorgánico con toscas
P6	4	2,00	2,60	26,67	17,12	9,50	18,50	0,86	99,7	98,9	98,1	80,3			A4 6	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja con toscas
P6	5	2,60	3,00	N.P.	N.P.	N.P.	24,40	-	100,0	100,0	100,0	26,6			A2-4 0	SM	Arena limosa
P6	6	3,00	4,00	N.P.	N.P.	N.P.	29,50	-	100,0	100,0	100,0	24,1			A2-4 0	SM	Arena limosa
P6	7	4,00	5,00	N.P.	N.P.	N.P.	26,40	-	100,0	100,0	100,0	19,8			A2-4 0	SM	Arena limosa
P6	8	5,00	5,60	N.P.	N.P.	N.P.	23,80	-	100,0	100,0	100,0	22,5			A2-4 0	SM	Arena limosa

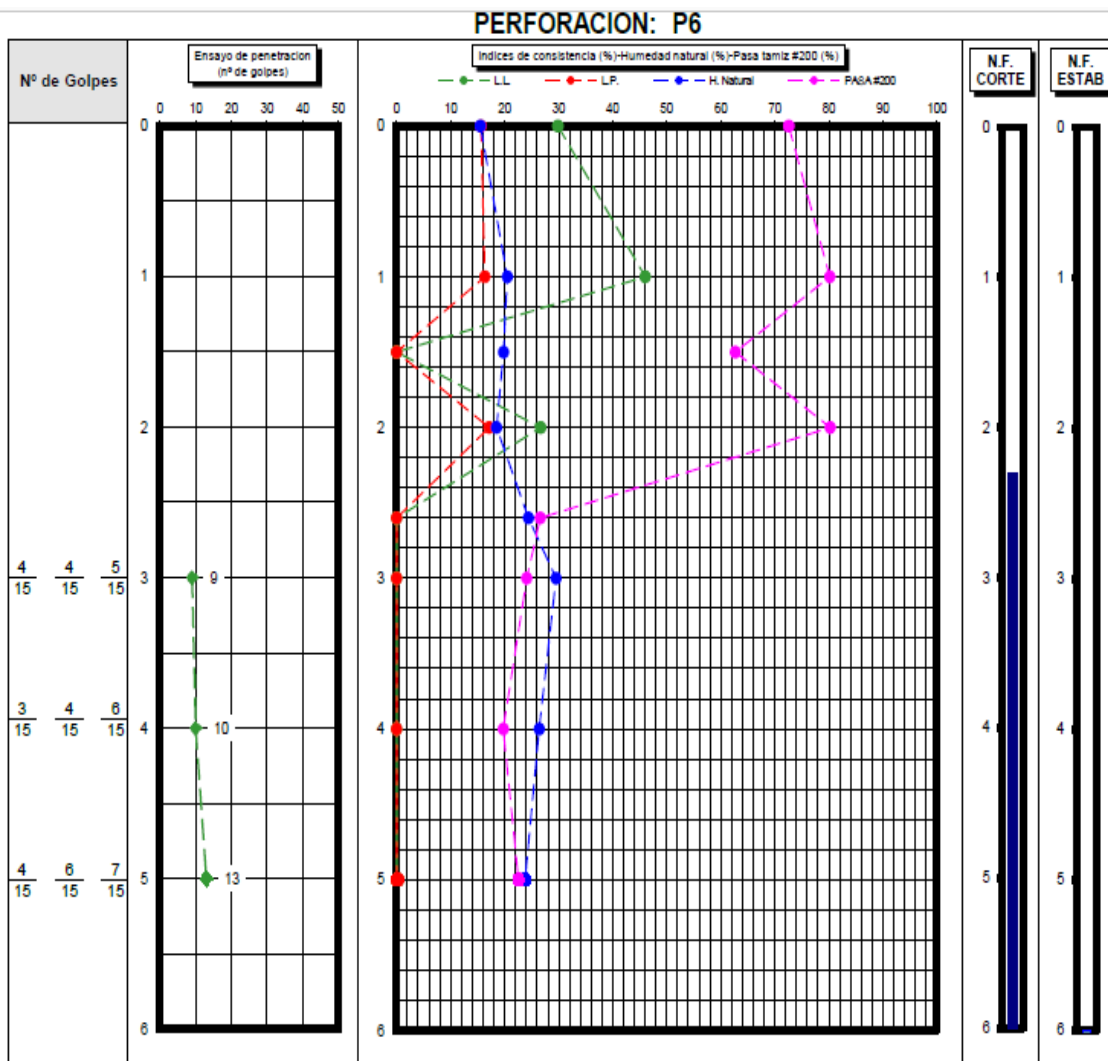


Figura A.32. Perfil columnar geomecánico de perforación 6 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”. (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)



Tabla A.20. Planilla de perforación 7 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”.
(Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)

PERFORACIÓN: P7																	
Perf. Nº	Muestra Nº	Prof. (m)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Cr	Pasa Tamiz				Cu	Cc	CLASIFICACION		DESCRIPCIÓN
		DE:	A:						# 4	# 10	# 40	# 200			H.R.B	S.U.C.S.	
P7	1	0,00	0,80	27,12	17,31	9,80	20,70	0,66	100,0	99,4	98,9	82,5			A4 6	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja de relleno con toscas
P7	2	0,80	1,30	37,96	19,10	18,90	21,00	0,90	100,0	99,5	99,2	84,1			A-6 15	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media con toscas
P7	3	1,30	2,00	27,76	15,41	12,40	19,30	0,68	100,0	100,0	99,6	58,3			A-6 4	CL	Arcilla arenosa de plasticidad baja
P7	4	2,00	2,50	25,42	16,48	8,90	20,50	0,55	100,0	99,5	99,2	77,6			A4 5	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja con toscas
P7	5	2,50	3,00	N.P.	N.P.	N.P.	25,80	-	100,0	100,0	100,0	17,2			A2-4 0	SM	Arena limosa
P7	6	3,00	4,00	N.P.	N.P.	N.P.	29,00	-	100,0	100,0	100,0	12,4			A2-4 0	SM	Arena limosa
P7	7	4,00	5,00	N.P.	N.P.	N.P.	22,80	-	100,0	100,0	99,2	23,5			A2-4 0	SM	Arena limosa
P7	8	5,00	5,60	N.P.	N.P.	N.P.	22,60	-	100,0	99,8	91,5	12,3			A2-4 0	SM	Arena limosa con grava

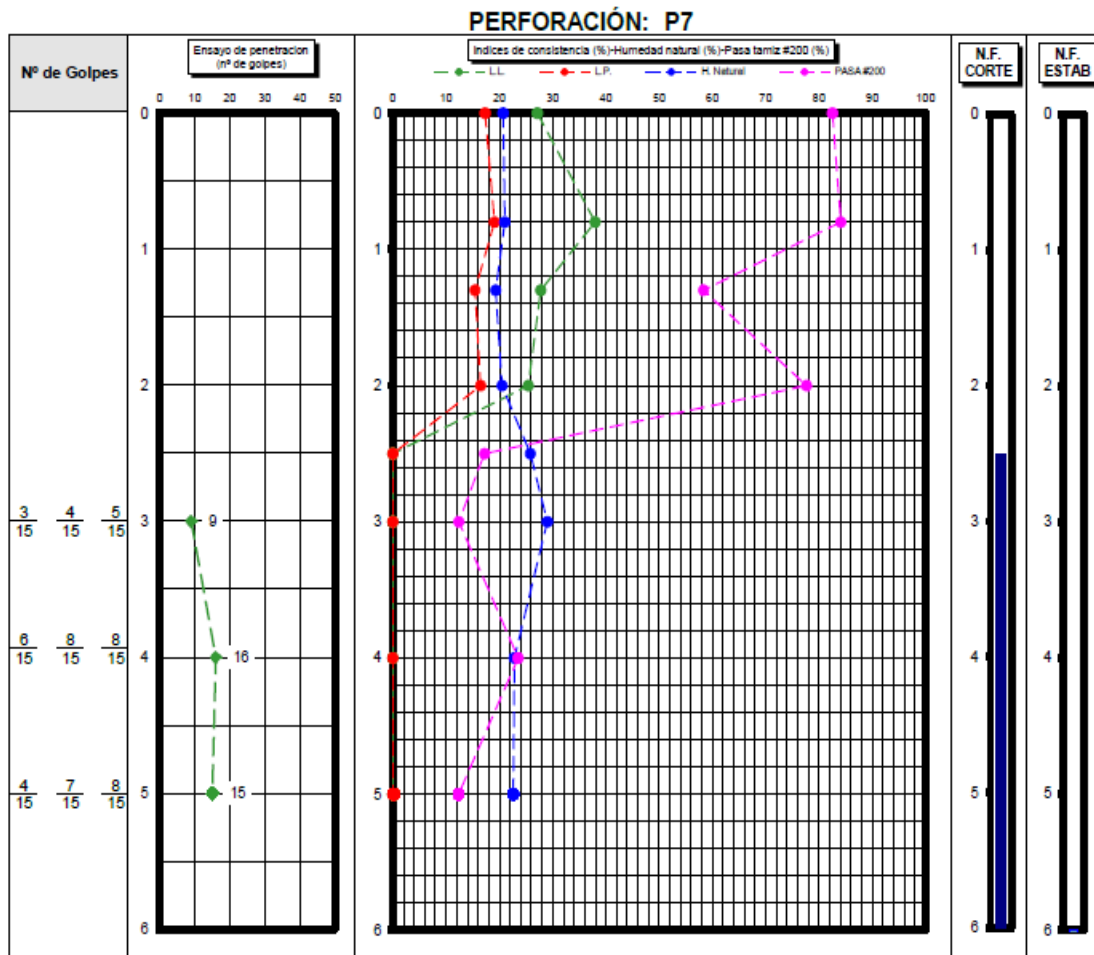


Figura A.33. Perfil columnar geomecánico de perforación 7 en edificio “Red de desagües cloacales – Barrio La Rubita”. (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)



- Estudio de suelos "Escuela primaria Juan Domingo Perón 954".

Tabla A.21. Planilla de perforación 1 en edificio "Escuela primaria Juan Domingo Perón 954".
(Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)

PERFORACION: P1																		
Perf. Nº	Muestra Nº	Prof. (m)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Cr	Pasa Tamiz					Cu	Cc	CLASIFICACION		DESCRIPCIÓN
		DE:	A:						# 4	# 10	# 40	# 100	# 200			H.R.B	S.U.C.S.	
P1	1	0,00	0,50	32,52	17,80	14,70	10,00	1,53	100,00	99,90	99,20	76,70	76,20			A-6 10	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja
P1	2	0,50	1,10	N.P.	N.P.	N.P.	1,80	-	100,00	99,90	97,90	29,00	28,00			A2-4 e	SM	Arena limosa
P1	3	1,10	1,70	30,37	17,57	12,80	17,30	1,02	99,20	99,00	97,80	68,60	67,80			A-6 e	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja
P1	4	1,70	2,20	31,34	17,73	13,60	24,20	0,53	100,00	100,00	99,70	93,30	92,20			A-6 12	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja
P1	5	2,20	2,50	29,71	17,09	12,60	18,60	0,88	100,00	99,20	98,30	65,30	64,20			A-6 e	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja
P1	6	2,50	3,50	24,55	16,70	7,80	20,80	0,48	100,00	99,10	98,30	88,80	87,50			A4 e	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja
P1	7	3,50	4,50	N.P.	N.P.	N.P.	25,20	-	100,00	100,00	98,90	36,20	35,20			A4 o	SM	Arena limosa
P1	8	4,50	5,10	N.P.	N.P.	N.P.	25,50	-	99,70	99,70	99,30	37,80	36,90			A4 o	SM	Arena limosa

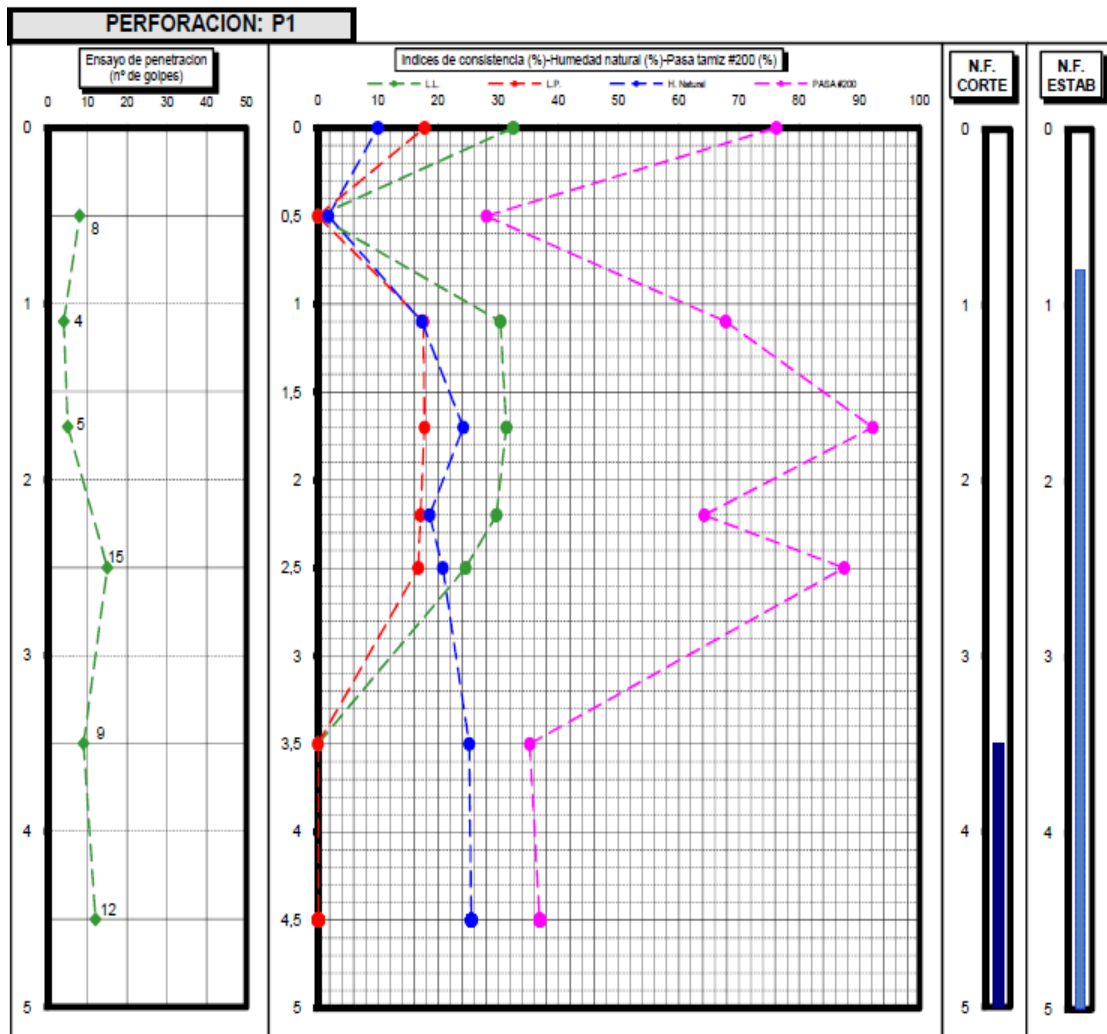


Figura A.34. Perfil columnar geomecánico de perforación 1 en edificio 'Escuela primaria Juan Domingo Perón 954' (Barranqueras). (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)



Tabla A.22. Planilla de perforación 2 en edificio “Escuela primaria Juan Domingo Perón 954”.
(Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)

PERFORACION: P2																		
Perf. Nº	Muestra Nº	Prof. (m)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Cr	Pasa Tamiz					Cu	Cc	CLASIFICACION		DESCRIPCIÓN
		DE:	A:						# 4	# 10	# 40	# 100	# 200			H.R.B	S.U.C.S.	
P2	1	0,00	0,50	42,60	22,31	20,30	23,40	0,95	100,00	99,30	98,50	93,40	91,60			A7-6 20	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media
P2	2	0,50	1,10	29,47	18,24	11,20	26,80	0,24	95,90	95,80	95,10	89,90	88,50			A-6 9	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja
P2	3	1,10	1,70	N.P.	N.P.	N.P.	18,40	-	100,00	100,00	100,00	17,20	12,60			A2-4 0	SM	Arena limosa
P2	4	1,70	2,50	N.P.	N.P.	N.P.	22,60	-	100,00	99,00	98,90	47,80	43,90			A4 0	SM	Arena limosa
P2	5	2,50	3,10	N.P.	N.P.	N.P.	22,00	-	100,00	100,00	99,30	8,60	5,60	1,66	0,95	A3 1	SP-SM	Arena limosa mal graduada

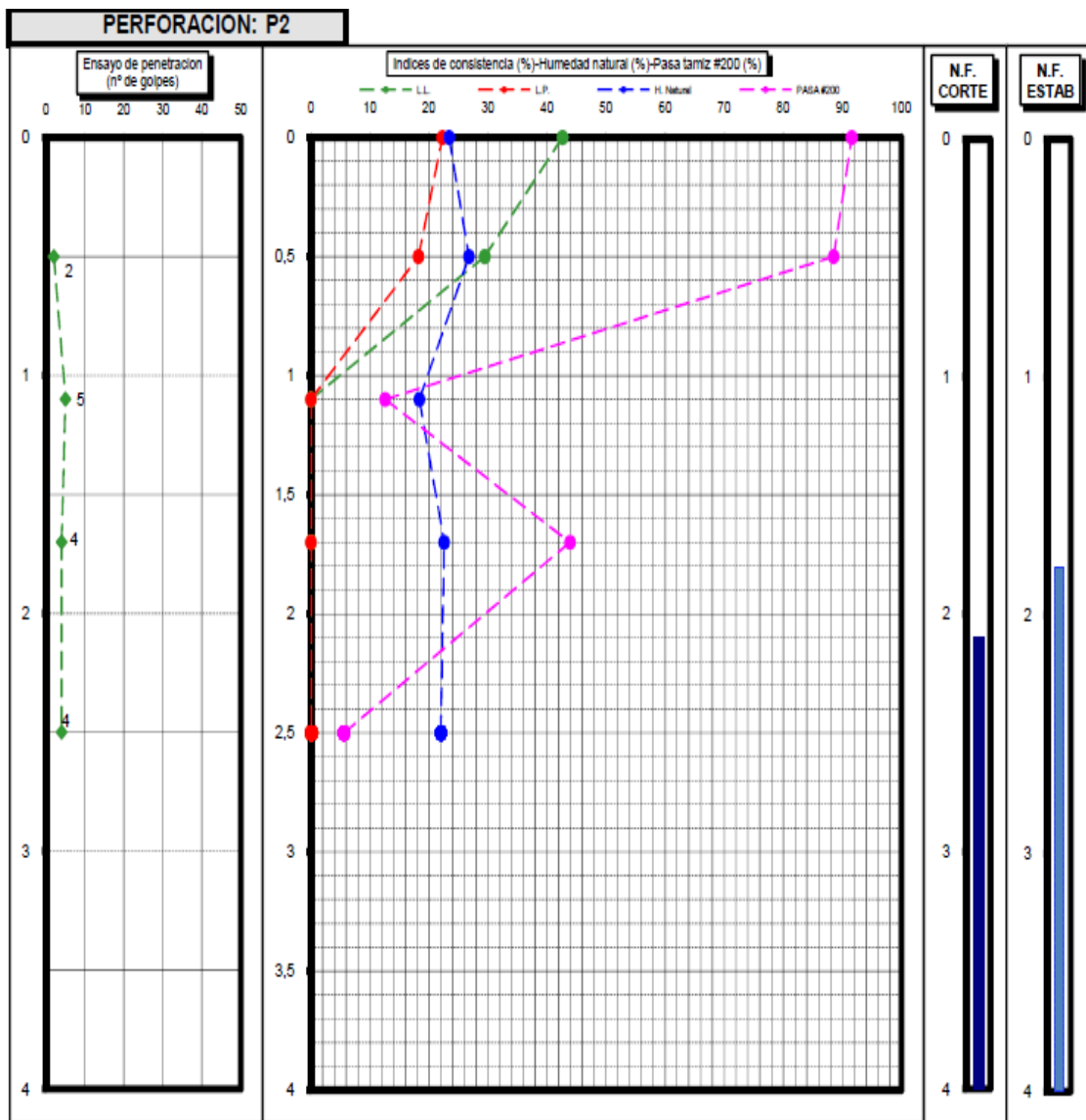


Figura A.35. Perfil columnar geomecánico de perforación 2 en edificio 'Escuela primaria Juan Domingo Perón 954' (Barranqueras). (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)



Tabla A.23. Planilla de perforación 3 en edificio “Escuela primaria Juan Domingo Perón 954”.
(Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)

PERFORACION: P3																		
Perf. Nº	Muestra Nº	Prof. (m)		LL (%)	LP (%)	IP (%)	W (%)	Cr	Pasa Tamiz					Cu	Cc	CLASIFICACION		DESCRIPCIÓN
		DE:	A:						# 4	# 10	# 40	# 100	# 200			H.R.B	S.U.C.S.	
P3	1	0,00	0,50	35,65	18,82	16,80	18,30	1,03	100,00	99,00	97,80	89,30	86,50			A-6 14	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad media
P3	2	0,50	1,10	29,73	18,26	11,50	47,80	-1,57	100,00	99,80	98,80	90,10	88,40			A-6 6	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja
P3	3	1,10	1,70	23,75	16,54	7,20	22,00	0,24	100,00	99,70	98,80	69,70	64,40			A4 2	CL	Arcilla inorgánica de plasticidad baja
P3	4	1,70	2,50	N.P.	N.P.	N.P.	21,30	-	100,00	100,00	99,70	47,20	39,50			A4 0	SM	Arena limosa
P3	5	2,50	3,10	N.P.	N.P.	N.P.	20,80	-	100,00	99,40	99,10	10,00	7,60	1,70	0,98	A3 1	SP-SM	Arena limosa mal graduada

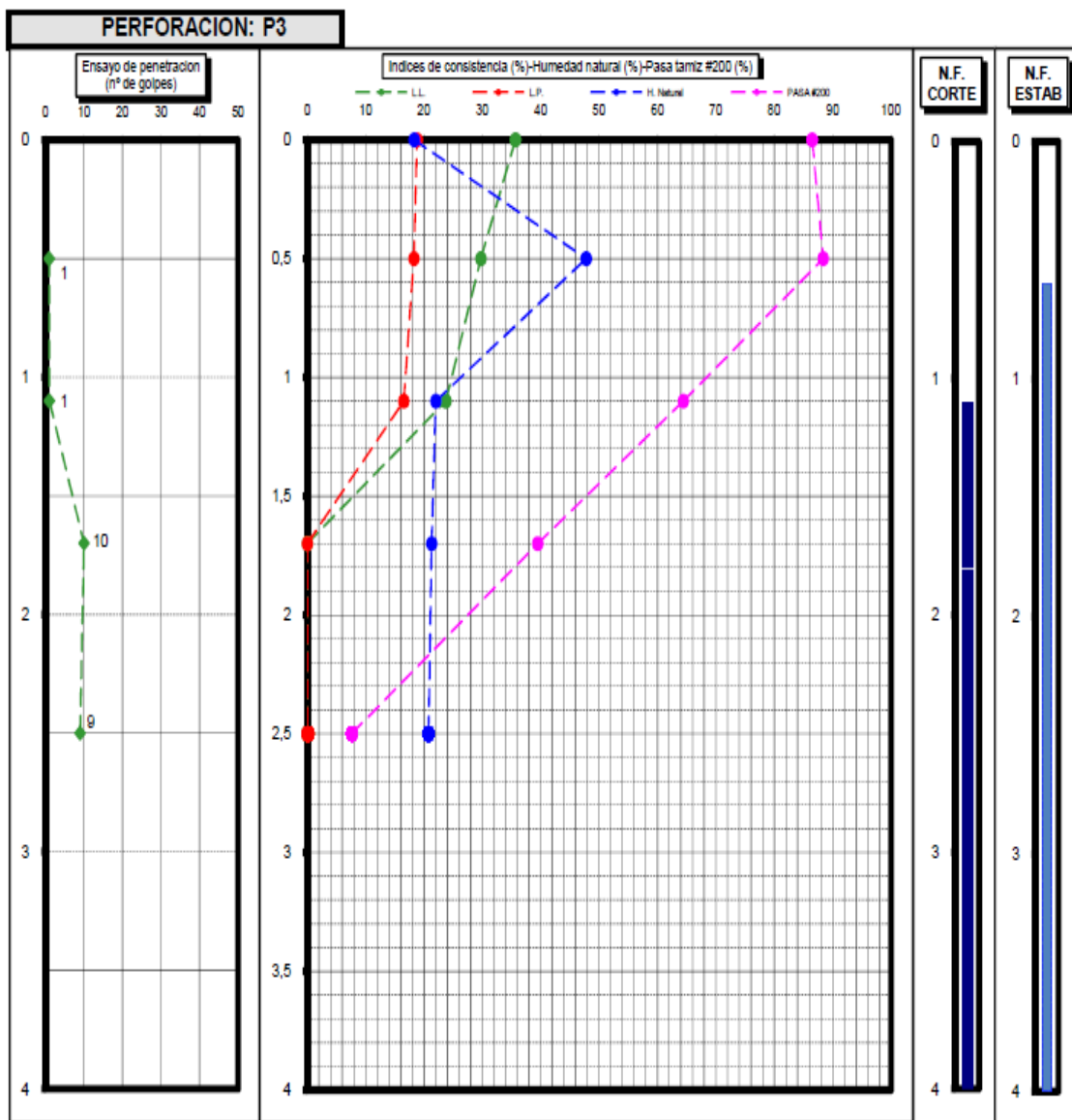


Figura A.36. Perfil columnar geomecánico de perforación 3 en edificio “Escuela primaria Juan Domingo Perón 954”(Barranqueras). (Fuente: Estudios SIGMA S.R.L)



3.2) Nivelación de campaña

Tabla A.24. Planilla de nivelación de campaña.

(Fuente: elaboración propia)

Est / Punto	Lecturas	P.V.	Cota	Observaciones
	Hm			
P.F.	1,02	51,39	50,37	Atrás
1	1,645	51,39	49,745	
2	1,575	51,39	49,815	
3	1,65	51,39	49,740	
4	1,45	51,39	49,940	
5	1,565	51,39	49,825	
6	1,45	51,39	49,940	Eje
7	1,59	51,39	49,800	
8	1,38	51,39	50,010	
9	1,48	51,39	49,910	
10	1,8	51,39	49,590	
11	1,69	51,39	49,700	
12	1,665	51,39	49,725	
13	1,5	51,39	49,890	
14	1,44	51,39	49,950	
15	1,585	51,39	49,805	
16	1,425	51,39	49,965	Eje
17	1,565	51,39	49,825	
18	1,51	51,39	49,880	
19	1,78	51,39	49,610	
20	1,39	51,39	50,000	Eje
21	1,525	51,39	49,865	
22	1,45	51,39	49,940	
23	1,475	51,39	49,915	Adelante
23	1,605	51,520	49,915	Atrás
24	1,54	51,520	49,98	
25	1,695	51,520	49,825	
26	1,63	51,52	49,890	Eje
27	1,705	51,520	49,815	
28	1,55	51,520	49,97	
29	1,83	51,520	49,69	
30	2,44	51,520	49,08	
31	1,44	51,520	50,08	
32	1,485	51,52	50,035	Eje
33	1,555	51,52	49,965	Eje
34	1,65	51,520	49,87	



Tabla A.24 (continuación). Planilla de nivelación de campaña.
(Fuente: elaboración propia)

Est / Punto	Lecturas	P.V.	Cota	Observaciones
	Hm			
35	1,475	51,52	50,045	Eje
36	1,735	51,520	49,785	
37	1,57	51,520	49,95	Adelante
37	1,6	51,55	49,95	Atrás
38	1,58	51,55	49,970	Eje
39	1,585	51,55	49,965	Eje
40	1,6	51,55	49,950	Eje
41	1,59	51,55	49,960	Eje
42	1,67	51,55	49,880	Eje
43	1,66	51,55	49,890	Eje
44	1,78	51,55	49,77	
45	1,54	51,55	50,01	
46	1,71	51,55	49,84	
47	1,67	51,55	49,88	
48	1,69	51,55	49,86	
48	1,505	51,55	50,045	
49	1,495	51,55	50,055	Eje
50	1,485	51,55	50,065	Eje
51	1,52	51,55	50,030	Eje
52	1,65	51,55	49,9	
53	1,54	51,55	50,010	Eje
54	2,18	51,55	49,37	
55	1,58	51,55	49,970	Eje
56	1,6	51,55	49,950	Eje
57	1,675	51,55	49,875	
58	1,71	51,55	49,84	
59	1,765	51,55	49,785	
60	1,665	51,55	49,885	Adelante
60	1,52	51,405	49,885	Atrás
61	1,72	51,405	49,685	Umbral
62	1,47	51,405	49,935	Eje
63	1,505	51,405	49,900	Eje
64	1,545	51,405	49,860	Eje
65	1,635	51,405	49,77	
66	2,665	51,405	48,74	Zanja/Laguna
67	1,46	51,405	49,945	Adelante
67	1,32	51,265	49,945	Atrás
68	1,4	51,265	49,865	Eje



Tabla A.24 (continuación). Planilla de nivelación de campaña.

(Fuente: elaboración propia)

Est / Punto	Lecturas	P.V.	Cota	Observaciones
	Hm			
69	1,38	51,265	49,885	Eje
70	1,36	51,265	49,905	Eje
71	1,65	51,265	49,615	Umbral Izq.
72	1,32	51,265	49,945	
73	1,32	51,265	49,945	
74	1,39	51,265	49,875	
75	1,505	51,265	49,76	
76	1,33	51,265	49,935	
77	1,38	51,265	49,885	
78	1,385	51,265	49,88	
79	1,51	51,265	49,755	
80	1,56	51,265	49,705	
81	1,265	51,265	50	
82	1,34	51,265	49,925	
83	1,485	51,265	49,78	
84	1,35	51,265	49,915	Eje
85	1,585	51,265	49,68	
86	1,465	51,265	49,8	
87	1,65	51,265	49,615	
88	2,24	51,265	49,025	Zanja
89	1,41	51,265	49,855	Eje
90	1,415	51,265	49,85	Eje
91	1,42	51,265	49,845	Eje
92	1,76	51,265	49,505	Umbral Der.
93	1,76	51,265	49,505	Umbral Izq.
94	1,41	51,265	49,855	Adelante
94	1,42	51,275	49,855	Atrás
95	2	51,275	49,275	Zanja
96	2,31	51,275	48,965	Zanja
97	1,45	51,275	49,825	Eje
98	1,465	51,275	49,81	Eje
99	1,45	51,275	49,825	Eje
100	1,43	51,275	49,845	Eje
101	1,67	51,275	49,605	Umbral Der.
102	1,71	51,275	49,565	Umbral Izq.
103	1,865	51,275	49,41	Zanja



Tabla A.24 (continuación). Planilla de nivelación de campaña.
(Fuente: elaboración propia)

Est / Punto	Lecturas	P.V.	Cota	Observaciones
	Hm			
104	2,09	51,275	49,185	Zanja
105	1,98	51,275	49,295	Zanja
106	1,645	51,275	49,63	Centro calle
107	1,46	51,275	49,815	Eje
108	1,55	51,275	49,725	Eje
109	1,45	51,275	49,825	Eje
110		51,275		Eje
111	1,62	51,275	49,655	Umbral Der.
112	1,685	51,275	49,59	Umbral Izq.
113	1,505	51,275	49,77	Adelante
113	1,625	51,395	49,77	Atrás
114	1,91	51,395	49,485	Zanja
115	1,98	51,395	49,415	Zanja
116	1,55	51,395	49,845	Eje
117	1,525	51,395	49,87	Eje
118	1,545	51,395	49,85	Eje
119	1,875	51,395	49,52	Umbral Izq.
120	2,1	51,395	49,295	Umbral Der.
121	2	51,395	49,395	Cordon Cuneta
122	2	51,395	49,395	Cordon Cuneta
123	2,34	51,395	49,055	Zanja
124	2,3	51,395	49,095	Zanja
125	1,75	51,395	49,645	
126	1,54	51,395	49,855	Eje
127	1,54	51,395	49,855	Eje
128		51,395		
129	1,525	51,395	49,87	Eje
130	1,79	51,395	49,605	Umbral Der.
131	1,925	51,395	49,47	Umbral Izq.
132	1,705	51,395	49,69	Adelante
132	1,46	51,15	49,69	Atrás
133	1,35	51,15	49,8	
134	1,425	51,15	49,725	
135	1,28	51,15	49,87	Eje
136	1,39	51,15	49,76	
137		51,15	51,15	
138	1,285	51,15	49,865	Eje



Tabla A.24 (continuación). Planilla de nivelación de campaña.
(Fuente: elaboración propia)

Est / Punto	Lecturas	P.V.	Cota	Observaciones
	Hm			
139	1,25	51,15	49,9	Eje
140	1,545	51,15	49,605	Umbral Der.
141	1,48	51,15	49,67	Umbral Izq.
142	2,2	51,15	48,95	
143	1,75	51,15	49,4	Linea Municipal
144	2,21	51,15	48,94	Zanja
145	1,255	51,15	49,895	Eje
146	1,265	51,15	49,885	Eje
147	1,51	51,15	49,64	Linea Municipal
148	1,42	51,15	49,73	Umbral Der.
149	1,85	51,15	49,3	Zanja
150	2,06	51,15	49,09	Zanja
151	1,47	51,15	49,68	Zanja
152	2,16	51,15	48,99	Zanja
153	1,31	51,15	49,84	Eje
154	1,275	51,15	49,875	Eje
155	1,335	51,15	49,815	Eje
156	1,37	51,15	49,78	Eje
157	1,705	51,15	49,445	Umbral Der.
158		51,15	51,15	
159	2,63	51,15	48,52	Zanja
160	1,455	51,15	49,695	Adelante
160	1,56	51,255	49,695	Atrás
161	1,89	51,255	49,365	
162	1,94	51,255	49,315	
163	1,71	51,255	49,545	
164	1,76	51,255	49,495	
165	1,63	51,255	49,625	
166	1,59	51,255	49,665	
166 II	2,53	51,255	48,725	
166 III	2,1	51,255	49,155	
167	2,125	51,255	49,13	Umbral Izq.
168	2,18	51,255	49,075	
169	2,445	51,255	48,81	Zanja
170	1,685	51,255	49,57	
171	2,43	51,255	48,825	Zanja
172	2,14	51,255	49,115	
173	1,53	51,255	49,725	Eje



Tabla A.24 (continuación). Planilla de nivelación de campaña.
(Fuente: elaboración propia)

Est / Punto	Lecturas	P.V.	Cota	Observaciones
	Hm			
174	1,51	51,255	49,745	Eje
175	1,545	51,255	49,71	Eje
176	1,55	51,255	49,705	Eje
177	2,1	51,255	49,155	
178	2,24	51,255	49,015	
179	1,61	51,255	49,645	Adelante
179	1,4	51,045	49,645	Atrás
180	2,585	51,045	48,46	
181		51,045	51,045	
182	1,83	51,045	49,215	
183	3,06	51,045	47,985	Fondo alcantarilla
184	2,52	51,045	48,525	Centro calle
185	2,285	51,045	48,76	Alcantarilla
186	3,25	51,045	47,795	Fondo alcantarilla
187	2,22	51,045	48,825	Centro calle
188	1,49	51,045	49,555	
189	1,38	51,045	49,665	Eje
190	1,495	51,045	49,55	
191		51,045	51,045	
192	1,35	51,045	49,695	Adelante
192	1,47	51,165	49,695	Atrás
193	1,43	51,165	49,735	
194	1,445	51,165	49,72	
195	1,445	51,165	49,72	Eje
196	1,43	51,165	49,735	Eje
197	1,43	51,165	49,735	Eje
198	1,425	51,165	49,74	Eje
199	2,225	51,165	48,94	Calle 27
200	1,4	51,165	49,765	Eje
201	1,39	51,165	49,775	Eje
202	1,39	51,165	49,775	Adelante
202	1,61	51,385	49,775	Atrás
203	1,605	51,385	49,78	Eje
204	1,57	51,385	49,815	Eje
205		51,385		Eje
206	2,75	51,385	48,635	
207	1,57	51,385	49,815	Eje
208	1,58	51,385	49,805	Eje



Tabla A.24 (continuación). Planilla de nivelación de campaña.
(Fuente: elaboración propia)

Est / Punto	Lecturas	P.V.	Cota	Observaciones
	Hm			
209	1,55	51,385	49,835	Eje
210	1,55	51,385	49,835	Eje
211	1,555	51,385	49,83	Adelante
211	1,58	51,41	49,83	Atrás
212	1,53	51,41	49,88	Eje
213	1,5	51,41	49,91	Eje
214	1,8	51,41	49,61	Poste Electrico
215	1,955	51,41	49,455	Umbral Der.
216	1,82	51,41	49,59	Centro calle
217	1,535	51,41	49,875	Adelante
217	1,39	51,265	49,875	Atrás
218	1,585	51,265	49,68	
219	1,53	51,265	49,735	
220	1,54	51,265	49,725	
221	1,455	51,265	49,81	
222	1,68	51,265	49,585	
223	1,6	51,265	49,665	
224	1,76	51,265	49,505	
225	1,36	51,265	49,905	Eje
226	1,59	51,265	49,675	
227	1,78	51,265	49,485	
228	1,74	51,265	49,525	Poste Electrico
229	1,36	51,265	49,905	
230	1,66	51,265	49,605	
231	2,52	51,265	48,745	Centro calle
232	1,345	51,265	49,92	Eje
233	1,49	51,265	49,775	Adelante
233	1,525	51,3	49,775	Atrás
234	1,42	51,3	49,88	Eje
235	2,58	51,3	48,72	
236	1,485	51,3	49,815	Eje
237	1,53	51,3	49,77	Borde Calle
238	2,81	51,3	48,49	Zanja
239	0	51,3	51,3	
240	2,44	51,3	48,86	Centro Calle
241	3,27	51,3	48,03	Zanja
242	1,64	51,3	49,66	
243	3,05	51,3	48,25	



Tabla A.24 (continuación). Planilla de nivelación de campaña.
(Fuente: elaboración propia)

Est / Punto	Lecturas	P.V.	Cota	Observaciones
	Hm			
244	3,17	51,3	48,13	
245	2,31	51,3	48,99	
246	2,45	51,3	48,85	LM
247	2,9	51,3	48,4	Zanja
248	2,45	51,3	48,85	Poste Electrico
249	1,48	51,3	49,82	Eje
250	1,4	51,3	49,9	Atrás
250	1,325	51,225	49,9	Adelante
Aux 1	1,29	51,19	49,9	
PF 2	0,76	51,19	50,43	A.P.A. 180
251	1,505	51,225	49,72	
252	1,5	51,225	49,725	Eje
253	1,595	51,225	49,63	Poste Electrico
254	1,59	51,225	49,635	Eje
255	2,47	51,225	48,755	Zanja
256	2,245	51,225	48,98	Centro calle
257	2,43	51,225	48,795	Zanja
258	1,59	51,225	49,635	Eje
259	1,83	51,225	49,395	LM
260	2,405	51,225	48,82	
261	2,84	51,225	48,385	
262	1,77	51,225	49,455	Eje
263	1,83	51,225	49,395	Adelante
263	1,08	50,475	49,395	Atrás
264	1,275	50,475	49,2	Eje
265	1	50,475	49,475	Umbral Der.
266	2,01	50,475	48,465	Umbral Izq.
267	1,48	50,475	48,995	Eje
268	2,025	50,475	48,45	Calle Ceibo
269	2,285	50,475	48,19	Umbral Izq.
270	2,68	50,475	47,795	
271		50,475	50,475	
272	1,645	50,475	48,83	
Aux 2	1,28	50,11	48,83	
PF 3	0,665	50,11	49,445	A.P.A. 181
273	3,01	50,475	47,465	
274	1,815	50,475	48,66	
275	1,66	50,475	48,815	
276	2,36	50,475	48,115	
277	1,42	50,475	49,055	Adelante
277	1,6	50,655	49,055	Atrás
278	3,65	50,655	47,005	Fondo alcantarilla
279	2,84	50,655	47,815	Centro calle



Tabla A.24 (continuación). Planilla de nivelación de campaña.

(Fuente: elaboración propia)

Est / Punto	Lecturas	P.V.	Cota	Observaciones
	Hm			
280	1,79	50,655	48,865	
281	1,62	50,655	49,035	Eje
282	1,645	50,655	49,01	Eje
283	2,96	50,655	47,695	Adelante
283	2,7	50,395	47,695	Atrás
284	1,53	50,395	48,865	
285	1,815	50,395	48,58	
286	1,42	50,395	48,975	
287	3,09	50,395	47,305	
288	1,41	50,395	48,985	
289	1,775	50,395	48,62	
290	3,495	50,395	46,9	
291	1,34	50,395	49,055	Eje
292	1,545	50,395	48,85	Adelante
292	1,675	50,525	48,85	Atrás
293	1,505	50,525	49,02	Eje
294	1,58	50,525	48,945	
295	3,1	50,525	47,425	Alambrado YPF
296	1,265	50,525	49,26	Eje
297	1,4	50,525	49,125	
298	1,46	50,525	49,065	
299	1,44	50,525	49,085	
300	1,405	50,525	49,12	



ANEXO: CAPÍTULO 8

Tabla A.25. Cómputo y análisis de costo, tramo Resistencia.
(Fuente: elaboración propia)

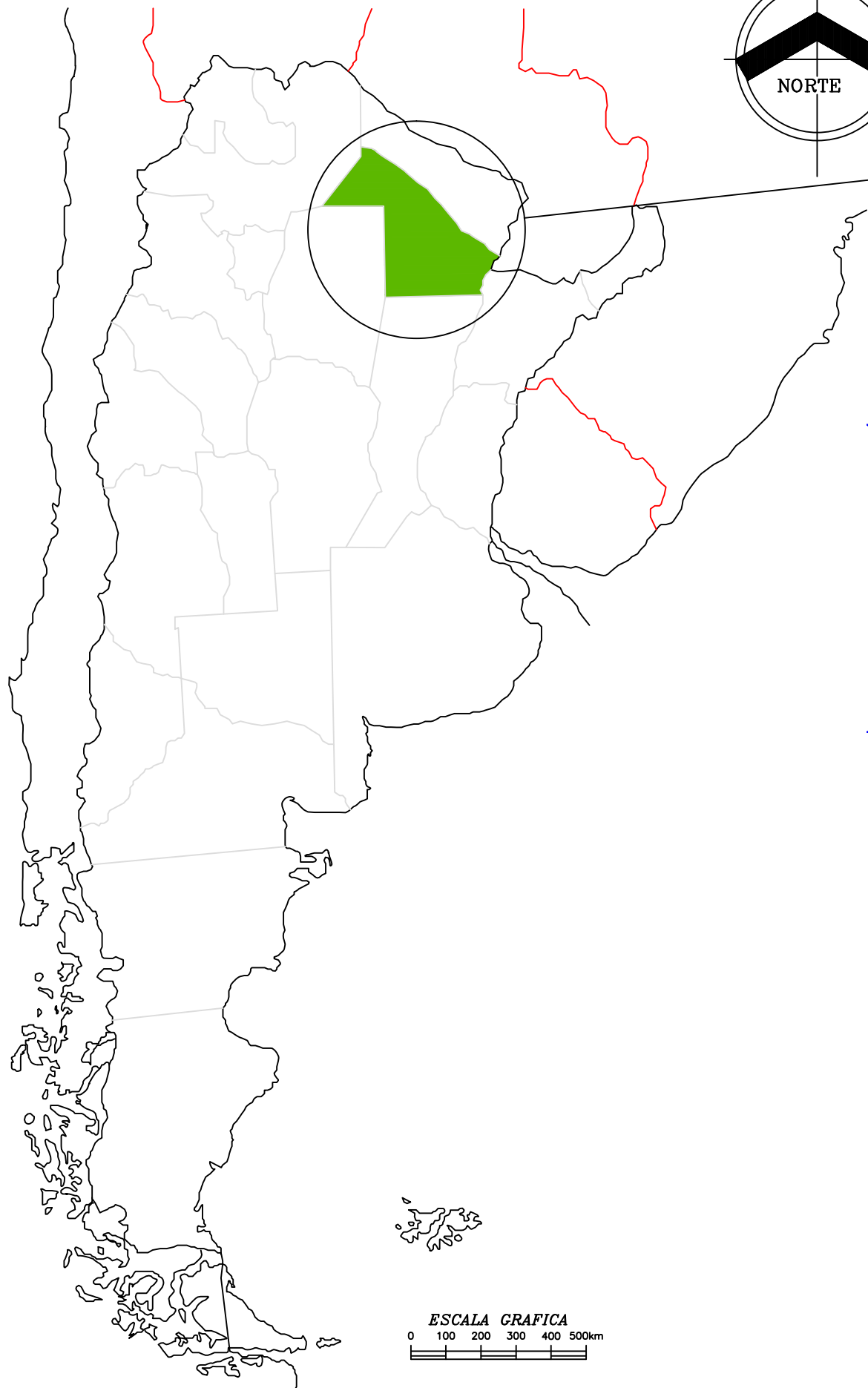
Número Rubro	Items	Designación de las obras	Unidad	Cantidad	COSTO-COSTO			Subtotal	Total del ítem	% de incidencia
					\$/u	Equipo/Mano de obra	Costos			
					\$/u	\$/u	\$/u			
1		Trabajos preliminares								
1.1		Demolición de estructuras existentes	m ²	29000	112,82 \$/m ²	3.271.780,00	\$	3.271.780,00	4,4%	
1.2		Limpieza y replanteo	m ²	31000	17,93 \$/m ²	555.830,00	\$	555.830,00		
1.3		Obrador	m ²	800	980,37 \$/m ²	784.296,00	\$	831.796,80		
1.4		Carrel de obra	u	1	115 \$/u	115,00	\$	10.695,00		
2		Movimiento de suelo								
2.2		Excavación común	m ³	390	98,72 \$/m ³	38.500,80	\$	38.500,80	0,3%	
2.3		Relleno con compactación manual	m ³	3040	103,53 \$/m ³	314.731,20	\$	314.731,20		
3		Paquete estructural								
3.2		Construcción de sub-base de arena cemento; e=15cm	m ³	6480	846,65 \$/m ³	5.486.292,00	\$	20.410.292,00	64,2%	
3.3		Construcción de calzada de hormigón simple H'30	m ³	10300	1296,48 \$/m ³	13.353.744,00	\$	43.740.804,00		
3.4		Construcción de coron de hormigón	m ³	180	2324,13 \$/m ³	418.343,40	\$	900.068,40		
3.5		Suelo cal	m ³	2160	915,00 \$/m ³	1.976.400,00	\$	2.808.000,00		
4		Canter central								
4.1		Aporte y colocación de suelo vegetal	m ³	1296	208,91 \$/m ³	270.747,36	\$	351.747,36	1,3%	
4.2		Plantación de césped	m ³	2880	224,70 \$/m ³	647.136,00	\$	1.007.136,00		
5		Señales luminosas								
5.1		Semaforos	un	16	11617,45 \$/u	185.879,20	\$	370.120,80	12,9%	
5.2		Iluminación LED c/instalación subterránea columnas simples	gl	120	57975,31 \$/u	6.957.037,20	\$	13.024.109,60		
6		Señalización horizontal								
6.1		Sendas peatonales y líneas de pare	m ²	792	1289 \$/m ²	1.020.705,84	\$	1.703.805,84	2,2%	
6.2		Señalamiento horizontal con material termoplastico reflectante - aplicado por extrusion 3mm	m ²	530	427,62 \$/m ²	226.638,60	\$	586.376,10		
7		Señalización vertical								
7.1		Señalamiento vertical con lámina de alta intensidad	un	93	4634 \$	430.922,01	\$	624.574,05	0,6%	
8		Veredas y accesos								
8.1		Ejecución de veredas	m ²	8333	799,11 \$/m ²	6.659.250,00	\$	11.659.250,00	11,5%	
8.2		Rampas para personas con discapacidad	un	128	358,85 \$/u	45.932,80	\$	446.420,80		
9		Drenaje Pluvial								
9.1		Sumideros	un	58	5625 \$/un	326.250,00	\$	326.250,00	2,7%	
9.2		Cañería PVC Ø 0,60m	m	1126,8	320 \$/m	360.576,00	\$	1.519.771,60		
9.3		Cañería PVC Ø 0,70m	m	108	320 \$/m	34.560,00	\$	253.394,80		
9.4		Cañería PVC Ø 0,80m	m	228,8	320 \$/m	73.216,00	\$	605.176,00		
9.5		Cañería PVC Ø 0,90m	m	41,2	320 \$/m	13.184,00	\$	121.334,00		
Total								\$	105.667.959,35	100,0%



Tabla A.26. Cómputo y análisis de costo, tramo Barranqueras.
(Fuente: elaboración propia)

Número Rubro Items	Designación de las obras	Unidad	Cantidad	COSTO-COSTO			Subtotal	Total del Item	% de incidencia
				\$/u	Equipo/Mano de obra	Costos			
1 Trabajos preliminares									
1.1	Demolición de estructuras existentes	m ²	43500	112,82	\$/m ²	\$ 4.907.670,00	\$ 4.907.670,00	6,2%	
1.2	Limpieza y replanteo	m ²	46500	17,93	\$/m ²	\$ 833.745,00	\$ 833.745,00		
1.3	Obrador	m ²	800	980,37	\$/m ²	\$ 784.296,00	\$ 47.500,80		
1.4	Cartel de obra	u	1	115	\$/u	\$ 115,00	\$ 10.695,00		
2 Movimiento de suelo									
2.2	Excavación común	m ³	585	98,72	\$/m ³	\$ 57.751,20	\$ 57.751,20	0,5%	
2.3	Relleno con compactación manual	m ³	4560	103,53	\$/m ³	\$ 472.096,80	\$ 472.096,80		
3 Paquete estructural									
3.2	Construcción de sub-base de arena cemento; e=15cm	m ³	7020	846,65	\$/m ³	\$ 5.943.483,00	\$ 820,00	\$ 5.756.400,00	\$ 11.699.883,00
3.3	Construcción de calzada de hormigón simple H-30	m ³	9636	1296,48	\$/m ³	\$ 12.492.881,28	\$ 2.950,20	\$ 28.428.127,20	\$ 40.921.008,48
3.4	Construcción de cordón de hormigón	m ³	270	2324,13	\$/m ³	\$ 627.515,10	\$ 2.676,25	\$ 722.587,50	\$ 1.350.102,60
3.5	Suelo cal	m ³	2340	915,00	\$/m ³	\$ 2.141.100,00	\$ 385,00	\$ 900.900,00	\$ 3.042.000,00
4 Cantero central									
4.1	Aporte y colocación de suelo vegetal	m ³	1944	208,91	\$/m ³	\$ 406.121,04	\$ 62,50	\$ 121.500,00	\$ 527.621,04
4.2	Plantación de césped	m ³	4320	224,70	\$/m ³	\$ 970.704,00	\$ 125,00	\$ 540.000,00	\$ 1.510.704,00
5 Señales luminosas									
5.1	Semáforos	un	16	11617,45	\$/u	\$ 185.879,20	\$ 23.132,55	\$ 370.120,80	\$ 556.000,00
5.2	Iluminación LED c/instalación subterránea columnas simples	gl	180	57975,31	\$/u	\$ 10.435.555,80	\$ 50.538,94	\$ 9.100.608,60	\$ 19.536.164,40
6 Señalización horizontal									
6.1	Sendas peatonales y líneas de pare	m ²	1188	1289	\$/m ²	\$ 1.531.058,76	\$ 862,50	\$ 1.024.650,00	\$ 2.555.708,76
6.2	Señalamiento horizontal con material termoplástico reflectante	m ²	795	427,62	\$/m ²	\$ 339.957,90	\$ 678,75	\$ 539.606,25	\$ 879.564,15
7 Señalización vertical									
7.1	Señalamiento vertical con lámina de alta intensidad	un	139	4634	\$/u	\$ 644.066,23	\$ 2.082,28	\$ 289.436,92	\$ 933.503,15
8 Veredas y accesos									
8.1	Ejecución de veredas	m ²	7500	799,11	\$/m ²	\$ 5.993.325,00	\$ 600,00	\$ 4.500.000,00	\$ 10.493.325,00
8.2	Rampas para personas con discapacidad	un	128	358,85	\$/u	\$ 45.932,80	\$ 3.128,81	\$ 400.488,00	\$ 446.420,80
9 Drenaje Pluvial									
9.1	Sumideros	un	86	5625	\$/un	\$ 483.750,00	\$ -	\$ -	\$ 483.750,00
9.2	Cañería PVC Ø 0,60m	m	1690,2	320	\$/m	\$ 540.864,00	\$ 1.028,75	\$ 1.738.793,40	\$ 2.279.657,40
9.3	Cañería PVC Ø 0,70m	m	162	320	\$/m	\$ 51.840,00	\$ 2.026,25	\$ 328.252,20	\$ 380.092,20
9.4	Cañería PVC Ø 0,80m	m	343,2	320	\$/m	\$ 109.824,00	\$ 2.325,00	\$ 797.940,00	\$ 907.764,00
9.5	Cañería PVC Ø 0,90m	m	61,8	320	\$/m	\$ 19.776,00	\$ 2.625,00	\$ 162.225,00	\$ 182.001,00
Total							\$ 105.799.139,78	\$ 182.001,00	100,0%

REPÚBLICA ARGENTINA



PROVINCIA de SALTA

PROVINCIA de FORMOSA

PROVINCIA de SANTIAGO DEL ESTERO

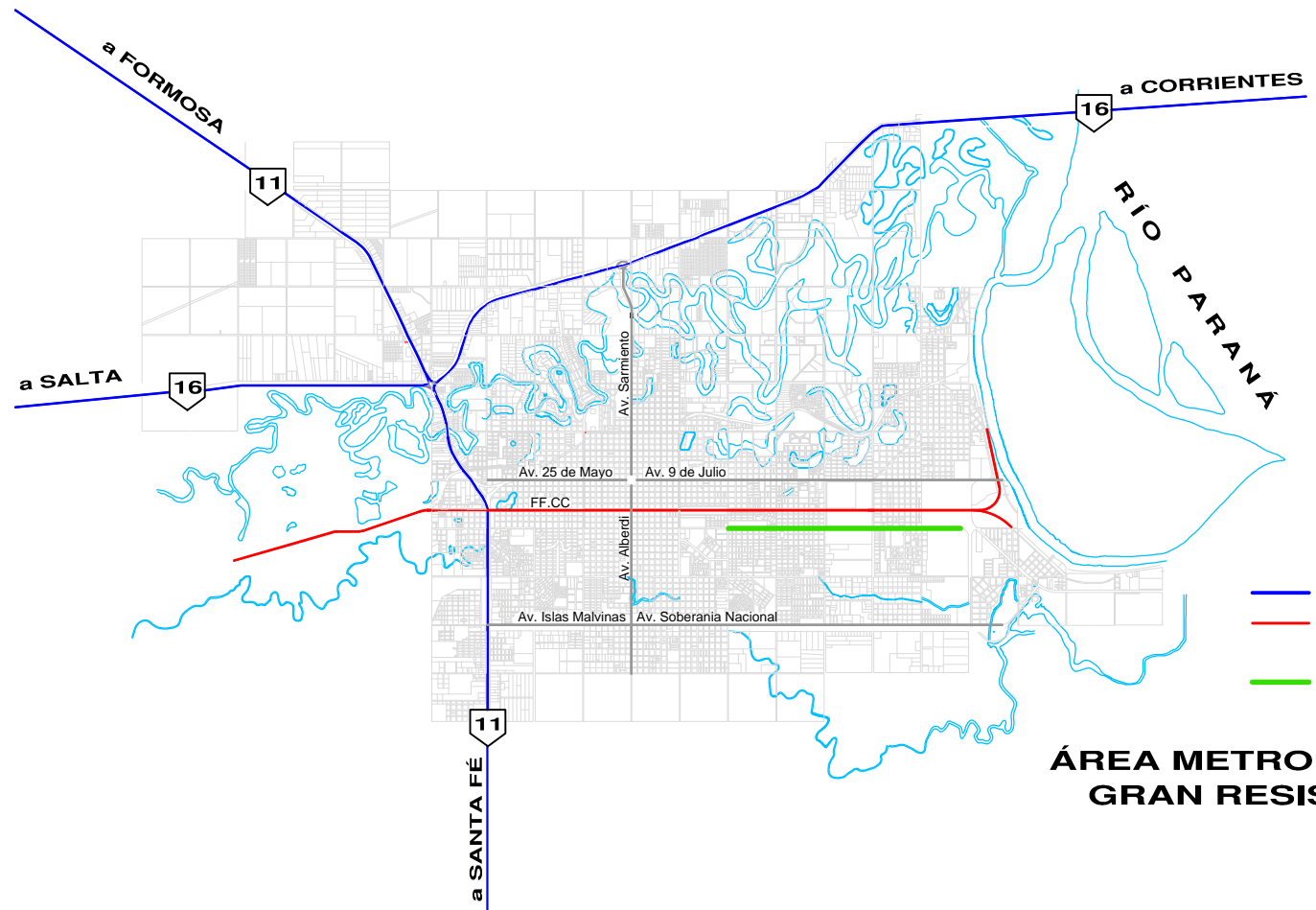
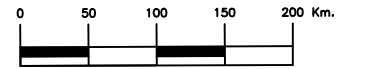
PROVINCIA del CHACO

RESISTENCIA
Barranqueras

CORRIENTES
PROVINCIA de CORRIENTES

PROVINCIA de SANTA FÉ

ESCALA GRAFICA



- Rutas Nacionales
- Vías FF.CC
Gral. Manuel Belgrano
- Av. Castelli
Tramo de estudio

**ÁREA METROPOLITANA
GRAN RESISTENCIA**

 **Universidad Nacional del Nordeste** Facultad de Ingeniería

Alumnos:
Barreto, Federico LU N° 15.369
García, Diego A. LU N° 14.214
de Virgilio, Pablo A. LU N° 13.512

Tutor: Ing. Tulio Altamirano

Fecha: Noviembre 2018

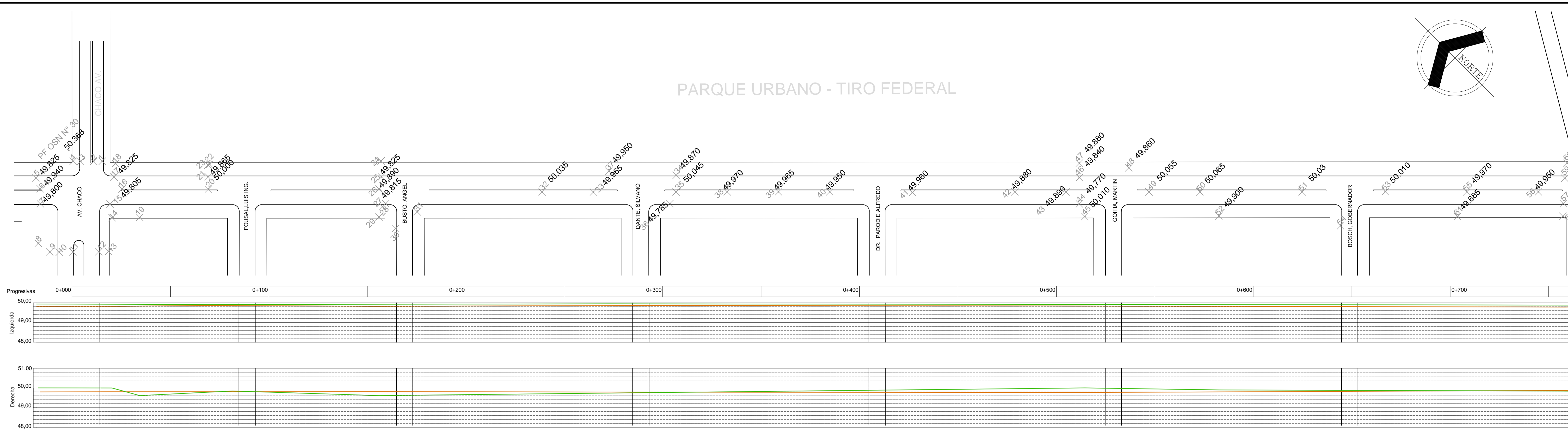
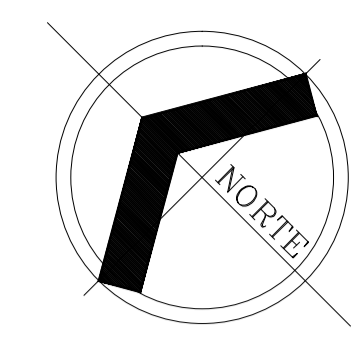
Ubicación

Plano N° 1

Trabajo Final de Carrera

Reacondicionamiento de la Av. Castelli
entre Av. Chaco y Av. Mosconi
Resistencia, Chaco

PARQUE URBANO - TIRO FEDERAL



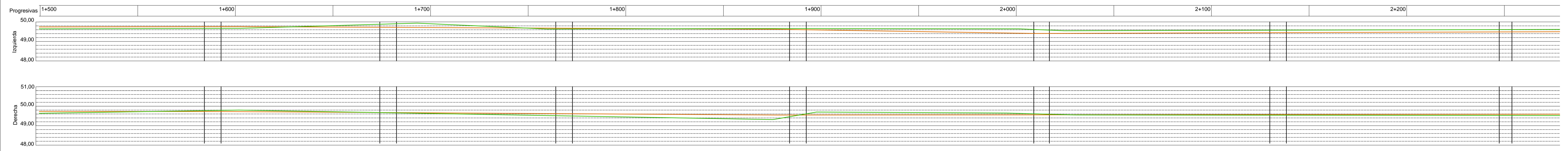
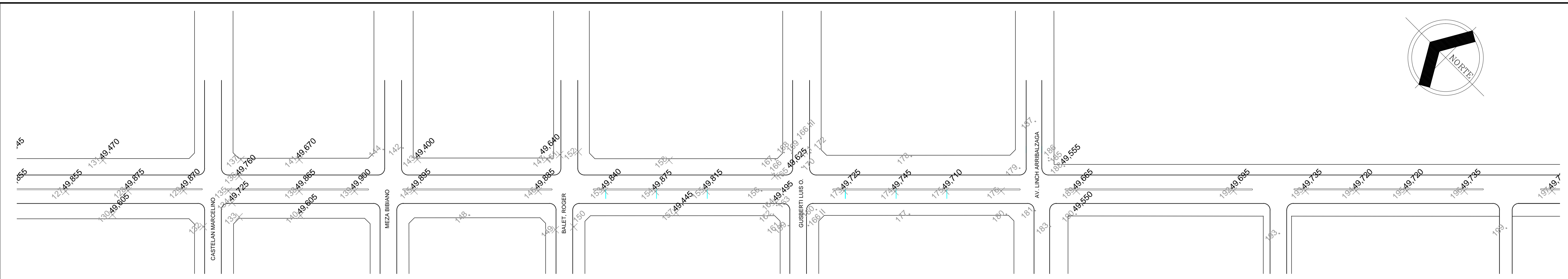
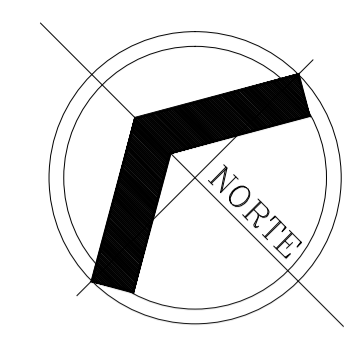
- Referencias**
- Umbrales
 - Bordes de calle
 - Punto Nivelado

Universidad Nacional del Nordeste Facultad de Ingeniería		Planimetría de relevamiento Trabajo Final de Carrera	
Alumnos: Barreto, Federico LU N° 15.369 García, Diego A. LU N° 14.214 de Virgilio, Pablo A. LU N° 13.512		Reacondicionamiento de la Av. Castelli entre Av. Chaco y Av. Mosconi Resistencia, Chaco	
Tutor: Ing. Tulio Altamirano		Reacondicionamiento de la Av. Castelli entre Av. Chaco y Av. Mosconi Resistencia, Chaco	
Fecha: Noviembre 2018		Esc. Long 1:1000 Esc. Ver 1:100	Plano N° 2



- Referencias**
- Umbrales
 - Bordes de calle
 - Punto Nivelado

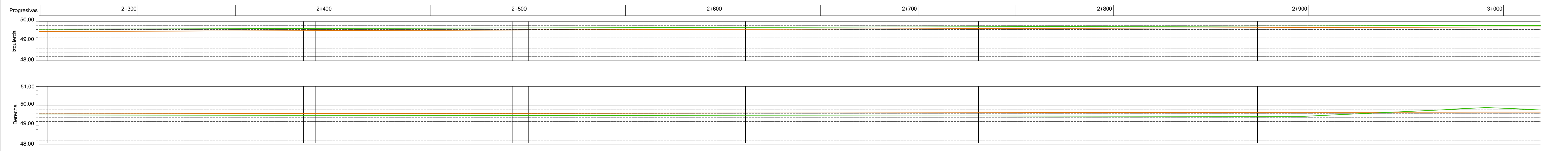
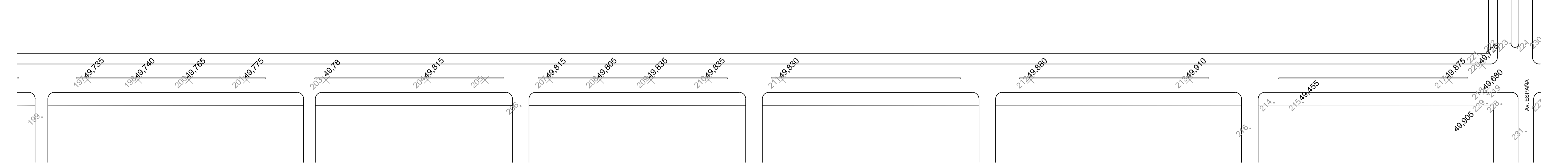
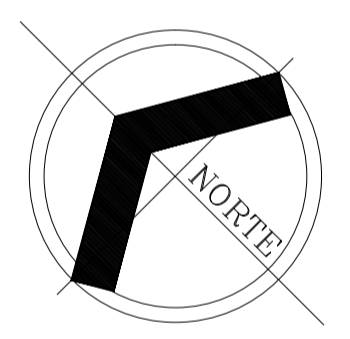
Universidad Nacional del Nordeste Facultad de Ingeniería		Planimetría de relevamiento Trabajo Final de Carrera	
Alumnos: Barreto, Federico LU N° 15.369 García, Diego A. LU N° 14.214 de Virgilio, Pablo A. LU N° 13.512		Reacondicionamiento de la Av. Castelli entre Av. Chaco y Av. Mosconi Resistencia, Chaco	
Tutor: Ing. Tulio Altamirano		Reacondicionamiento de la Av. Castelli entre Av. Chaco y Av. Mosconi Resistencia, Chaco	
Fecha: Noviembre 2018		Esc. Long 1:1000 Esc. Ver 1:100	Plano N° 3



- Referencias
- Umbrales
 - Bordes de calle
 - Punto Nivelado

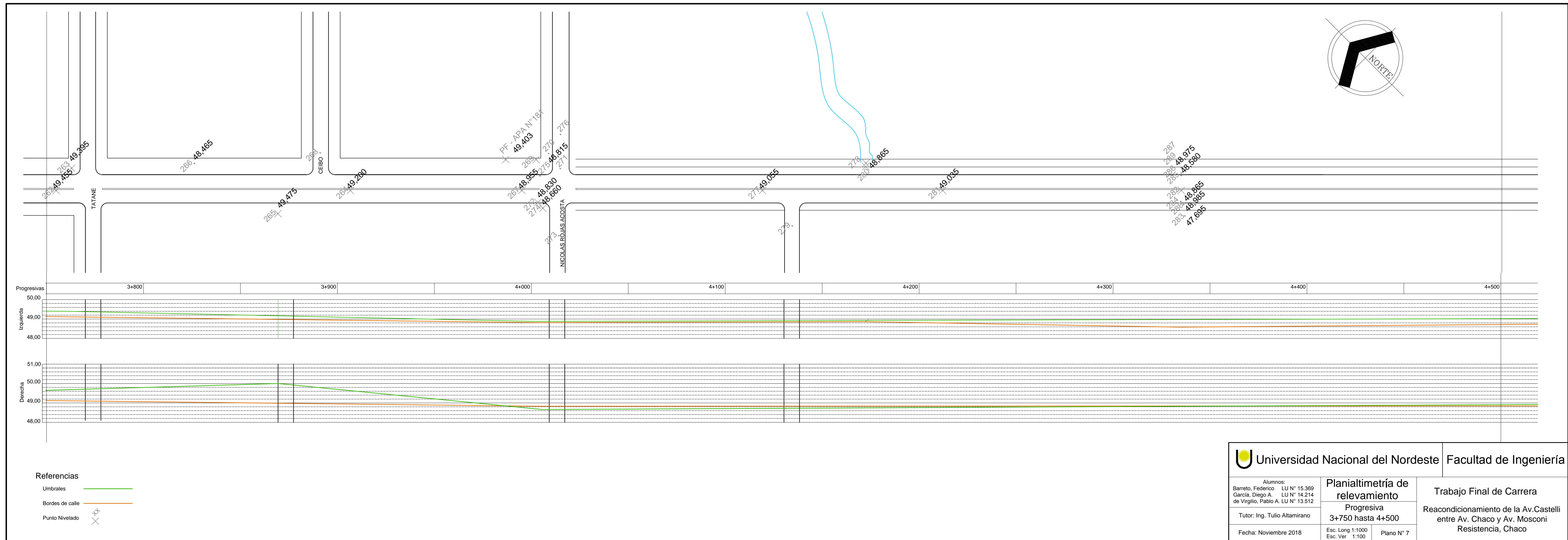
		Facultad de Ingeniería	
Alumnos: Barreto, Federico LU N° 15.369 García, Diego A. LU N° 14.214 de Virgilio, Pablo A. LU N° 13.512		Planialtimetría de relevamiento Progresiva 1+500 hasta 2+250	Trabajo Final de Carrera Reacondicionamiento de la Av. Castelli entre Av. Chaco y Av. Mosconi Resistencia, Chaco
Tutor: Ing. Tulio Altamirano			
Fecha: Noviembre 2018	Esc. Long 1:1000 Esc. Ver 1:100	Plano N° 4	

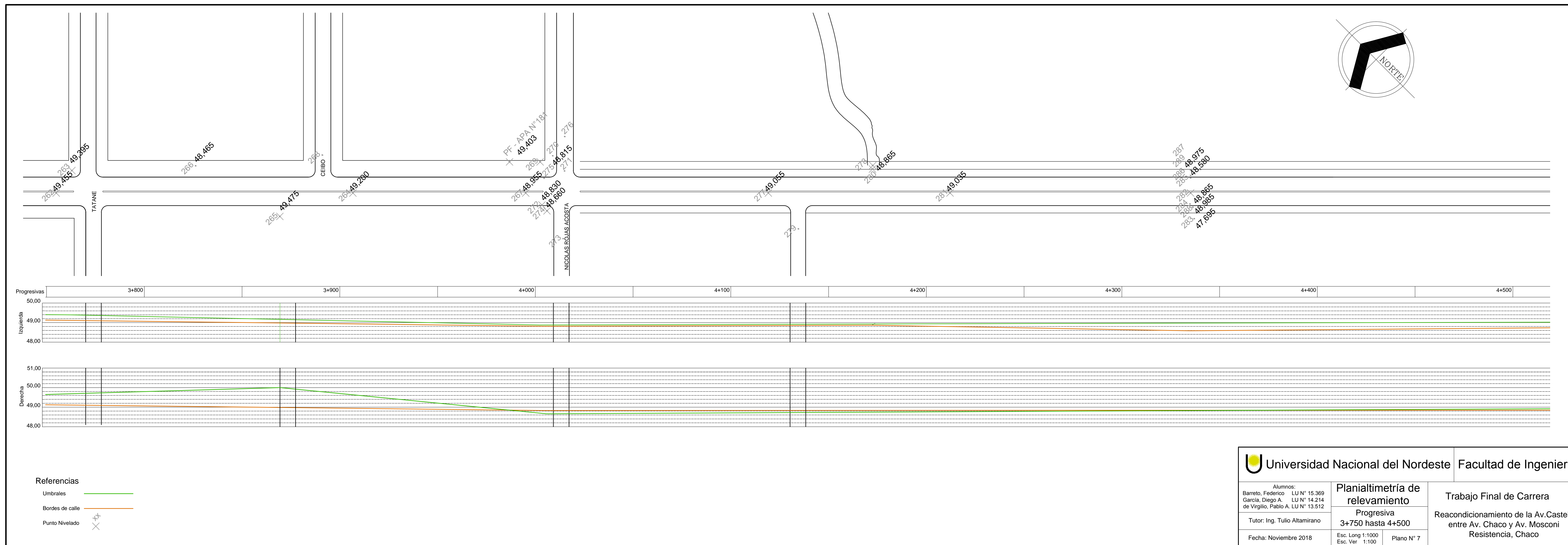
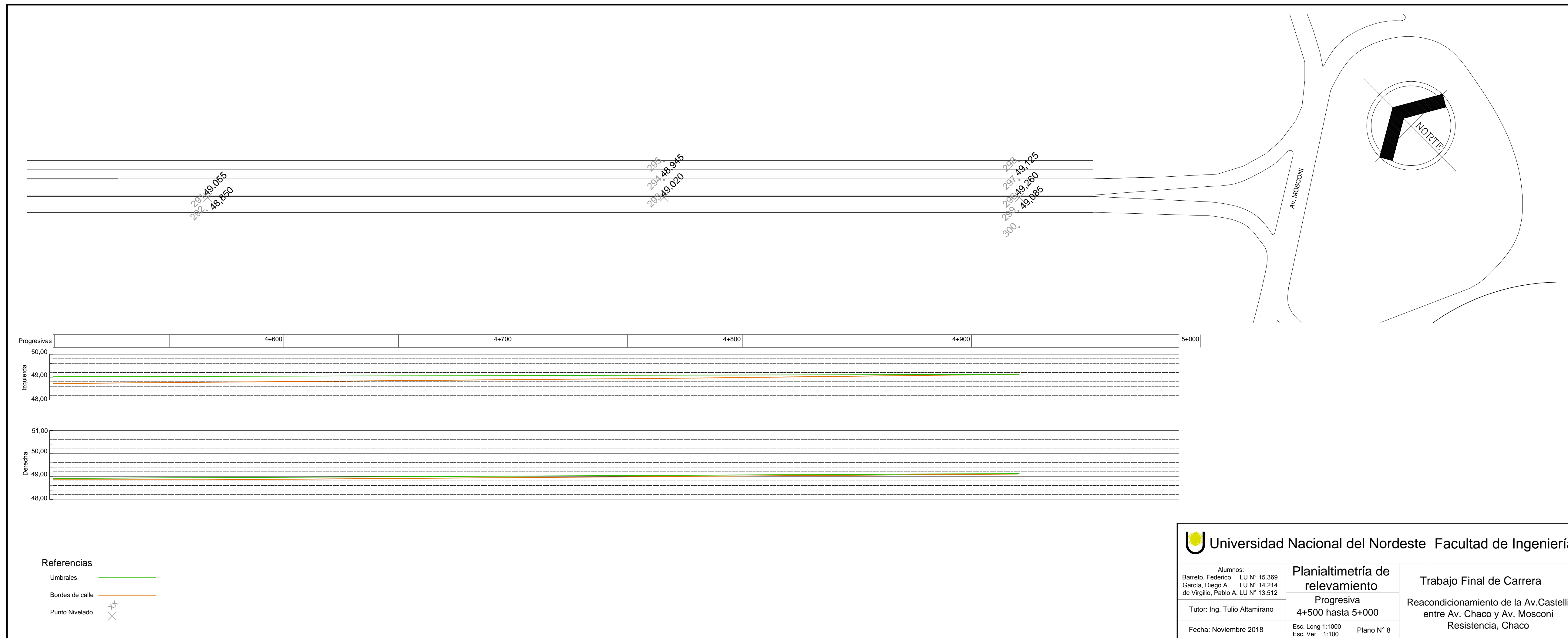
PREDIO EJERCITO ARGENTINO - DELEGACION RESISTENCIA

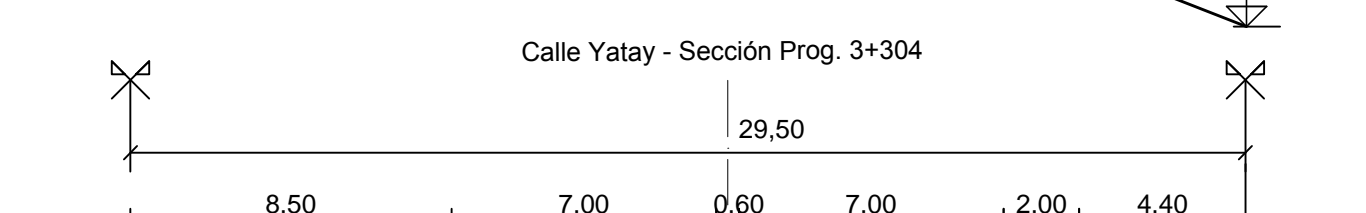
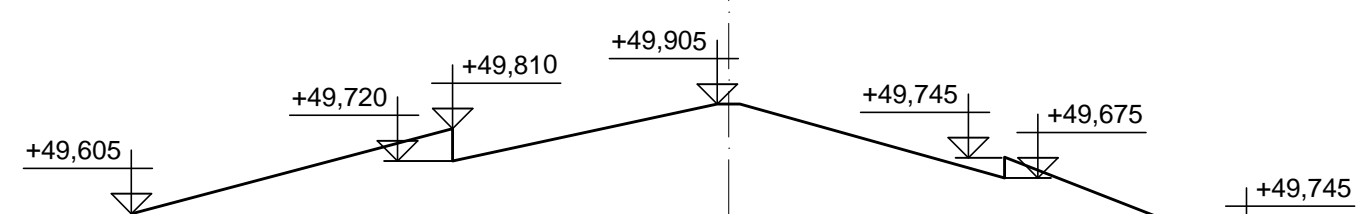
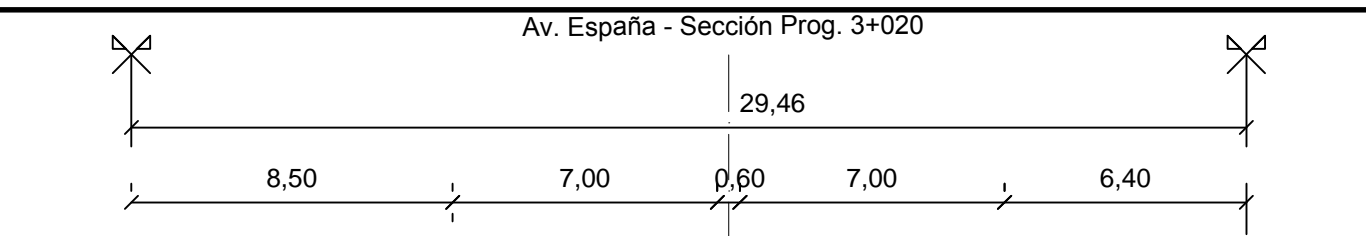
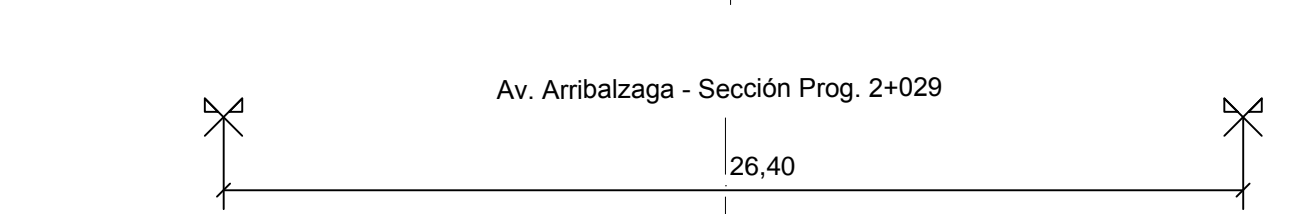
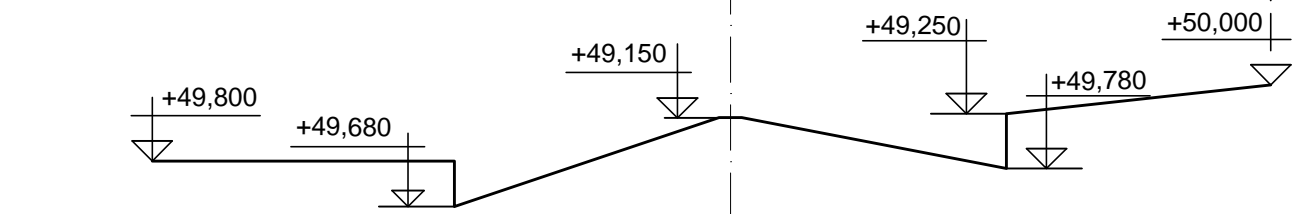
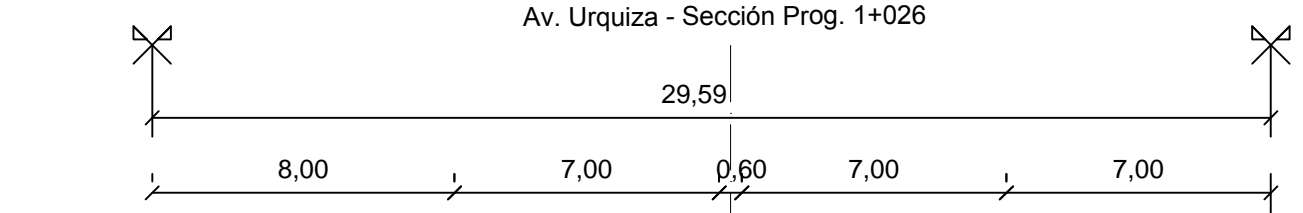
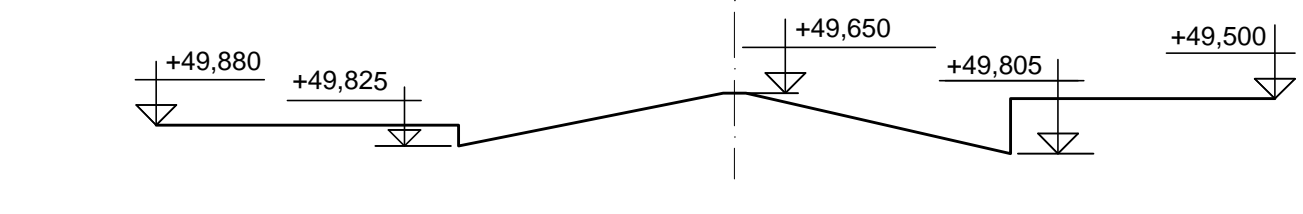
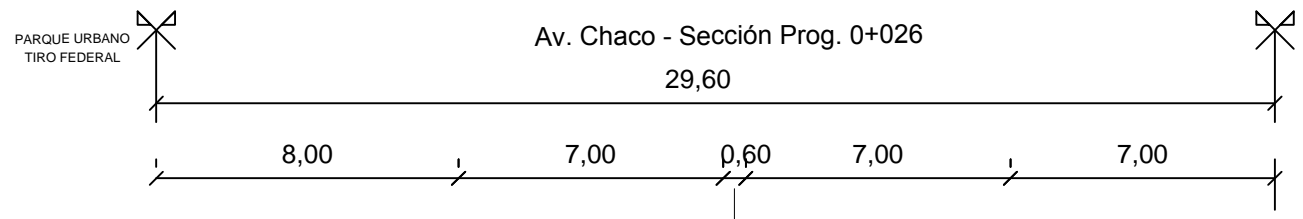


- Referencias
- Umbrales
 - Bordes de calle
 - Punto Nivelado

		Facultad de Ingeniería	
Alumnos: Barreto, Federico LU N° 15.369 García, Diego A. LU N° 14.214 de Virgilio, Pablo A. LU N° 13.512		Planialtimetría de relevamiento Progresiva 2+250 hasta 3+000	Trabajo Final de Carrera Reacondicionamiento de la Av. Castelli entre Av. Chaco y Av. Mosconi Resistencia, Chaco
Tutor: Ing. Tulio Altamirano			
Fecha: Noviembre 2018	Esc. Long 1:1000 Esc. Ver 1:100	Plano N° 5	

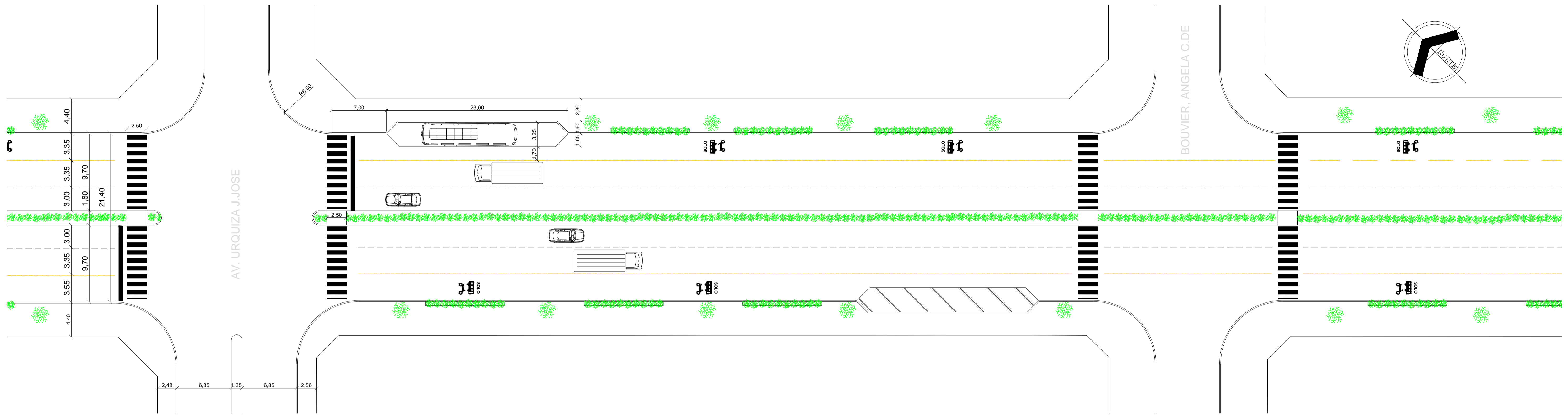




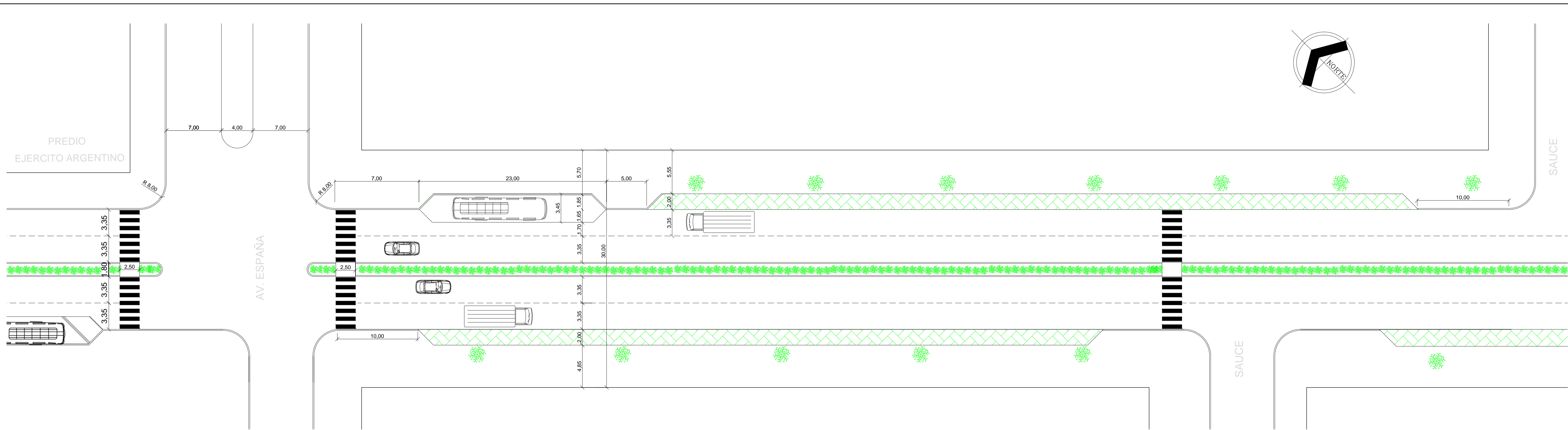


ALCANTARILLA AV. ARRIBALZAGA - Prog 2+016

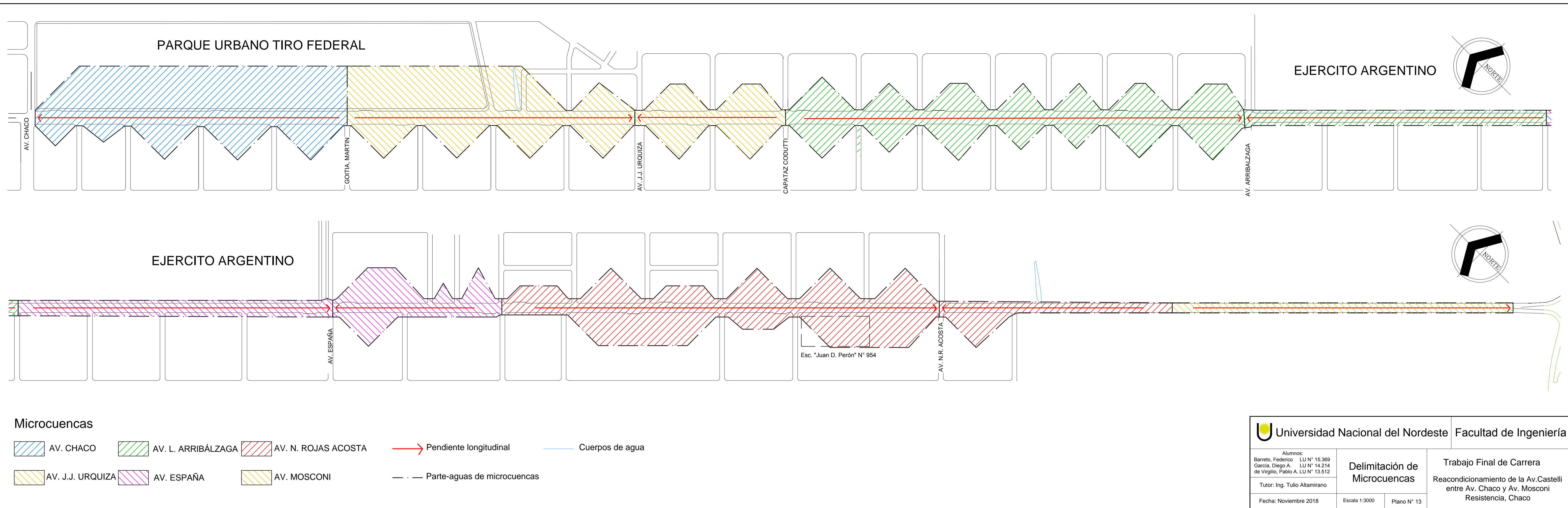
Alumnos: Barreto, Federico LU N° 15.369 García, Diego A. LU N° 14.214 de Virgilio, Pablo A. LU N° 13.512		Relevamiento topográfico	Trabajo Final de Carrera Reacondicionamiento de la Av.Castelli entre Av. Chaco y Av. Mosconi Resistencia, Chaco
Tutor: Ing. Tulio Altamirano			
Fecha: Noviembre 2018	Esc. Horiz. 1:200 Esc. Ver. 1:20	Plano N° 9	



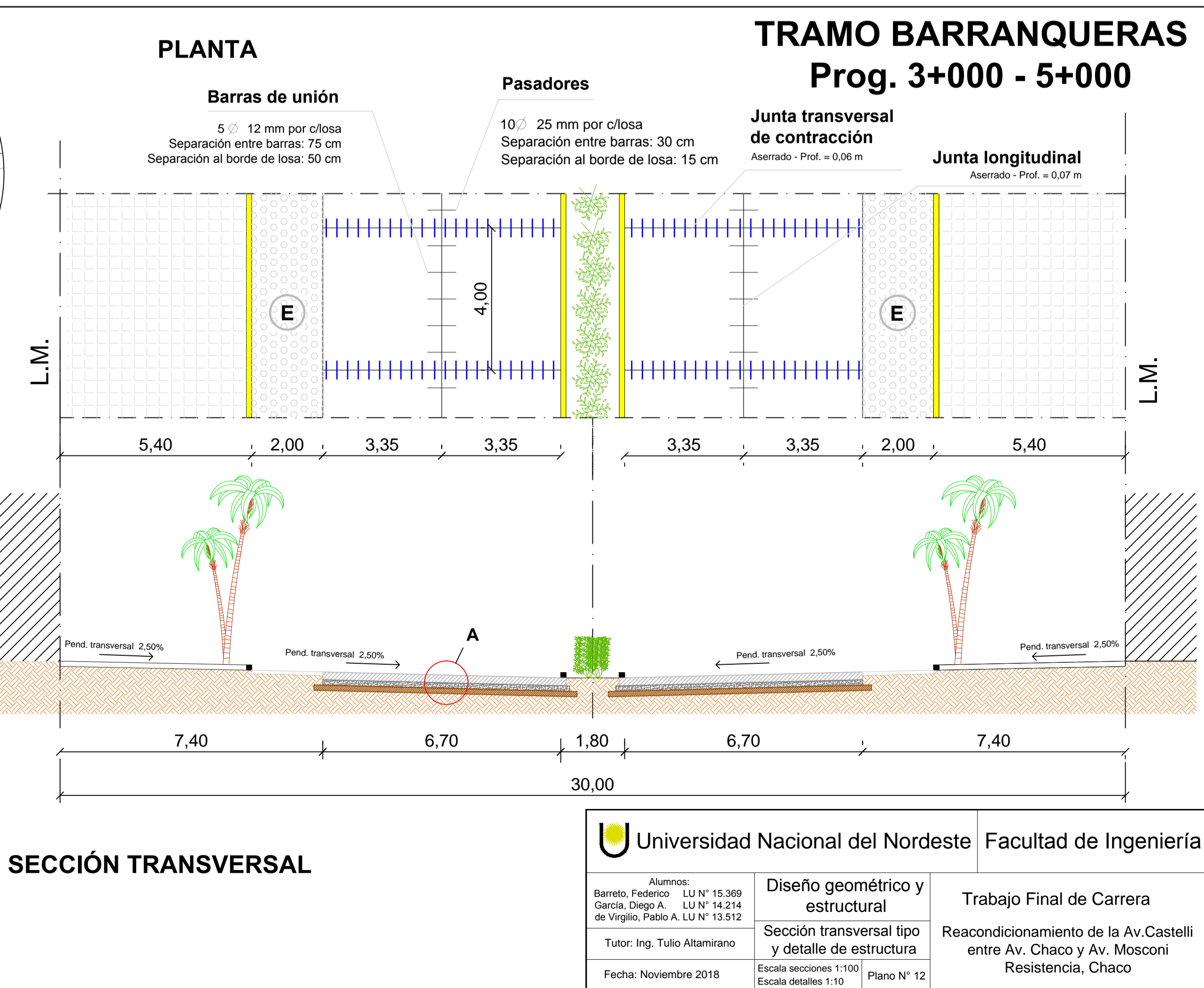
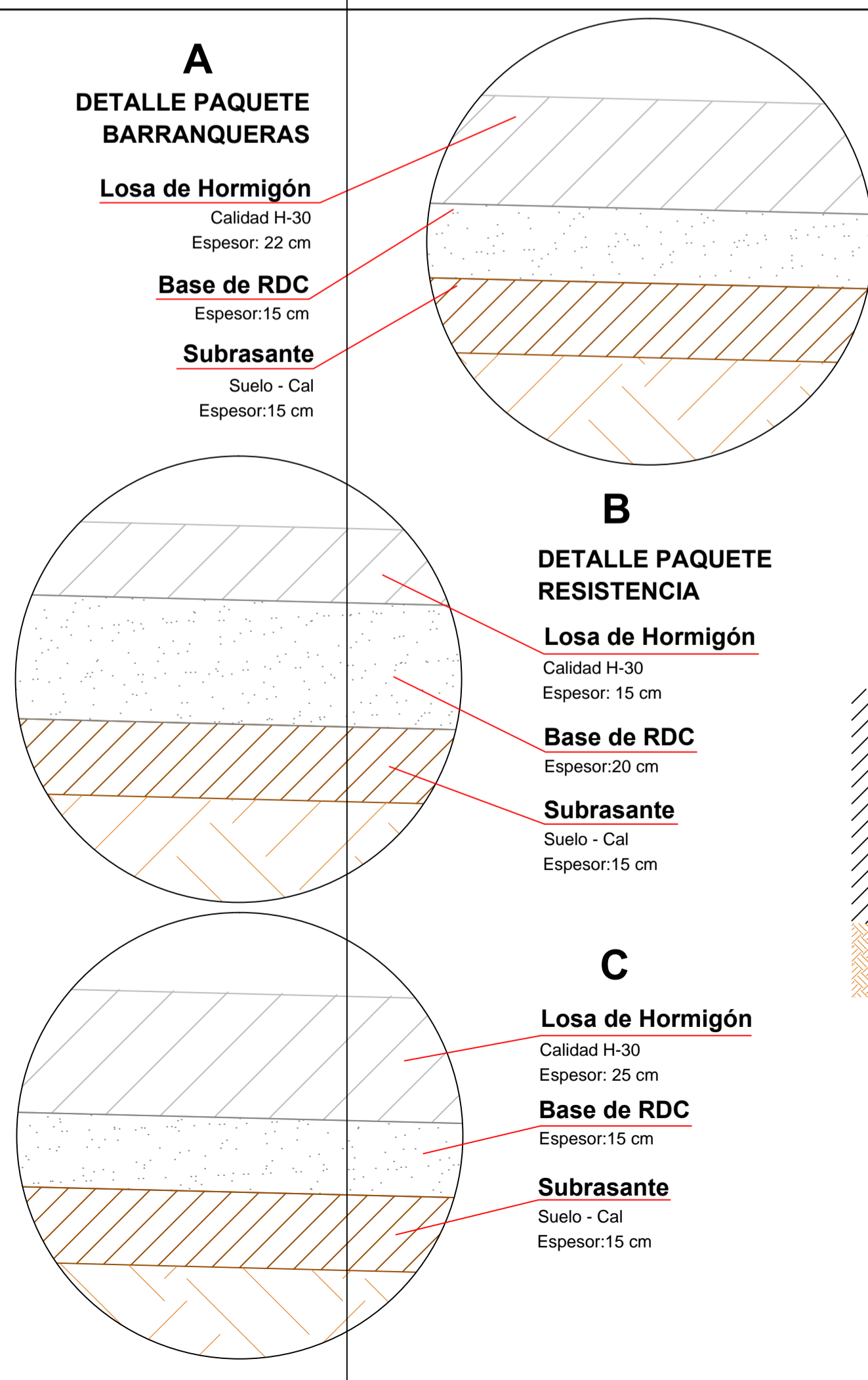
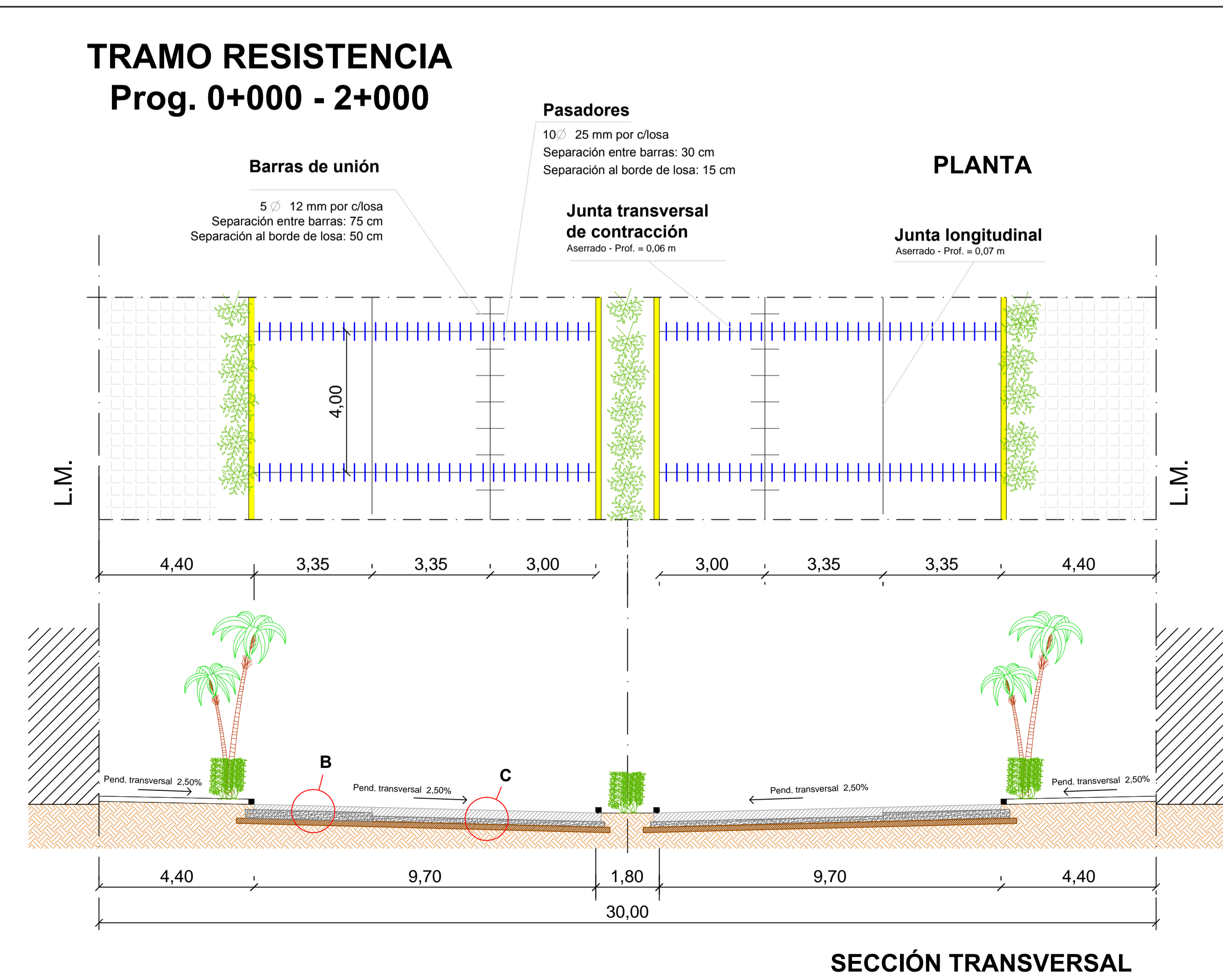
Universidad Nacional del Nordeste		Facultad de Ingeniería	
Alumnos: Barreto, Federico LU N° 15.369 García, Diego A. LU N° 14.214 de Virgilio, Pablo A. LU N° 13.512		Diseño geométrico Planimetría tipo	Trabajo Final de Carrera
Tutor: Ing. Tulio Altamirano		Prog. 0+000 - 2+000	Reacondicionamiento de la Av. Castelli entre Av. Chaco y Av. Mosconi Resistencia, Chaco
Fecha: Noviembre 2018		Escala 1:250	



Universidad Nacional del Nordeste		Facultad de Ingeniería	
Alumnos: Barreto, Federico LU N° 15.369 García, Diego A. LU N° 14.214 de Virgilio, Pablo A. LU N° 13.512		Diseño geométrico Planimetría tipo	Trabajo Final de Carrera
Tutor: Ing. Tulio Altamirano		Prog. 2+000 - 5+000	Reacondicionamiento de la Av. Castelli entre Av. Chaco y Av. Mosconi Resistencia, Chaco
Fecha: Noviembre 2018		Escala 1:250	



Facultad de Ingeniería	
Alumnos: Barreto, Federico LU N° 15.369 García, Diego A. LU N° 14.214 de Virgilio, Pablo A. LU N° 13.512	Delimitación de Microcuenclas
Tutor: Ing. Tulio Altamirano	Trabajo Final de Carrera Reacondicionamiento de la Av. Castelli entre Av. Chaco y Av. Mosconi Resistencia, Chaco
Fecha: Noviembre 2018	Escala 1:3000 Plano N° 13



Facultad de Ingeniería	
Alumnos: Barreto, Federico LU N° 15.369 García, Diego A. LU N° 14.214 de Virgilio, Pablo A. LU N° 13.512	Diseño geométrico y estructural
Tutor: Ing. Tulio Altamirano	Sección transversal tipo y detalle de estructura
Fecha: Noviembre 2018	Escala secciones 1:100 Escala detalles 1:10 Plano N° 12
Trabajo Final de Carrera Reacondicionamiento de la Av. Castelli entre Av. Chaco y Av. Mosconi Resistencia, Chaco	

