

RECONSTRUCCIÓN RUTA PROVINCIAL N° 89 AV. LOS CÓNDORES – POTRERILLOS

CANO, Nicolás - Legajo: 42.849
MARTINEZ, Gerónimo - Legajo: 42.638
MORGANTE, Gabriel – Legajo: 41.452
SIERRA, Belén – Legajo: 41.332

Director (o tutor) del trabajo: Esp. Ing. José Antonio Giunta
Integrantes de la cátedra: Tit.: Ing. Pablo Martín
JTP.: Ing. Gustavo Castro
Ayte.: Ing. Helvio Grili

2023

Facultad Regional Mendoza
Universidad Tecnológica Nacional
Departamento Ing. Civil
Cátedra: Proyecto Final

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos, personas que han sido un apoyo incondicional en todo este proceso para alcanzar la meta, compartiendo alegrías y aliviando los momentos difíciles.

A quienes forjaron nuestra profesión, cuerpo docente y auxiliares de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza, quienes brindaron todo su conocimiento, paciencia y experiencia.

Al Departamento de Estudios y Proyectos de la Dirección Provincial de Vialidad, provincia de Mendoza. De manera muy especial el agradecimiento a José Giunta, Daniel Navarro y Franco Faccio.

A compañeros, actuales y futuros colegas, quienes han sido mutuo aliento, compartiendo conocimientos y aprendizajes, persiguiendo el objetivo de ser buenos profesionales dedicados al trabajo y con valores loables.

RESUMEN

Estimado lector, el siguiente documento fue desarrollado por estudiantes de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, de la República Argentina, y conforma el Proyecto Final o Tesis de Grado para obtener la titulación de “ingeniero civil”. Este proyecto se ha generado con el objeto de la aplicación y extensión de los conocimientos adquiridos durante el estudio de la carrera, bajo el correcto y exhaustivo seguimiento de los docentes tutores seleccionados, a fin de resumir los pasos a considerar y desarrollar en la realización de un anteproyecto vial en específico.

Durante el desarrollo del presente, titulado: “RECONSTRUCCIÓN RUTA PROVINCIAL N° 89 – AV. LOS CÓNDORES – POTRERILLOS” encontrará: aspectos ingenieriles y socioeconómicos actuales a considerar para la realización de este proyecto vial (capítulo 1); formas de diagnóstico de patologías en pavimentos flexibles (capítulo 2); censos de tránsito y ulterior análisis y pronosis vehicular (capítulo 3); cálculo de espesores estructurales para pavimentos rígidos según PCA y flexibles según AASHTO '93 (capítulo 4); criterios de diseño geométrico de caminos, intersección, rotondas y retornos (capítulos 5 y 6); estudio de puentes y badenes (capítulo 7); cálculo de alcantarillas a partir de estudios hidrológicos (capítulo 8), y realización de cómputo métrico para cuantificación de tareas según Pliego Generales de la Dirección Provincial de Vialidad, Mendoza (capítulo 9).

Finalmente, la función del documento es exponer el proceso de proyección de la obra y sus cálculos, con el exclusivo fin de ser útil como material de consulta para proyectos académicos afines. La no inclusión en la documentación de alguna especificación o especificaciones relativas a algún ítem, no se exige al lector de efectuar tareas complementarias a fin de obtener mejores resultados o desarrollar técnicas distintas de cálculo o ejecución.

Palabras clave: ingeniería civil, proyecto, vialidad, carretera, ruta, rotonda, retorno, censo, tránsito, paquete estructural, pavimento rígido, pavimento flexible, drenajes, alcantarillas, cómputo.

TABLA DE CONTENIDOS - ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	II
TABLA DE CONTENIDOS - ÍNDICE	III
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XII
CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN	1
1.2. Ruta Provincial N° 89. Ubicación y extensión.	1
1.2. Proyecto de reconstrucción de la R.P. N° 89. Ubicación. Premisas.	3
1.3. Descripción del sitio.	12
1.3.1. Entorno. Reseña histórica.	12
1.3.2. Clima:	14
1.3.3. Hidrología:	15
1.3.4. Socioeconomía.	16
1.3.5. Población.	17
1.3.6. Transporte.	19
1.3.7. Usuarios frecuentes de la RP89.	20
CAPÍTULO 2 - ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN Y RELEVAMIENTOS	21
2.1. Situación actual de la Av. Los Cóndores (R.P. N° 89):	21
2.2. Serviciabilidad de pavimentos.	24
2.1.1. Factores que influyen en la pérdida de serviciabilidad de pavimentos.	28
2.1.2. Tipos de mantenimiento de pavimentos. Tácticas de conservación.	28
2.3 Diagnóstico de la estructura actual del pavimento	30
2.3.1 Fisuras Longitudinales	30
2.3.2 Piel de cocodrilo	30
2.3.3 Pérdida del agregado	31
2.3.4 Desgaste superficial	32

2.3.5 Baches	32
2.3.6. Técnicas de mantenimiento defectuosas	33
2.3.7 Banquina inexistente	34
2.4 Relevamiento fotográfico de puntos de interés	34
CAPÍTULO 3 - ANÁLISIS Y PROGNOSIS VEHICULAR	37
3.1 Introducción:	37
3.2. Censos de Tránsito:	38
3.2.1 Métodos para censar:	38
3.2.2. Estaciones censales. Tipos de censos:	39
3.3. Determinación del TMDA. Principios teóricos:	40
3.4. Determinación del TMDA para la Av. Los Cóndores – RP 89:	41
3.5. Prognosis a futuro del tránsito en Avenida Los Cóndores:	47
3.5.1. Tránsito Actual.	48
3.5.2. Crecimiento Normal del Tránsito.	49
3.5.3. Tránsito Generado/Atraído.	59
3.5.4. Tránsito Futuro Pronosticado.	59
3.6. Composición del tránsito a fin de periodo de diseño:	59
CAPÍTULO 4 – ESPEORES DE PAVIMENTOS	61
4.1. Introducción. Propuesta de repavimentación.	61
4.2. Estudios de suelo	65
4.2.1. Clasificación H.R.B. (Highway Research Board)	66
4.2.2. Perfil Edafológico del terreno	69
4.2.3. Tabla densidades del terreno natural	71
4.2.4. Tabla resumen características de suelo existente	71
4.3. Determinación de espesor Pavimento flexible – Método AASHTO 93	73
4.3.1. Grado de confiabilidad	76
4.3.2. Índice de serviciabilidad	79
4.3.3. Drenaje	79

4.3.4.	Determinación de los ejes cargados (W18) “ESALS”	81
4.3.5	Determinación de espesores	103
4.4.	Determinación de espesor Pavimento Rígido – Método PCA	110
4.4.1	Variables de diseño para el Método Portland Cement Association:	110
4.4.2	Procedimiento de verificación:	113
4.4	Resumen de paquetes estructurales a emplear:	120
4.5	Anexo de tablas y nomogramas:	121
CAPÍTULO 5 – DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO		125
5.1.	Introducción.	125
5.2	Criterios básicos para el diseño geométrico:	126
5.3	Principios generales en los Controles de Diseño. Premisas de diseño	127
5.3.1	Factores humanos:	127
5.3.2	Topografía:	128
5.3.3	Velocidad:	129
5.3.4	Tránsito:	131
5.3.5	Vehículos de diseño:	131
5.3.6	Factores ambientales:	134
5.3.7	Funciones de los caminos:	135
5.3.8	Administración de accesos:	136
5.4	Determinación de la categoría del camino	139
5.4.1	Consideraciones para el proyecto. Normativas de diseño vial urbano:	142
5.5	Parámetros de diseño geométrico	142
5.5.1	Distancia Visual de Detención (DVD):	142
5.5.2	Distancia Visual de Adelantamiento (DVA):	144
5.5.3	Distancia Visual de Decisión (DVDE):	146
5.5.4	Alineamientos horizontales:	146
5.5.5	Alineamiento altimétrico:	158
5.6	Sección Transversal del Proyecto	163

5.6.1 Ancho de la calzada:	167
5.6.2 Ancho de los estacionamientos:	168
5.6.3 Perfil transversal genérico:	170
Capítulo 6 – DISEÑO DE INTERSECCIÓN Y RETORNOS	171
6.1 Introducción:	171
6.1.1 Tipos básicos de intersección:	171
6.1.2 Factores que intervienen en la elección del tipo de intersección:	173
6.1.3 Principios de diseño:	173
6.1.4 Tipos de intersección según los valores de TMDA:	177
6.2 Diseño de intersección tipo rotonda moderna:	182
6.2.1 Criterios generales sobre la ubicación de rotondas modernas:	184
6.2.2 Diseño geométrico de la rotonda:	184
6.3 Retornos para giros en “U”	191
6.3.1 Consideraciones generales de diseño	191
6.3.2 Medianas anchas con cruces para giros en “U”	192
6.3.3 Localización y diseño de carriles para giros en “U”	193
Capítulo 7 – OBRAS DE ARTE MAYORES.	206
7.1 Puente Mayor	206
7.1.1 Condiciones actuales	206
7.1.2 Condiciones hidrológicas	209
7.1.3 Puente propuesto (Puente Mayor)	211
7.1.4 Dimensiones	212
7.2 Badén	216
7.2.1 Propuestas técnicas conceptuales	217
CAPÍTULO 8 – ESTUDIO HIDROLÓGICO. OBRAS DE ARTE.	220
8.1 Introducción	220
8.2 Determinación de cuencas afluentes a la RP89	221
8.3 Determinación de caudales. Método racional	222

8.3.1 Cuenca “E”	223
8.3 Cálculo de alcantarillas	227
8.3.1 Alcantarilla Alc_01, progresiva 0+249	227
8.3.2 Alcantarilla Alc_02, progresiva 0+590	229
8.3.3 Alcantarilla Alc_03, progresiva 0+796	232
8.3.4 Alcantarilla Alc_04, progresiva 1+160	234
8.3.5 Alcantarilla Alc_05, progresiva 2+261	237
8.3.6 Alcantarilla Alc_06, progresiva 2+740	239
8.3.7 Alcantarilla Alc_07, progresiva 2+960	242
8.3.8 Alcantarilla Alc_08, progresiva 3+023	244
8.4 Resumen alcantarillas de proyecto	246
CAPÍTULO 9 – COMPUTO MÉTRICO	247
9.1 Introducción	247
9.2 Itemizado de tareas constructivas para ejecutar el proyecto:	247
9.2.1 Erradicación de forestales	248
9.2.2 Demolición (de pavimentos asfálticos y de hormigones)	248
9.2.3 Terraplenes con compactación especial	248
9.2.4 Excavación para fundaciones de obras de arte	248
9.2.5 Excavación no clasificada	249
9.2.6 Bases y sub-bases estabilizadas de agregado pétreo y suelo	250
9.2.7 Imprimación con material bituminoso	250
9.2.8 Carpeta de concreto asfáltico en caliente (e= 5 cm), incluido riego de liga	250
9.2.9 Pavimento de hormigón H-30, e=0,23 m	250
9.2.10 Hormigón H-25	251
9.2.11 Hormigón H-17	251
9.2.12 Acero especial ADN 420 colocado	251
9.2.13 Vereda peatonal de hormigón a construir, e=0,08m	251
9.2.14 Ejecución de cuneta trapecial revestida con piedra	251

9.2.15 Construcción de cordones de hormigón	252
9.2.16 Construcción de defensa rígida tipo medio New Jersey	252
9.2.17 Baranda peatonal metálica	252
9.2.18 Relleno de tierra preparada para gramíneas	252
9.2.19 Provisión y colocación de rejas para bocas de limpieza	252
9.2.20 Puente sobre Río Blanco (estudio no contemplado en este proyecto)	253
9.2.21 Estructura de gaviones para protección de márgenes de Río Blanco (estudio no contemplado en este proyecto)	253
Capítulo 10 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN	254
LISTA DE REFERENCIAS	256
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	256
REFERENCIAS DIGITALES Y WEB	258
ANEXO – DOCUMENTACIÓN GRÁFICA	260

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Determinación de rangos de IRI y valores de PSI para diferentes condiciones de una superficie de rodamiento.	27
Tabla 2: Factores de conversión de TMDM a TMDA de la RN7.	46
Tabla 3: Valores de TMDA obtenidos de la corrección de los TMDM.	46
Tabla 4: Serie de valores medidos históricos y estimados a futuro del TMDA en el tramo 1 de la RN7.	53
Tabla 5: serie de valores medidos históricos y estimados a futuro del TMDA en el tramo 2 de la RN7.	54
Tabla 6: serie de valores medidos históricos y estimados a futuro del TMDA en el tramo 3 de la RN7.	55
Tabla 7: resumen de las variaciones interanuales de los tramos de la RN7 analizados.	58
Tabla 8: composición vehicular del tránsito en Av. Los Cóndores para el año 2046.	60
Tabla 9: Clasificación H.R.B. terreno natural en el tramo de proyecto.	69
Tabla 10: Densidad del terreno natural.	71
Tabla 11: Características del suelo existente.	72
Tabla 12: valores de confiabilidad recomendados por la AASHTO	77
Tabla 13: Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de confiabilidad.	78
Tabla 14: Valores del desvío estándar en función de la condición de diseño.	78
Tabla 15: Características de drenaje del material de base y/o sub-base granular.	80
Tabla 16: Valores de coeficientes de drenaje según la calidad de drenaje de la base o sub-base.	80
Tabla 17: carga máxima legal por configuración de ejes.	81
Tabla 18: Configuración y carga máxima legal por eje según DNV.	82
Tabla 19: clasificación vehicular censada por la DPV.	83
Tabla 20: transformación de los vehículos censados por la DPV a las configuraciones según DNV.	84
Tabla 21: Factor de distribución por trocha.	85
Tabla 22: Cantidad de vehículos de cada tipo que circulan por día en el carril de diseño.	85
Tabla 23: carga total por clasificación vehicular según Hipótesis A.	87
Tabla 24: obtención cantidad de ejes que circulan por día, año 2026 - Hipótesis A.	88
Tabla 25: obtención cantidad de ejes que circulan por día, año 2046 - Hipótesis A.	90
Tabla 26: Factores Equivalentes de Cargas (LEF) para pavimentos flexibles, ejes simples – pt=2,0.	91

Tabla 27: Factores Equivalentes de Cargas (LEF) para pavimentos flexibles, ejes tándem – pt=2,0.	92
Tabla 28: Factores Equivalentes de Cargas (LEF) para pavimentos flexibles, ejes trídem – pt=2,0.	93
Tabla 29: resumen de la obtención de ESAL's de 8,2ton (W18) que circularán por el carril de diseño para hipótesis A.	95
Tabla 30: Factores de crecimiento de tránsito para método simplificado.	97
Tabla 31: Porcentaje de vehículos pesados.	98
Tabla 32: resumen de la obtención de ESAL's de 8,2ton (W18) que circularán por el carril de diseño para hipótesis B, Método Simplificado.	99
Tabla 33: coeficientes “a” para determinación de ESAL's de diseño – Hipótesis C.	101
Tabla 34: Determinación de ejes de 10 tn – Hipótesis C.	102
Tabla 35: Resumen de parámetros de cálculo.	104
Tabla 36: cálculo de número estructural SN según parámetros propuestos.	110
Tabla 37: composición vehicular del TMDA 2026.	115
Tabla 38: cantidad de ejes a considerar por el Método PCA para el TMDA 2026.	116
Tabla 39: cantidad final de ejes por tipo de carga a considerar en el Método PCA.	116
Tabla 40: cantidad de ejes a considerar por el Método PCA para el año 2046, por crecimiento vegetativo.	117
Tabla 41: resultados del Método PCA en los criterios de fatiga y erosión.	120
Tabla 42: resumen de los paquetes estructurales proyectados.	120
Tabla 43: Velocidades directrices en función de la topografía del terreno.	129
Tabla 44: extracción de la Planilla N°1.	140
Tabla 45: extracción de la Lámina N°1.	141
Tabla 46: Peraltes máximos.	148
Tabla 47: peraltes máximos sugeridos según la categoría de la facilidad vial.	149
Tabla 48: características geométricas de las curvas horizontales adoptadas para el proyecto.	150
Tabla 49: valores de longitudes de espira mínimos recomendados, según el Proyecto de norma de diseño de la DNV 2010, y los adoptados.	153
Tabla 50: Valores calculados y de diseño para el ensanchamiento de la calzada en curvas de carretera de dos carriles, un sentido o dos sentidos.	155
Tabla 51: valores de sobreebanco sugeridos y adoptados para cada curva según el Greenbook 2011 de la AASHTO.	156

Tabla 52: valores de ordenada m1 para cada curva según proyecto de normas de la DNV 2010.	157
Tabla 53: interpolación lineal aproximada entre pendientes sugeridas por el atlas del Proyecto de Norma (DNV, 2010).	158
Tabla 54: pendientes verticales máximas.	159
Tabla 55: valores K básicos para curvas verticales convexas y cóncavas (DVD y DVA).	160
Tabla 56 (inicio): parámetros geométricos y resumen de curvas verticales adoptadas en el proyecto	161
Tabla 56 (fin): parámetros geométricos y resumen de curvas verticales adoptadas en el proyecto.	162
Tabla 57: anchos de pista mínimos recomendables y absolutos en recta, en metros.	168
Tabla 58: anchos de pista mínimos de bandas de estacionamiento, en metros.	169
Tabla 59: Anchos de giro requeridos por la plataforma circulatoria de las rotondas modernas.	185
Tabla 60: medidas geométricas mínimas para el diseño de giros en U en medianas.	195
Tabla 61: Verificación y redimensionado de los carriles de giro en U para cada retorno.	199
Tabla 62: Radios de curvatura sucesivos en los ramales de ingreso a los retornos.	204
Tabla 63: identificación de los parámetros de las cuencas.	223
Tabla 64: parámetro ω para el cálculo analítico de la intensidad I.	224
Tabla 65: Coeficientes de escorrentía para método racional.	226
Tabla 66: caudales máximos por cuenca según el Método Racional.	227
Tabla 67: Resumen de las alcantarillas proyectadas.	246

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: vista de la RP89 en su trayecto por el distrito La Carrera, de Tupungato.	1
Figura 2: imagen satelital de la extensión total de la RP89.	2
Figura 3: obras de repavimentación de la RP89 entre el acceso a El Salto y la localidad de Las Vegas.	3
Figura 4: Ubicación de la localidad de Potrerillos en la Provincia de Mendoza.	4
Figura 5: Extensión de la localidad de Potrerillos.	4
Figura 6: Imagen satelital del punto de inicio del proyecto.	5
Figura 7: imagen satelital de la extensión del proyecto.	5
Figura 8: imagen satelital del punto final del proyecto.	5
Figura 9: trazado tentativo del nuevo puente a proyectar.	6
Figura 10: intersección de la RP 89 y la antigua RN 7.	7
Figura 11: Situación actual de la calzada de la RPN°89.	8
Figura 12: Situación actual de la calzada de la RPN°89.	9
Figura 13: limitaciones espaciales por las pilas del puente de RN N°7 por sobre la RPN°89.	9
Figura 14: Casos de estacionamientos no regulados en los costados de la RPN°89.	10
Figura 15: Intersección de cauce aluvional seco con la RPN°89.	11
Figura 16: Badén existente en el cruce de la RPN°89 y el A° El Salto.	12
Figura 17: Imagen satelital de la Villa Potrerillos.	13
Figura 18: Variación de la temperatura diaria.	15
Figura 19: Cuenca del Río Blanco.	16
Figura 20a: distribución porcentual de acceso al desagüe público.	18
Figura 20b: distribución porcentual de acceso a la red de agua pública.	18
Figura 20c: Distribución porcentual de acceso a fuentes de combustible.	19
Figura 21: Tramo entre la Terminal de Potrerillos y la Villa.	20
Figura 22: alcantarilla prácticamente bloqueada.	22
Figura 23: Pérdida de la sección de escurrimiento del préstamo en margen norte.	22
Figura 24: Detrás del puente de hormigón, en desuso, se encuentra un bloqueo a la sección de escurrimiento del préstamo lateral a la RP89.	22
Figura 25: Piel de cocodrilo y fisuras de borde en la capa de rodamiento.	23
Figura 26: Pérdida de visibilidad luego del vértice de la curva vertical convexa.	23
Figura 27: Falta total de demarcación horizontal sobre la calzada.	24
Figura 28: Curvas típicas de pérdida de serviciabilidad.	26
Figura 29: Curva de serviciabilidad de un pavimento y estrategias de conservación.	29

Figura 30: Fisura longitudinal sobre pavimento existente.	30
Figura 31: Principios de formación de piel de cocodrilo a lo largo de toda la calzada.	31
Figura 32: Pérdida del agregado en capa de rodadura	31
Figura 33: Desgaste de capa de rodadura.	32
Figura 34: Baches a lo largo del tramo en estudio.	33
Figura 35: Bacheo de carpeta	33
Figura 36: Técnica de mantenimiento incorrecta aplicada en pavimento rígido.	34
Figura 37: Banquinas inexistentes y en mal estado.	34
Figura 38 – Zona homogénea para un censo de cobertura.	40
Figura 39 – Censo de tránsito semanal sobre RP89.	41
Figura 40 – Censo de tránsito semanal sobre RP89.	42
Figura 41: Tramo 1 - Acc. Destilería YPF - Acceso a Potrerillos.	43
Figura 42: Tramo 2 - Acceso a Potrerillos - Uspallata.	44
Figura 43: Tramo 3 - Uspallata – Acceso a Puente del Inca.	44
Figura 44 – Factores de conversión mensual a anual.	45
Figura 45: Curvas del crecimiento del tránsito para un periodo de diseño.	48
Figura 46: Sección de consultas de TMDA.	51
Figura 47: Curva de tendencia exponencial para la prognosis vehicular del tramo 1 en la RN7.56	
Figura 48: Curva de tendencia exponencial para la prognosis vehicular del tramo 2 en la RN7.56	
Figura 49: Curva de tendencia exponencial para la prognosis vehicular del tramo 3 en la RN7.57	
Figura 50: Censo de tránsito semanal sobre RP89.	60
Figura 51: Vida útil en función de la importancia del camino.	62
Figura 52: Tabla de clasificación H.R.B. de suelos para subrasante.	67
Figura 53: estratificación de los estudios de suelo.	70
Figura 54: Perfil edafológico del sitio.	71
Figura 55: Estructura de pavimento asfáltico.	73
Figura 56: AASHO Road Test.	74
Figura 57: AASHO Road Test.	75
Figura 58: área bajo la curva de distribución normal.	77
Figura 59: ábaco de relación CBR con MR de la sub-rasante.	105
Figura 60: Valor SN obtenido de software computacional ASHTO 93.	106
Figura 61: esquema tricapa del paquete estructural a dimensionar.	107
Figura 62: Coeficiente estructural para CAPAS ASFÁLTICAS.	108
Figura 63: Coeficiente Estructural para BASE GRANULAR.	108

Figura 64: Coeficiente Estructural para SUB-BASE GRANULAR.	109
Figura 65: Correlación del CBR con el módulo de reacción de la subrasante para distintos tipos de suelos.	113
Figura 66: Valores típicos de K combinado subrasante- base.	114
Figura 67: proyección del eje tridimensional de la obra vial en los planos X-Y (planimetría) y X-Z (altimetría).	126
Figura 68: Composición vehicular de la Av. Los Cóndores para el año 2046.	132
Figura 69: Medidas del vehículo de diseño tipo “P” y medidas mínimas de su trayectoria de giro.	133
Figura 70: medidas del vehículo de diseño tipo “WB-19” y medidas mínimas de su trayectoria de giro.	134
Figura 71: Jerarquía de movimientos.	135
Figura 72: Situación inicial del impacto cumulativo de desarrollo al costado del camino.	136
Figura 73: Situación intermedia del impacto cumulativo de desarrollo al costado del camino.	137
Figura 74: Situación final del impacto cumulative de desarrollo al costado del camino.	137
Figura 75: Reducción de puntos de conflicto de tránsito.	138
Figura 76: Reducción de puntos de conflicto en calzada indivisa.	138
Figura 77: Reducción de puntos de conflicto por la consolidación de accesos.	139
Figura 78: Reducción de puntos de conflicto en tránsito directo.	139
Figura 79: Distancia Visual de Detención.	143
Figura 80: Esquema del modelo para el cálculo de la DVA.	145
Figura 81: Elementos de una curva circular simple.	147
Figura 82: Fuerzas actuantes sobre un vehículo que circula por una curva horizontal.	147
Figura 83: trayectoria del vehículo semirremolque adoptado por la DNV.	154
Figura 84: distribución del sobreancho en curvas horizontales sin y con espirales de transición.	156
Figura 85: ordenada m1 libre de obstáculos en curvas horizontales para garantizar la DVD.	157
Figura 86: perfil transversal de “Avenida Tipo”.	166
Figura 87: perfil transversal de “Avenida con bulevar”.	167
Figura 88: dimensiones de las bandas y “box” de estacionamiento según su disposición.	169
Figura 89: perfil transversal genérico del proyecto.	170
Figura 90: intersecciones de tres ramas.	171
Figura 91: intersecciones de cuatro ramales.	172

Figura 92: intersecciones multirramal.	172
Figura 93: intersecciones tipo rotonda.	172
Figura 94: Ángulo entre ejes existentes de las trazas de la ex RN N°7 y la RP N°89.	174
Figura 95: puntos de conflicto en intersecciones y rotondas modernas.	175
Figura 96: Comparativa de velocidades de llegada y velocidad relativa en una intersección y una rotonda moderna.	176
Figura 97: Tipologías de intersecciones.	177
Figura 98: Prefactibilidad de intersecciones en función del TMDA, para zonas urbanas o semi-urbanas.	178
Figura 99: cantidad de vehículos pasantes y con giro a derecha e izquierda en la intersección RP 89 - ex RN 7, viernes 10 de Agosto de 2018.	179
Figura 100: cantidad de vehículos pasantes y con giro a derecha e izquierda en la intersección RP 89 - ex RN 7, sábado 11 de Agosto de 2018.	180
Figura 101: cantidad de vehículos pasantes y con giro a derecha e izquierda en la intersección RP 89 - ex RN 7, domingo 12 de Agosto de 2018.	180
Figura 102: diagrama para la selección de intersecciones señalizadas o giratorias (rotondas) en función del TMDA.	182
Figura 103: perfiles de velocidades de los vehículos al circular por una rotonda moderna.	183
Figura 104: Planteo de anillo de rotonda.	186
Figura 105: Ramales de salida de la rotonda.	187
Figura 106: Ramales de entrada a la rotonda.	188
Figura 107: Esquema en planta de retranqueos de narices de isletas y radios.	189
Figura 108: isletas partidoras en los ramales de la rotonda proyectada.	190
Figura 109: arreglo típico de carriles para maniobras de giro en U con giros indirectos hacia la izquierda en carreteras arteriales con medianas anchas.	193
Figura 110: Trayectorias mínimas para vehículo tipo WB-19.	196
Figura 111: Diseño de las isletas partidoras.	197
Figura 112: Dimensiones básicas en planta para las isletas partidoras y mediana en el Retorno N°2, progresiva 1+730 aproximadamente.	198
Figura 113: Dimensiones a verificar por las trayectorias del vehículo WB-19 en Vehicle Traking, al realizar la maniobra de giro en U en cada retorno.	198
Figura 114: Verificación de las trayectorias del vehículo de diseño WB-19 para la maniobra de giro en U en cada retorno, redimensionado de casos problemáticos y nueva verificación.	202

Figura 115: Vehículo de diseño WB-19 para la verificación de las maniobras en los retornos.	203
Figura 116: Estudio de intersección actual y puente existente.	207
Figura 117: Condiciones actuales del puente.	207
Figura 118: Estudio de dimensiones geométricas puente actual.	208
Figura 119: Escaso ancho de calzada, de único sentido de circulación.	208
Figura 120: Sección transversal del puente de proyecto.	212
Figura 121: Vista de planta general del proyecto.	213
Figura 122: Corte longitudinal Puente de proyecto.	214
Figura 123: Vista en planta puente de proyecto.	215
Figura 124: Badén existente.	216
Figura 125: Imagen de accidente automovilístico causado por crecidas en badenes.	217
Figura 126: Condiciones de socavación actuales	217
Figura 127: Esquema de composición de un badén.	218
Figura 128: Altura de los muros de cabezal.	218
Figura 129: protección con barreras metálicas actual del puente sobre el Río Blanco.	219
Figura 130: Cartelería vial sugerida a colocar sobre badén existente.	219
Figura 131: Imagen satelital con la traza del proyecto.	220
Figura 132: Imagen satelital en la que se ilustran las curvas de nivel obtenidas.	221
Figura 133: Imagen satelital ubicando las curvas de nivel con la traza del proyecto.	221
Figura 134: Imagen satelital ubicando las cuencas y cauces que intervienen en el proyecto vial.	222
Figura 135: Asignación de Cuencas.	222
Figura 136: Cuenca “E” en análisis.	223
Figura 137: Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).	224
Figura 138: Curva lámina-área para reducir precipitación puntual a valores promedios en el área.	225
Figura 139: Alcantarilla en el lugar, aguas abajo y aguas arriba.	227
Figura 140: Ubicación de alcantarilla Alc_01 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal.	228
Figura 141: sección propuesta para la Alc_01.	228
Figura 142: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_01.	229
Figura 143: Alcantarilla en el lugar, aguas abajo y aguas arriba.	230
Figura 144: Ubicación de alcantarilla Alc_02 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal.	230

Figura 145: sección propuesta para la Alc_02.	231
Figura 146: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_02.	231
Figura 147: Alcantarilla en el lugar, aguas abajo y aguas arriba.	232
Figura 148: Ubicación de alcantarilla Alc_03 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal.	232
Figura 149: sección propuesta para la Alc_03.	233
Figura 151: cauce natural desviado por banquina lateral hacia la ubicación de la alcantarilla Alc_04.	235
Figura 152: Ubicación de alcantarilla Alc_04 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal.	235
Figura 153: alcantarilla existente aguas abajo y aguas arriba.	236
Figura 154: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_04.	237
Figura 155: Ubicación de alcantarilla Alc_05 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal.	238
Figura 156: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_05.	239
Figura 157: alcantarilla existente aguas abajo.	239
Figura 158: ubicación de alcantarilla Alc_06 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal.	240
Figura 159: sección propuesta para la Alc_06.	241
Figura 160: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_06.	241
Figura 161: alcantarilla existente aguas abajo.	242
Figura 162: ubicación de alcantarilla Alc_07 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal.	242
Figura 163: sección propuesta para la Alc_07.	243
Figura 164: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_07.	243
Figura 165: alcantarilla existente aguas abajo.	244
Figura 166: ubicación de alcantarilla Alc_08 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal	244
Figura 167: sección propuesta para la Alc_08.	245
Figura 168: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_08.	245
Figura 169: visualización del proyecto generado en programa público Google Maps.	255

CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN

1.2. Ruta Provincial N° 89. Ubicación y extensión.

La Ruta Provincial N°89, conocida en el tramo a abordar en el presente informe como “Avenida Los Cóndores”, es una obra vial de importancia vital para la intercomunicación entre los departamentos de Luján de Cuyo y Tupungato, principalmente entre las localidades de Potrerillos y Villa Bastías, cercana a la villa cabecera de Tupungato, en la Provincia de Mendoza. La Ruta Provincial N°89 (en adelante RP89), se desarrolla principalmente a través del distrito de “La Carrera” de Tupungato, uno de los puntos de mayor producción frutihortícola del Valle de Uco y además de gran atractivo turístico.

Esta ruta es un eje clave para el turismo de Mendoza. La traza se desprende de la Ruta Nacional N° 7 a unos 50 kilómetros al oeste de la ciudad capital de la provincia, para luego iniciar un recorrido en dirección al distrito San José, en el departamento de Tupungato. Desde allí, en dirección sur, la ruta se convierte en un emblema de los caminos del vino que finaliza en el Monumento al Cristo de la Hermandad, en Tunuyán.

En su primer tramo, la ruta recibe el nombre de “Avenida de los Cóndores” y luego de conectar con los ingresos a los parajes El Salto, Vallecitos, Valle del Sol y Las Vegas, la traza es conocida como “Las Carreras”, en alusión a las competencias que argentinos y chilenos desarrollaban antiguamente allí con sus mejores caballos.



Figura 1: vista de la RP89 en su trayecto por el distrito La Carrera, de Tupungato. Fuente: Página web VamosMendoza (2018)

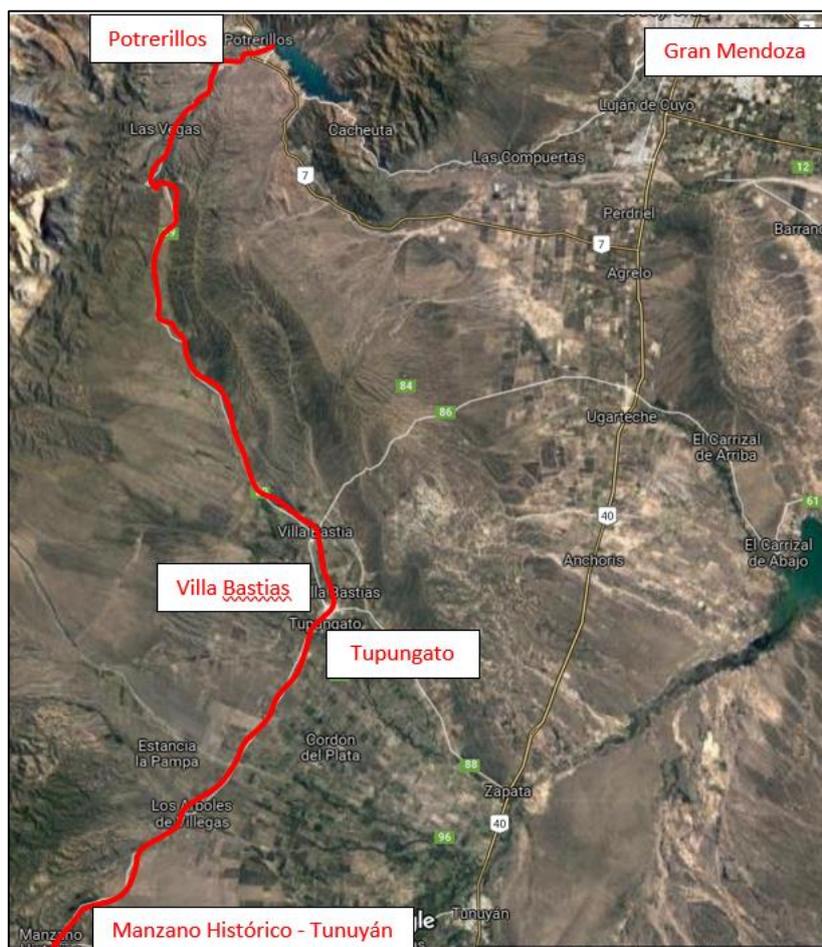


Figura 2: imagen satelital de la extensión total de la RP89. Fuente: Google Maps (octubre 2021).

Actualmente la RP89 presenta un tramo pavimentado, con una carpeta de concreto asfáltico (pavimento flexible) entre las localidades de Potrerillos y Las Vegas. Alrededor de Octubre del año 2020, la Dirección Provincial de Vialidad comenzó los trabajos de recomposición y repavimentación de un tramo de la RP89, entre los puntos de ingreso a la localidad El Salto y la localidad de Las Vegas, como parte del “Plan de Mejora de Caminos Turísticos y Productivos”. La obra consistió en la reconstrucción de la capa de rodamiento, ya deteriorada y envejecida, con claros signos de desgaste y con severas patologías en el concreto asfáltico.



Figura 3: obras de repavimentación de la RP89 entre el acceso a El Salto y la localidad de Las Vegas. Fuente: página web de la Dirección Provincial de Vialidad (2020).

Sin embargo, el resto de la extensión de la RP89 se encuentra, en un primer tramo (Potrerillos a Las Vegas) con el pavimento flexible original totalmente envejecido y con un nivel de serviciabilidad¹ bastante reducido. Y luego de llegar a Las Vegas, la traza de la RP89 se desarrolla sin ningún tipo de tratamiento superficial ni pavimentación, sino simplemente como una calzada de suelo natural mejorada, tipo enripiada.

1.2. Proyecto de reconstrucción de la R.P. N° 89. Ubicación. Premisas.

El proyecto a estudiar se emplaza en la localidad de Potrerillos, del departamento de Luján de Cuyo, provincia de Mendoza. Se encuentra a 69 km de la ciudad de Mendoza (Argentina) y en pleno Corredor Andino se ubica el espejo de agua de Potrerillos, el que actualmente alcanza unas 1500 hectáreas de superficie con 14 km de largo y casi 3 de ancho máximo. La majestuosidad de este marco, sumada a la belleza del paisaje natural, el aire puro, el clima y el ambiente de montaña, redunda en un gran potencial turístico y recreativo a nivel internacional.

El tramo que corresponde al departamento de Luján de Cuyo fue pavimentado inicialmente en 1974 y durante las décadas posteriores fue conservado mientras Potrerillos se consolidaba como un destino privilegiado de Mendoza.

La mayor atracción de tránsito vehicular por motivos turísticos, como además el crecimiento y desarrollo económico de la población residente en el lugar y las localidades aledañas, ponen en jaque la situación actual del pavimento, que en el tramo a ser estudiado ya posee más de 40 años sin una estrategia de mantenimiento.

¹ Nivel de Serviabilidad: calidad del pavimento directamente relacionada a su estado de conservación que indica subjetivamente la prestación y el confort brindado al usuario.

Sumado a la antigüedad del pavimento, se encuentran desactualizadas las prestaciones del camino en lo que respecta a dimensiones transversales, ancho de carriles, tratamiento de banquetas, estado de laterales de calzada, obras de arte para la evacuación de caudales aluvionales, etcétera. Así mismo, el existente puente vehicular de ingreso a la Villa Potrerillos, que cruza por sobre el Río Blanco, es muy antiguo y no brinda espacios para asegurar un nivel de servicio adecuado para el flujo vehicular.



Figura 4: Ubicación de la localidad de Potrerillos en la Provincia de Mendoza. Fuente: enciclopedia Wikipedia (2022).

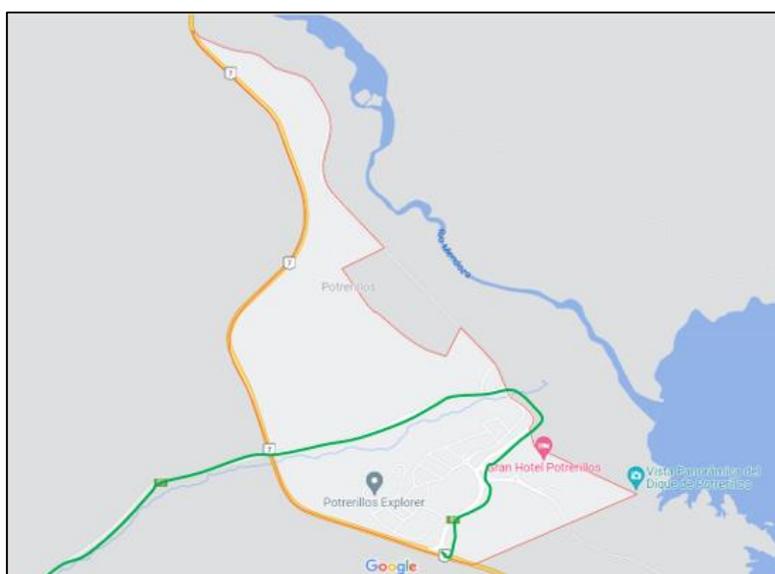


Figura 5: Extensión de la localidad de Potrerillos. En verde, parte de la RPN°89. Fuente: Google Maps (octubre 2021).

El tramo de intervención del presente proyecto es de 3.300 metros aproximadamente, comenzando desde el enlace con la antigua Ruta Nacional N°7, tramo fuera de servicio luego de que se construyera el dique Potrerillos, abriéndose paso hacia el Oeste, en dirección a las localidades de El Salto, Las Vegas y Vallecitos. Comenzando en las inmediaciones del puente vehicular sobre el Río Blanco, el proyecto se extiende hasta el badén que atraviesa el Arroyo El Salto, afluente al Río Blanco.



Figura 6: Imagen satelital del punto de inicio del proyecto. Fuente: software Google Earth (octubre, 2021).



Figura 7: imagen satelital de la extensión del proyecto. Fuente: software Google Earth (octubre, 2021).



Figura 8: imagen satelital del punto final del proyecto. Fuente: software Google Earth (octubre, 2021).

Las premisas iniciales del proyecto que se plantean a abordar, con el objetivo de mejorar las prestaciones de la RP89 en el tramo indicado, son:

Puente vehicular sobre el Río Blanco:

El actual puente de la RPN° 89 sobre el Río Blanco, en el acceso a la Villa Potrerillos, resulta actualmente deficiente para acoger el tránsito vehicular. El principal defecto es su insuficiente ancho para acomodar dos carriles, lo que se presenta como un problema para el creciente tránsito. Se presenta la situación que el flujo en un sentido debe detenerse a esperar en un estribo del puente mientras el flujo de sentido contrario lo ocupa.

Es por ello que, siendo necesario atender y mejorar el único punto de acceso a la Villa Potrerillos desde el Oeste (por RN°7 y RPN°82), se plantea proyectar un nuevo puente que cruce el cuerpo de agua, ubicado hacia el noreste del actual puente.



Figura 9: trazado tentativo del nuevo puente a proyectar (en verde), comparado con el eje del puente existente (rojo). Fuente: software Google Earth (octubre, 2021).

La ubicación del nuevo puente, además, plantearía un acceso más seguro al mismo ya que su eje longitudinal se proyecta tangente al tramo anterior de la RPN°89, donde actualmente se presenta una curva y contracurva previos al estribo sur del mismo.

El antedicho puente vehicular ya ha sido proyectado estructuralmente por la Dirección Provincial de Vialidad. Queda fuera de los alcances del presente informe el cálculo estructural del mismo, siendo solamente abordado el análisis de su ubicación y las generalidades del mismo en el Capítulo 7.

Intersección de RPN° 89 y ex Ruta Nacional 7:

Luego del puente sobre el Río Blanco se encuentra otro hito importante a tener en cuenta para el proyecto.

La intersección de la RPN°89 y la ex RN N°7 se plantea actualmente como un punto donde, aprovechando el proyecto de repavimentación de la ruta provincial, se puede prever una mejora en la infraestructura para reordenar el tránsito vehicular.

Se tienen tres caminos que confluyen al punto, a saber: la RPN°89 desde su origen con la actual RN N°7, la continuidad de la misma ruta provincial hacia las localidades de Potrerillos, Las Vegas, El Salto, Vallecitos, conocida como “Avenida Los Cóndores”, y el tramo de la antigua traza de la Ruta Nacional N°7, la cual resulta sumergida por el nivel del embalse Potrerillos en épocas de aumentos del volumen almacenado.



Figura 10: intersección de la RP 89 y la antigua RN 7. Fuente: software Google Earth (octubre, 2021)..

Dicha intersección actualmente no cuenta con una infraestructura adecuada que dirija ordenadamente el flujo vehicular. Es por ello que se planteará el estudio de distintas alternativas que puedan dar solución al problema, ya sea construyendo islas para una intersección en T canalizada o planteando una rotonda.

Se precisarán estudios de tránsito para analizar los volúmenes vehiculares, cargas por eje, composición, maniobras, tendencias, etcétera. Con ellos luego se abordará el estudio geométrico de la intersección como también el diseño del paquete estructural.

Repavimentación de la Ruta Provincial N°89 – Avenida Los Cóndores:

La actual traza de la RPN°89 o conocida como “Avenida Los Cóndores” data de la década del 1970. Al presente no se han desarrollado obras que mejoren las condiciones de la superficie de la calzada ni del paquete estructural en el tramo estudiado. Es por ello que se plantea la necesidad de abordar un proyecto de estudio sobre la repavimentación de dicha carretera, con base en los estudios pertinentes de tránsito, cargas por eje, estudios de suelos, etcétera. Además, debe estudiarse la funcionalidad del trazado de la RPN°89, el cumplimiento de las recomendaciones de diseño geométrico de su eje planialtimétrico, y la capacidad de la misma, traducida en la necesidad o no de plantear un nuevo perfil transversal tipo, con dimensiones actualizadas según las exigencias del tránsito.

A dicho estudio se le debe sumar la consideración de pavimentación de las banquetas, en caso de que la categorización de la mejora así lo amerite.

En figuras 11 y 12 se denota el desgaste y envejecimiento de la superficie de la calzada. Las banquetas y márgenes del camino se encuentran totalmente desactualizados para la demanda vehicular que circula en la Av. Los Cóndores.



Figura 11: Situación actual de la calzada de la RPN°89. Fuente: software Google Earth (octubre 2021).



Figura 12: Situación actual de la calzada de la RPN°89. Fuente: software Google Earth (octubre 2021).

En puntos particulares del trazado se deberá evaluar la posible necesidad de desplazar el eje de camino según la disponibilidad espacial para el nuevo proyecto de perfil transversal tipo. Tal es el caso del cruce a desnivel de la RPN°89 con la RN N°7, donde sobre la margen derecha de la ruta provincial se encuentra una pila del puente del cruce, como ilustra la Figura 13.



Figura 13: limitaciones espaciales por las pilas del puente de RN N°7 por sobre la RPN°89. En caso de plantear un ensanchamiento de carriles y banquetas, el eje del camino se deberá desplazar hacia el sur. Fuente: software Google Earth (octubre 2021).

Ordenamiento y proyecto de estacionamientos sobre margen sur:

Dado el atractivo turístico que ofrece el emplazamiento de la RPN°89 es que se genera en la actualidad un importante número de vehículos que deciden estacionarse sobre la margen sur de la carretera para acceder a las riberas del Río Blanco. En muchos puntos se generan “puestos” de estacionamiento sobre los costados del camino, puntos desprovistos de cualquier tipo de infraestructura vial que garantice un servicio correcto y seguro.

Se plantea entonces la idea de proyectar zonas de estacionamiento y bajada a la ribera del Río Blanco que ordenen las maniobras de aquellos usuarios que deseen estacionarse, sin afectar negativamente la circulación de los vehículos pasantes por la Av. Los Cóndores.



Figura 14: Casos de estacionamientos no regulados en los costados de la RPN°89. Fuente: software Google Earth (octubre 2021).

Obras de arte. Planteo de badenes y/o alcantarillas:

El trazado de la RPN°89 cruza algunos cuerpos de agua de consideración, entre ellos cabe destacar el Río Blanco y el Arroyo El Salto.

Como todo proyecto vial, es imprescindible acompañar el desarrollo de la carretera con un buen proyecto de desagües, lo que extenderá la vida útil de la misma.

En un principio se planteó la necesidad de pensar en un nuevo puente por sobre el Río Blanco, primer obstáculo hídrico de la ruta provincial. Luego se presentan otros puntos de intersección de la carretera con cuerpos de agua.

En los mismos se deberán evaluar los caudales esperados para tormentas de diseño y, en caso de ser obras de drenaje existentes, comprobar su funcionalidad para plantear un proyecto nuevo o no.

Entre dichas obras se pueden encontrar badenes o alcantarillas, siendo necesario estudiar cada caso particular para optar por la opción más conveniente, tanto técnica como económicamente.

Los estudios hidrológicos de la zona son imprescindibles para comenzar los planteos de dichas obras, siendo necesario delimitar cuencas, conocer su topografía, recopilar datos pluviométricos, datos de la superficie de la cuenca, etcétera.

Evaluando los caudales erogados por las cuencas, con puntos de cierre en el trazado de la RPN°89, se estimará qué obra de arte responde mejor a los requerimientos, para así drenar el agua correctamente sin afectar la circulación por la carretera.



Figura 15: Intersección de cauce aluvional seco con la RPN°89. Se observa que actualmente no se cuenta con ninguna obra de arte en dicho punto. Fuente: software Google Earth (octubre 2021).



Figura 16: Badén existente en el cruce de la RPN°89 y el A° El Salto. El mismo se encuentra bastante deteriorado, y durante las crecidas aluvionales se interrumpe el paso por la carretera. Fuente: software Google Earth (octubre 2021).

En los casos planteados, y sobre otros más que el estudio minucioso dé a conocer, se deberá evaluar la necesidad o no de proyectar nuevas obras o mejorar las existentes, ya sea con badenes o nuevas alcantarillas.

1.3. Descripción del sitio.

1.3.1. Entorno. Reseña histórica.

La localidad turística enclavada en la cuenca del Río Blanco, conocida como Villa Potrerillos, se ubica a 50 kilómetros al Sur-Oeste de la ciudad capital de la provincia de Mendoza, sobre el río homónimo, con coordenadas 32°57' Lat. Sur y 69°13' Long. Oeste; en el departamento Luján de Cuyo (Mendoza).

En el tramo inicial la Ruta Provincial N° 89 (confluencia con Ruta Provincial N° 82) se hallan Las Carditas y Chacritas, a lo largo de la “Avenida Los Cóndores”. Si se continua por esta vía se llega a “El Salto”, separado de la misma, al que se accede por un camino secundario. Continúan Villa El Refugio o El Salto Bajo, Las Vegas y Valle del Sol, a lo largo de la ruta 89, Piedras Blancas un poco más alejado sobre la misma, y finalmente, con acceso por un desvío desde la ruta 89, el Centro de Esquí Vallecitos.

Potreriillos es un asentamiento antiguo de quintas con producción agropecuaria consolidado a partir de la implantación de la Estación del ferrocarril a fines del siglo XIX. La construcción y pavimentación de la ruta permitió la llegada de población temporaria y la construcción de casas de fin de semana, por lo que el centro fue extendiéndose a partir del loteo de tierras rurales para su uso residencial, en los sectores más alejados de la ruta principal.

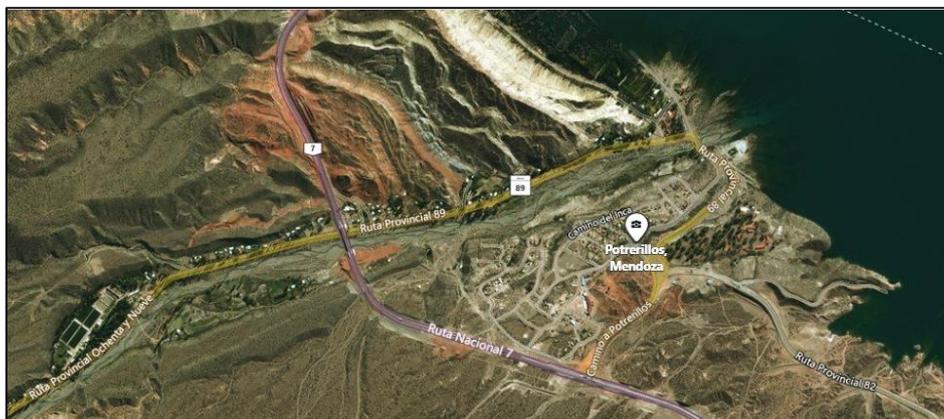


Figura 17: Imagen satelital de la Villa Potrerillos. Fuente: Google Maps (octubre 2021).

Históricamente, en el lugar se aprecia una evolución donde las formas de ocupación del territorio han ido cambiando desde la variable de la producción, desde lo social, la política, formación cultural y ambiental que se puede concebir en una línea de tiempo.

Se puede observar que esta ocupación en una primera etapa fue vinculada al trazado de caminos y línea ferroviaria que unían Mendoza con el vecino país de Chile. Quedando esta localidad como lugar de paso para hacer un alto en el camino, surgen así los antiguos puesteros que vivían de sus animales para consumo propio y eventualmente comercializarlos. Su concepto de ambiente circundante solo estaba referido a disfrutar de espacios “naturales” y tranquilos. Si bien vivenciaron acontecimientos como aluviones, sismos y otros riesgos no tomaban medidas preventivas y sus costumbres no contaban con la preservación de su entorno natural, solo hacían uso de ellos como recursos que se renuevan.

La segunda etapa se relaciona los caminos con la belleza de las montañas, su paisaje y el aire puro que hace que surjan los primeros hoteles como fue el de Potrerillos, Vallecitos, y Uspallata dirigida a la clase alta de Mendoza. Estos nuevos usuarios del territorio aportan el valor agregado del turismo que da nuevos puestos de trabajo a los pobladores autóctonos.

La tercera etapa se va definiendo con el establecimiento de las “casas de fin de semana” de los pobladores del Gran Mendoza y de las posibilidades de adquirir tierras a muy bajo precio o terrenos fiscales. De esta manera se dan los asentamientos temporales y que además favorece con nuevos puestos de trabajo calificado en el área de la construcción, pero desde el impacto

negativo se ve que no hay una organización en la ocupación de los espacios “naturales” sino más bien se da de forma desordenada y sin control municipal adecuados a normas que protejan al medio natural y a ellos mismos de los riesgos naturales antes mencionados

Llegando a la cuarta etapa que se da en un corto periodo de tiempo motivado por las políticas de incentivo a la industria sin chimeneas es decir el turismo, la construcción crece exponencialmente con casas de alquiler y para nuevos pobladores, complejos turísticos, comercios, pero no es acompañada de una infraestructura acorde a este crecimiento de pobladores permanentes y eventuales.

Los riesgos naturales se ven aumentados a la par de la ocupación por lo mencionado anteriormente sobre la falta de un ordenamiento territorial, sin tener en cuenta la carga ambiental de estos fondos de valle.

En esta quinta etapa, que se encontraría contemporánea, se identifica por la aparición de nuevas concepciones como de la “sustentabilidad ambiental”, carga del territorio y ambiental, la valoración del patrimonio cultural, de los recursos naturales. Todos estos nuevos conceptos son incorporados por las nuevas tecnologías, las redes sociales, que han llevado a una forma de vida que los pobladores nuevos tratan de aplicarlos en el territorio y en sintonía con el gobierno municipal evidenciado con la declaración de “Área Ambiental Protegida”, y dar comienzo a la gestión de un Plan de Ordenamiento Territorial. Desde los pobladores ya se incorpora una construcción con tecnologías no convencionales como la que utiliza el barro, la quincha, la recolección de agua de lluvia; también el cuidado de la flora y fauna autóctona. Desde la difusión surgen algunas radios comunitarias donde informan a los lugareños y comparten acciones comunitarias encaminadas a la preservación y protección del ambiente. Finalmente se han formado asociaciones que trabajan para lograr un ordenamiento territorial junto al gobierno municipal además de una concientización en los pobladores del lugar.

Se destaca que existe una normativa que reglamenta el estilo de las construcciones la cual es la ordenanza municipal N°36/70 que establece como principio general que “la concepción arquitectónica de los edificios es libre, siempre que sus formas, colores o materiales, no produzcan perjuicios a terceros”, es decir que en una primera instancia otorga un amplio margen de libertad a la hora de realizar una edificación.

1.3.2. Clima:

En relación con la altitud y latitud que presenta la zona de Potrerillos, el clima corresponde a la categoría de árido de alta montaña con marcada amplitud térmica diaria, frecuentes heladas y régimen pluvial con promedios anuales que no superan los 300 mm.

La humedad relativa media se encuentra en el orden del 60%, mientras que vientos alcanzan velocidades medias de 9,5 Km/h.

Las temperaturas medias anuales no superan los 10°C, en los meses de diciembre se han registrado temperaturas máximas de hasta 30°C, mientras que en estaciones invernales (julio), se han registrado temperaturas mínimas de -15°C.

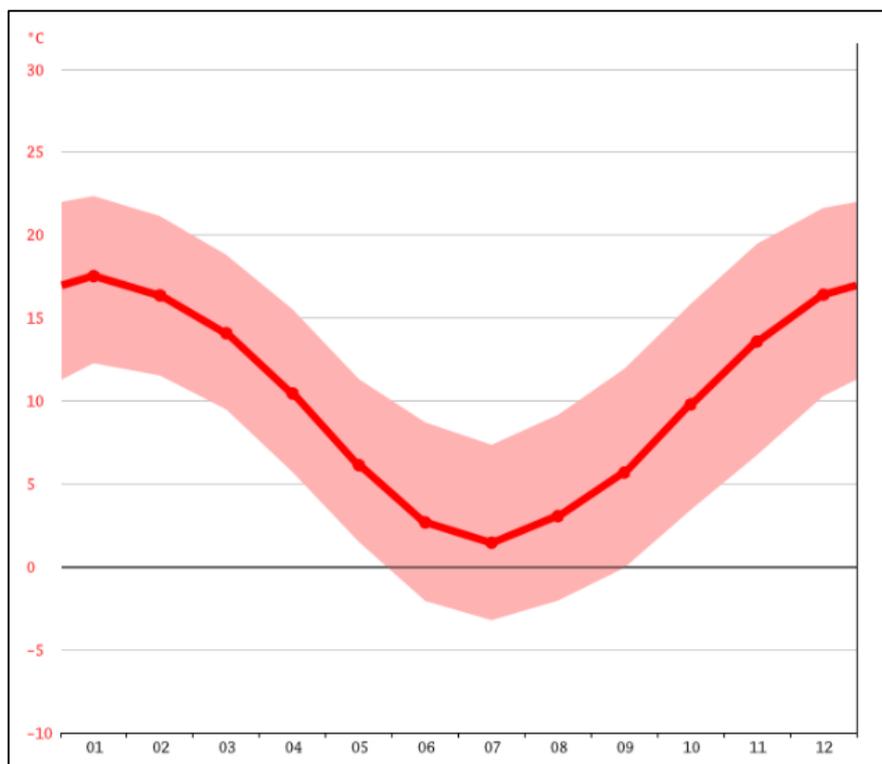


Figura 18: Variación de la temperatura diaria. Fuente: página web ClimateData (2021).

1.3.3. Hidrología:

La RP89 se halla a las orillas del Río Blanco, cuya cuenca se ubica aguas arriba de la presa embalse Potrerillos, en la Provincia de Mendoza.

Existen varios asentamientos a lo largo de la sub-cuenca del Río Blanco que paulatinamente se han ubicado en la zona, perdiéndose de esta manera la actividad agro - ganadera, para convertirse en una zona con gran predominio turístico, con poca ocupación permanente.

A lo largo de los cursos de los principales afluentes del Río Blanco (Figura 19) se ubican la Villa de Potrerillos, Chacritas, El Carmelo, Las Carditas, El Salto, Manantiales, Valle del Sol, Las Vegas, Piedras Blancas y los Zorzales.

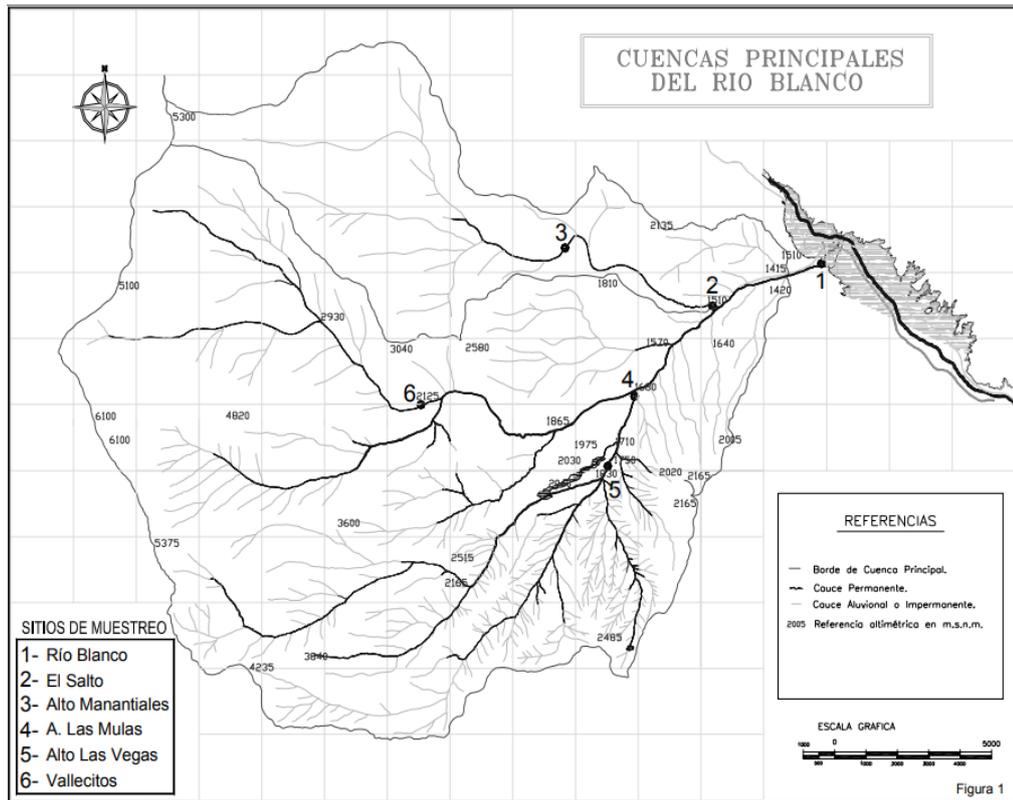


Figura 19: Cuenca del Río Blanco. Los puntos indicados corresponden a puntos de muestreo en análisis químicos del agua. Fuente: Zuluaga et al (2008, Caracterización de contaminantes del Río Blanco previo a su descarga en el Embalse Potrerillos).

Cabe mencionar que parte del abastecimiento de agua potable a la ciudad de Mendoza proviene del Río Blanco. Con ese fin, en la zona de Potrerillos, se construyeron obras de toma y una planta de tratamiento para potabilizar el agua, que se envía por un acueducto a la ciudad.

Para garantizar un correcto funcionamiento y operación de la vía, se debe asegurar un adecuado sistema de drenaje que facilite la evacuación de las aguas provenientes de las cuencas cuyos cauces secos intercepten a la RP89 (cauces aluvionales), de la escorrentía producida por efecto de las lluvias directamente sobre la calzada y de los cursos hídricos que atraviesan la vía con escurrimiento permanente.

Se deberá tener en cuenta el proyecto de construcción o verificación de alcantarillas, ya sea para servir de puente sobre cunetas o préstamos en los accesos a propiedades frentistas, como también los trabajos necesarios de limpieza, perfilado y rectificaciones de cauces en los desagües y alcantarillas existentes en la zona de camino.

1.3.4. Socioeconomía.

Potrerillos y sus aledaños conforman un área de una especial atracción para el turismo de aventura como el rafting, trekking o andinismo y para los deportes invernales con el primer centro de esquí de Mendoza en Vallecitos, lugar de aclimatación y entrenamiento para los

andinistas que posteriormente intentan escalar el Aconcagua. Existen grandes posibilidades para el turismo “alternativo” o ecoturismo en zonas protegidas como la observación de la naturaleza (flora y fauna), aun no aprovechadas, como la Quebrada Larga o la Quebrada del Toro. Los factores ambientales son los que llevan, a partir de la década de los 40, al desarrollo recreativo-turístico de la zona.

La subsistencia de los pobladores de la villa es a partir del comercio destinado a productos de los rubros panadería, mini mercados o almacenes pequeños, como además existen proveedurías que son multi-rubros. Parte de las necesidades son cubiertas por vendedores ambulantes que llegan desde la Capital de Mendoza. Otra parte de los lugareños se sustenta por la actividad turística, ofreciendo alquileres, servicios de restaurant, paseos recreativos, etcétera.

Se observa una fuerte inclinación a la función turística, destacándose un acelerado proceso de cambio, advirtiendo un crecimiento exponencial de la actividad de la construcción destinado al hospedaje temporario. Todo esto está motivado por las características del lugar y principalmente por la cercanía al dique – embalse Potrerillos.

1.3.5. Población.

En el último censo (2010) se disgregó la población de Potrerillos ya que ningún habitante era estable en el censo de 2001, efectuado por el INDEC², debido a la evacuación por el llenado del embalse. Aun así, los datos arrojados datan de 653 habitantes. Actualmente la población permanente supera escasamente los 1.000 habitantes, entre las principales localidades: Las Vegas (450 hab.), El Salto (297 hab.) y Valle de Potrerillos (292 hab.). A pesar de este valor, la zona se amplía cada vez más en términos de construcción de barrios y viviendas de fines de semana, complejos de cabaña y hostels.

Es esta población permanente la que sostiene el flujo significativo y permanente de turistas que provienen tanto de la misma provincia (principalmente del oasis norte) como del resto del país y otros lugares del mundo (el 3,2% de los turistas que ingresan a la provincia eligen la zona para visitar). Potrerillos es considerado uno de los grandes atractivos naturales de Mendoza por sus paisajes, la diversidad de actividades que tiene para ofrecer y su riqueza cultural oculta en cada eslabón de su historia.

Hábitat:

- Cantidad de Hogares: 178
- Cantidad de Viviendas: 225

² INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

En la mayor zona no existe una red cloacal. En casos muy aislados como el Gran Hotel Potrerillos se encuentran cámaras sépticas, que cumplen la función de una digestión anaerobia y proceso previo a la infiltración de los líquidos (pozo de absorción). En muchos casos no se utilizan pozos sino lechos percoladores o zanjas de infiltración para el tratamiento de los líquidos cloacales.

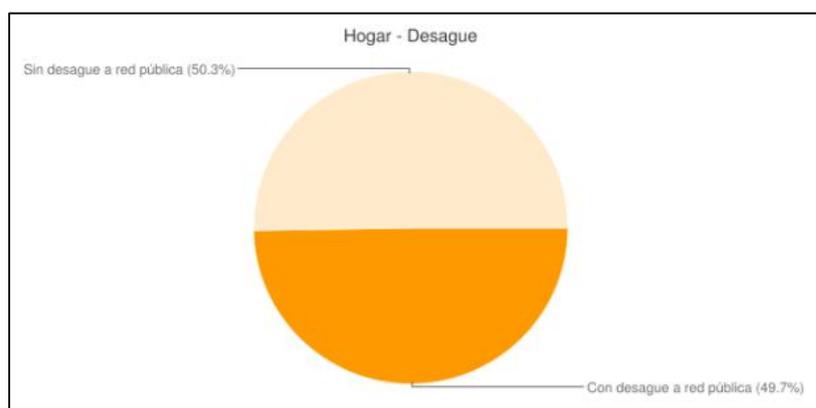


Figura 20a: distribución porcentual de acceso al desagüe público. Fuente: Observatorio de Áreas Pobladas, Ministerio de Minería y Energía e INDEC (2011, Catálogo de Información Socio Energética).

La zona tiene problemas para el abastecimiento de agua. Cuenta con 2 plantas potabilizadoras de agua, una ubicada en Chacritas con un caudal de 1.100 l/s y la otra con un caudal menor en Las Carditas. Sin embargo en algunas zonas falta agua. De la primera sale un acueducto que es para abastecer al Gran Mendoza, Cacheuta y Blanco Encalada. Tomas de agua a cielo abierto sobre los diferentes arroyos proveen gran parte de la zona alta de Piedras Blancas con agua de riego a través de acueductos de distribución, de mangueras flexibles o de acequias.

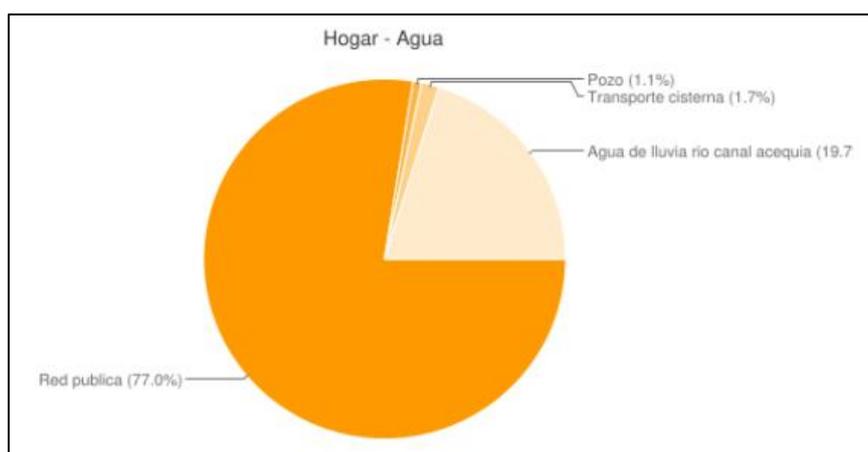


Figura 20b: distribución porcentual de acceso a la red de agua pública. Fuente: Observatorio de Áreas Pobladas, Ministerio de Minería y Energía e INDEC (2011, Catálogo de Información Socio Energética).

Datos de Energía (Ministerio de Energía y Minería)

Servicio de Distribución de Electricidad:

- Empresa concesionaria de la distribución eléctrica: EDEMSA.
- Cooperativa eléctrica local: Sin datos.

Servicio de Distribución de Gas Natural:

- Empresa distribuidora de gas: Distribuidora de Gas Cuyana S.A.
- Empresa cooperativa de distribución de gas: Sin datos.
- Empresas de Gas Licuado (GLP).
- Estaciones de Servicio.
- Otras instalaciones que almacenan Combustibles Líquidos.
- Instalaciones con Tanques Aéreos de Combustibles Líquidos: Sin datos.

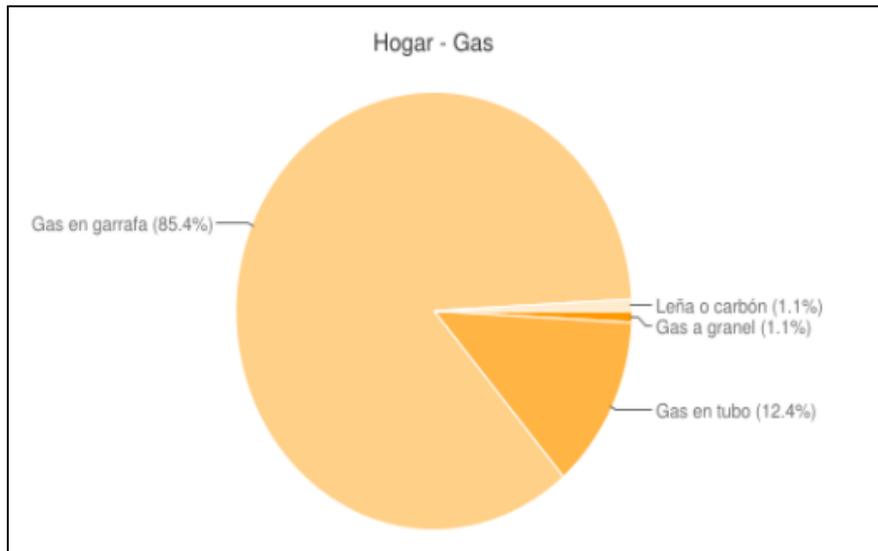


Figura 20c: Distribución porcentual de acceso a fuentes de combustible. Fuente: Observatorio de Áreas Pobladas, Ministerio de Minería y Energía e INDEC (2011, Catálogo de Información Socio Energética).

Servicio de telefonía e internet:

- Empresa concesionaria: Telefónica.
- Otros servidores de internet: Satelital aéreo.
- La zona presenta cobertura 4G.

1.3.6. Transporte.

La infraestructura de transporte comprende todos los aspectos de los sistemas de desplazamiento tanto interno de la ciudad como de ingreso/egreso a la misma, entendiéndose como tales a las calles, vías de acceso, rutas, etc.

Se halla la terminal de transporte regional de Potrerillos a 1,4km de la zona en estudio.

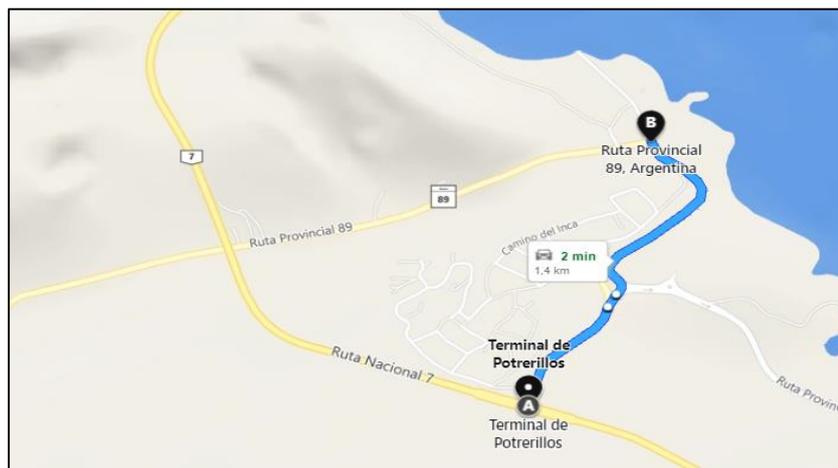


Figura 21: Tramo entre la Terminal de Potrerillos y la Villa. Fuente: Google Maps (octubre 2021).

En Potrerillos la línea de colectivos concesionada es “Andesmar”, con frecuencias diarias ininterrumpidas de 1 hora hacia la capital de Mendoza y no hay otro servicio en la zona.

La base de remises oficiales más cercana se establece en Lujan de Cuyo a 50km de la zona en estudio.

También se observa la circulación de buses o trafics turísticos intermitentes y privados que organizan excursiones.

1.3.7. Usuarios frecuentes de la RP89.

Debido a las dimensiones y estado actual de la ruta, se observa principalmente circulación de autos, mayormente pickups. En segunda medida, motocicletas y luego transeúntes o peatones de visita. Se destaca que no hay presencia permanente de ciclistas, aunque ocasionalmente son encontrados grupos de ciclistas deportivos. El mal estado de la calzada y sus estrechas dimensiones no favorecen a los usuarios a su circulación. Una restauración de la misma, los atraerá a continuar su recorrido, esperando un aumento en la presencia de los mismos a futuro.

Dentro de los conductores que recorren estos caminos se encuentran dos tipos de usuarios: primero los turistas que no tienen conocimiento del lugar, por lo tanto, son más cuidadosos y circulan a menores velocidades. Y segundo se encuentran los lugareños y dueños de propiedades en localidades aledañas los que conocen la zona, convirtiéndose así en usuarios frecuentes que por lo general tienen mayor agilidad y comodidad en el desplazamiento a la hora de conducir.

En cuanto a la señalización de calles es escasa o nula, presenta alto nivel de vandalismo y no es acorde al volumen de tráfico vial que presenta en general la ciudad, teniendo en cuenta que gran parte es tránsito recreacional o turístico que precisa de una adecuada señalización para advertir destinos o características de la vía.

CAPÍTULO 2 - ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN Y RELEVAMIENTOS

2.1. Situación actual de la Av. Los Cóndores (R.P. N° 89):

Sea cual fuere la demanda que origine el viaje (laboral, educacional, recreativo, de emergencia, etcétera), la Av. Los Cóndores tiene consigo la enorme necesidad de ser funcional para el usuario. Una salida de funcionamiento implicaría un recorrido de más de 120 kilómetros para aquellos usuarios que deseen conectarse con el Gran Mendoza desde Potrerillos, realizando el recorrido de “Las Carreras”, por ejemplo. La extensión de dicho viaje sumada a la condición de ruta no pavimentada, actualmente constituida como superficie de ripio, acentúan aún más la relevancia vial del tramo analizado en este informe.

En la actualidad, el estado de la ruta presenta un deterioro considerable, producto de los largos años en servicio y la falta de mantenimiento preventivo frente a las patologías observadas, las cuales se detallarán más adelante. El pavimento flexible, materializado a través de una carpeta de rodamiento de concreto asfáltico, presenta un estado general muy desgastado. Las problemáticas actuales se incrementan rápidamente a causa de las demandas de tránsito cada vez mayores, debido al incremento de las actividades que se desarrollan en las márgenes de la Av. Los Cóndores y sus zonas de influencia.

En lo que respecta a las características geométricas de la RP89, la misma manifiesta algunas deficiencias. Planimétricamente las curvas poseen radios menores a los recomendados por el proyecto de Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial de la Dirección Nacional de Vialidad del año 2010, distancias de visibilidad en curvas interrumpidas por obstáculos (árboles), falta de puntos de retorno, deficiencias en las embocaduras a calles transversales, falta de puntos de cruce canalizado y señalizado para peatones, entre otros.

Para la sección transversal de la carretera, las dimensiones resultan poco eficientes. Carriles angostos y banquetas sin pavimentar (y en gran parte, casi inexistentes), presentan aspectos negativos para la conducción normal, generando efectos friccionales y tensión en el conductor, además de la inseguridad al no contar con una banquina suficiente para paradas de emergencia. Por otra parte, las obras de desagüe no son suficientes. Las cunetas existentes se encuentran en mal estado, descuidadas, colmatadas y bloqueadas por vegetación. Lo mismo sucede con los préstamos a los costados del camino que sirven al drenaje general. Las alcantarillas, en su mayoría, se encuentran en un estado crítico. Bloqueadas por sedimentos, plantas, raíces y rocas, no cumplen su principal función de escurrir el agua que a ellas llega por las cunetas.



Figura 22: alcantarilla prácticamente bloqueada. Fuente: Elaboración propia.



Figura 23: Pérdida de la sección de escurrimiento del préstamo en margen norte. Fuente: Elaboración propia.



Figura 24: Detrás del puente de hormigón, en desuso, se encuentra un bloqueo a la sección de escurrimiento del préstamo lateral a la RP89. Fuente: Elaboración propia.

La carpeta de rodamiento, como se mencionó anteriormente, presenta un desgaste típico del paso del tiempo y del envejecimiento del concreto asfáltico. Patologías observadas como fisuras transversales, longitudinales y de borde, piel de cocodrilo, baches, desgaste superficial, etcétera,

manifiestan la necesidad de un mantenimiento profundo. Peligra con ello la integridad de la superficie de rodamiento, desarrollándose fácilmente baches que afectan la prestación y serviciabilidad del pavimento. Las patologías observadas durante el relevamiento fotográfico serán descritas más adelante en detalle.



Figura 25: Piel de cocodrilo y fisuras de borde en la capa de rodamiento. Fuente: Elaboración propia.

Altimétricamente, la rasante de la RP89 debe ser revisada. Principalmente se observaron situaciones de pérdida de visibilidad entre curvas verticales sucesivas, lo que es muy peligroso para conductores no habituales de la zona, al desconocer cómo continúa el trazado luego del vértice de una curva vertical convexa, como así también la nula visibilidad de posibles obstáculos sobre la superficie de rodamiento, que pueden alcanzar a detectarse a distancias inferiores a la visual de detención³.



Figura 26: Pérdida de visibilidad luego del vértice de la curva vertical convexa. Fuente: Elaboración propia.

³ Distancia Visual de Detención: es la distancia que requiere un conductor de habilidad media manejando a la velocidad directriz un vehículo en condiciones mecánicas aceptables sobre calzada húmeda, desde el instante en que observa un obstáculo imprevisto en el camino hasta el momento en que se detiene completamente delante del obstáculo por aplicación de los frenos. Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial de la Dirección Nacional de Vialidad (2010).

Por último, la señalización vertical y la demarcación horizontal son deficientes. Muchos obstáculos, hitos, puntos de interés, tramos con necesaria restricción y características de la vía no son señalizados. La demarcación horizontal es prácticamente nula. En algunos tramos se encuentra desgastada por los años sin mantenimiento y por la acción del tránsito. No se hallan demarcadas las zonas de cruce de peatones, ni señalizados accesos a las bajadas al Río Blanco, sobre el margen sur de la ruta.



Figura 27: Falta total de demarcación horizontal sobre la calzada. Fuente: Elaboración propia.

Este primer diagnóstico general del estado de la RP89, a lo largo de la Av. Los Cóndores, se obtuvo como resultado de una primera etapa de relevamiento. Dicho relevamiento tuvo por objetivo el poner en evidencia las patologías generales presentes en la carretera, haciendo menciones cualitativas de las mismas. Sumado a las patologías, se analizaron en forma generalizada los factores que afectan el normal desenvolvimiento de la circulación vehicular por sobre la ruta. Esto conlleva a orientar mejor las acciones que deben ser estudiadas, analizadas y proyectadas para mejorar la situación actual.

2.2. Serviciabilidad de pavimentos.

La calidad de la infraestructura vial reviste gran importancia para la actividad socioeconómica de una localidad, región o país, ya que constituye la principal red de transporte y accesibilidad del medio. En el plano urbano, el entramado vial tiene un papel importante en la calidad de vida de las personas, ya que afecta directamente a las operaciones de viaje y transporte, y en definitiva, en los tiempos invertidos para desplazarse.

Estas infraestructuras se deben mantener en un estado óptimo y acorde a las demandas impuestas, lo que se traduce en un programa de inversión para el mantenimiento de las mismas, como así también un constante monitoreo a lo largo de su vida útil para analizar y contrarrestar

los efectos del desgaste a través del tiempo. Una adecuada planificación de mantenimientos periódicos a la red vial ayuda a evitar recurrir a prácticas comunes como bacheos profundos o superficiales de calzada, que en definitiva representan mayores gastos que aquellos programas de monitoreo y acción preventiva.

La evaluación de las condiciones de pavimentos es una etapa imprescindible para los organismos encargados de su administración, ya que a través de ella se puede verificar si el pavimento precisa ser reconstruido o ser sometido a alguna tarea particular de mantenimiento, según las prestaciones que brinda respecto a aquellas para las cuales fue proyectado.

La evaluación incluye una verificación periódica de las características de la vía, en cuanto a capacidad estructural, deterioros, irregularidades superficiales, resistencia al deslizamiento, etcétera.

Como parte del proceso evaluativo se deben tener en cuenta los siguientes elementos: inventario vial, seguridad vial, comportamiento estructural, deterioros superficiales y el desempeño o serviciabilidad.

El inventario vial se refiere a la recopilación ordenada y actualizada de los datos del pavimento, incluyendo las características estructurales y de resistencia de los materiales que lo constituyen. La información puede ser obtenida por documentación de proyecto (planos de proyectos ejecutivos, planos conforme a obra) o por evaluación, ensayos y muestreo de campo, que es lo más recomendable.

Respecto a las condiciones de seguridad vial, se tienen en cuenta situaciones que impactan en efectos de reducción a la rugosidad superficial, como el hidroplaneo, exudaciones, pulimiento de agregados, pérdida de material asfáltico superficial (peladuras), etcétera.

En lo relativo al comportamiento estructural, éste puede ser definido como una respuesta del pavimento ante la aplicación de cargas del tránsito, la que se relaciona directamente a las características mecánicas de los elementos que conforman el paquete estructural y la calidad de la superficie de apoyo.

Los deterioros superficiales hacen referencia a los daños presentes en el pavimento, monitoreados por inspecciones periódicas de la condición de la superficie de rodamiento. La acumulación de datos históricos de la condición del pavimento, junto con la documentación de servicios de rehabilitación realizados, brindan una importante base de datos para la evaluación de pavimentos en su vida útil.

Por último, la serviciabilidad, como medida subjetiva de clasificación, es definida como la capacidad del pavimento para dar servicio al tránsito que circula por la carretera, medida en una escala numérica del 0 (cero), que representa una calificación de un pavimento intransitable, hasta el 5 (cinco), para un pavimento excelente (resultados del AASHO Road Test, 1950).

El índice de serviciabilidad inicial (P_o) representa la prestación que tiene el pavimento inmediatamente luego de haberse construido, influyendo en dicho índice el método constructivo empleado, que repercute en la calidad del mismo. No es usual asignar inicialmente un índice perfecto de 5 puntos, teniendo en cuenta los posibles errores en la construcción del pavimento, pero se recomienda tomar valores iniciales de 4,5 para pavimentos rígidos y 4,2 para pavimentos flexibles.

El nivel o índice de serviciabilidad inicial (P_o) y serviciabilidad final (P_t) se definen en el lapso de vida útil del pavimento, aceptando que P_t no puede ser considerado nulo o igual a cero dadas las intensas y costosas estrategias de rehabilitación que implicaría la refacción de la infraestructura vial. Nuevamente, se recomiendan tomar valores del nivel de serviciabilidad final P_t de 2,5 para caminos de elevada importancia dentro de la red vial y de valor 2,0 para caminos de menor tránsito e importancia.

La diferencia entre los niveles antedichos define la pérdida de serviciabilidad ΔPSI :

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (1)$$

Esta pérdida de serviciabilidad es luego un factor importante para el diseño de la estructura en un pavimento flexible según el Método AASHTO 93.

El desempeño o serviciabilidad del pavimento puede ser analizado a lo largo de su vida útil a través de gráficos o curvas de deterioro, como se muestra en la Figura 28.

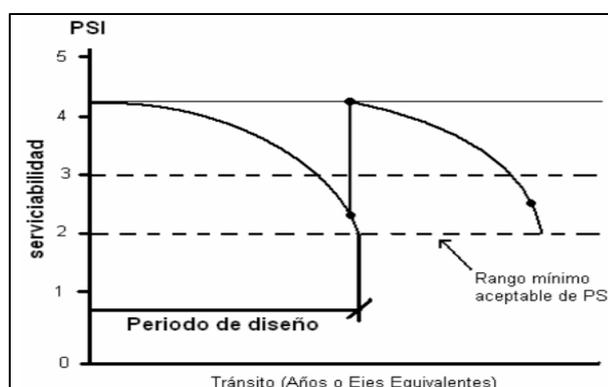


Figura 28: Curvas típicas de pérdida de serviciabilidad. El decremento del índice de serviciabilidad ΔPSI se recupera con una medida de conservación de pavimentos. Fuente: Barrantes Jiménez, R. y Sibaja Obando, D. (2008).

LA AASHO⁴ (en la actualidad AASHTO⁵) definió los siguientes estratos cualitativos del estado de serviciabilidad de los pavimentos según rangos del PSI y del IRI (índice de regularidad superficial):

Tabla 1: Determinación de rangos de IRI y valores de PSI para diferentes condiciones de una superficie de rodamiento. Fuente: Barrantes Jiménez, R. y Sibaja Obando, D. (2008).

Pavimentos Flexibles (Modelo AASHO)		Calificación	Descripción AASHO
Valores de PSI	Rangos de IRI		
5,0 – 4,2 – 4,0	0 – 1,0	Muy buena	Pavimentos nuevos o casi nuevos, suficientemente suaves y sin deterioro. Mayoría de pavimentos nuevos o recarpetados durante el primer año de servicio.
3,0	1,0 – 1,9	Buena	No presentan tanta suavidad como los anteriores, pero entregan un manejo de primera clase, con casi ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles alcanzan a mostrar signos aislados de ahuellamiento y fisuración aleatoria.
2,5 – 2,0	1,9 – 3,6	Regular	La calidad de manejo es notablemente inferior, pueden presentarse problemas a velocidades de tránsito elevadas. Defectos en pavimentos flexibles como ahuellamiento, parches, agrietamiento.
1,5 – 1,0	3,6 – 6,4	Mala	Deterioro importante, al punto de afectar a la velocidad de flujo libre. En pavimentos flexibles se presentan grandes baches y grietas profundas, pérdida de agregados, agrietamiento y ahuellamiento en el 50% o más de la superficie.
1,0 - 0,0	> 6,4	Muy mala	Situación de extremo deterioro. El camino debe transitarse a velocidades reducidas y con importantes problemas de manejo. Grandes baches y grietas profundas, deterioro en más del 75% de la superficie.

⁴ AASHO: acrónimo de American Association of State Highway Officials (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales), organismo estadounidense normativo que publica especificaciones, protocolos de ensayo y directrices que se utilizan en el diseño y la construcción de carreteras en el territorio nacional. En 1973 se renombra a AASHTO.

⁵ AASHTO: acrónimo de American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes).

2.1.1. Factores que influyen en la pérdida de serviciabilidad de pavimentos.

La pérdida de serviciabilidad de un pavimento Δ PSI depende de los siguientes factores:

- Cargas del tránsito.
- Gradiente térmico diario, diferencia entre temperaturas máximas y mínimas en un día.
- Procesos de oxidación del asfalto, debidos al contenido de oxígeno en el aire atmosférico.
- Procesos de oxidación del asfalto, debidos al contenido de oxígeno disuelto en el agua que penetra en la carpeta de rodamiento, proveniente de lluvias o de ascensión capilar.
- Presencia de agua en el paquete estructural y sus posibles variaciones volumétricas por cambios de estado o reacciones químicas.
- Bajas calidades del cemento asfáltico y/o de los agregados pétreos empleados en el concreto asfáltico y en las capas granulares.

2.1.2. Tipos de mantenimiento de pavimentos. Tácticas de conservación.

Un pavimento precisa de procesos de conservación o mantenimiento, que consisten en el conjunto de tareas y actividades destinadas para que el mismo mantenga en el tiempo (por lo menos durante su vida útil) un adecuado índice de serviciabilidad. En definitiva, se programan acciones e inversiones sobre los pavimentos para mejorar y/o mantener sus prestaciones y con ello reducir los costos de operación de los vehículos circulantes.

Se pueden distinguir dos grandes tipos de tareas de mantenimiento: el mantenimiento rutinario u ordinario (periodicidad semanal, mensual, luego de temporadas de lluvias), y las actuaciones extraordinarias (frente a deterioros importantes y generalizados que requieren intervenciones urgentes).

Dentro del mantenimiento ordinario se pueden encontrar operaciones de tipo preventivo (limpieza de márgenes, cunetas y alcantarillas, mejora de banquetas, mantenimiento de la señalización, protección contra erosión y desprendimientos) orientadas a subsanar rápidamente los posibles futuros deterioros, y operaciones curativas o reactivas (bacheo, sellado de grietas y fisuras, reparación y resellado de juntas), como respuesta a deterioros detectados en sus etapas iniciales.

Por su parte, las acciones extraordinarias pueden entenderse en dos grupos: rehabilitaciones estructurales (renovación superficial, fresado, recalce y reparaciones de losas de hormigón, mejora de drenajes subterráneos, refuerzos), desarrolladas cuando la capacidad del pavimento ha sido suficientemente disminuida, y reconstrucciones y reciclados (reconstrucción parcial o

total del paquete estructural), cuando el deterioro es tal que es preciso demoler y reconstruir un tramo del camino.

Por lo anteriormente expuesto, el principal objetivo de la estrategia de conservación debe ser el de lograr una mayor vida útil del pavimento al menor costo posible. Esto conlleva a pensar las estrategias de mantenimiento en dos grupos:

- **Estrategias puntuales:** aquellas estrategias que insumen grandes operaciones de conservación que deben realizarse en momentos concretos y muy distanciados en el tiempo. Estas operaciones buscan restituir las condiciones iniciales del pavimento. Son estrategias costosas y usualmente de reconstrucción. Curva 1 de la Figura 29.
- **Estrategias continuas:** prevalecen las operaciones frecuentes, consideradas continuas, de manera que las características iniciales del pavimento se pierdan con la mayor lentitud posible durante su vida útil. Estrategias frecuentes pero de menor costo, de tipo mantenimiento preventivo o reactivo. Curva 2 de la Figura 29.

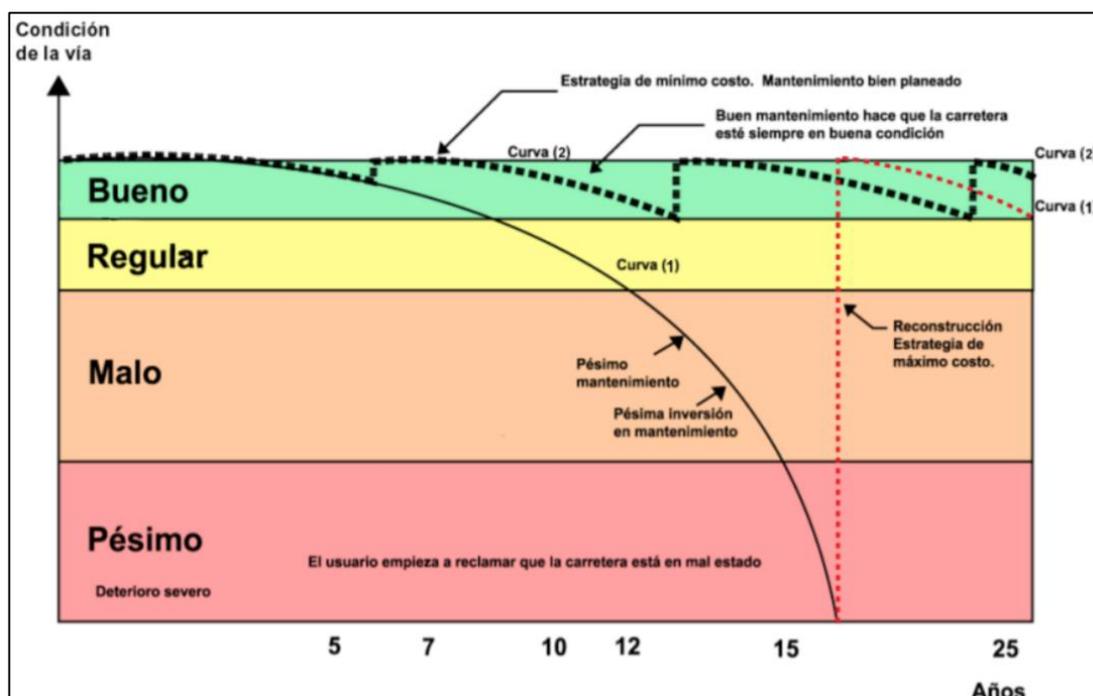


Figura 29: Curva de serviciabilidad de un pavimento y estrategias de conservación. Fuente: Barrantes Jimenez, R. et al (2008).

Es entonces evidente que la mejor estrategia es la de tipo continua que, aunque implica mayor frecuencia de tareas de conservación, requiere menores gastos en el mantenimiento del pavimento, tratando de mantener sus niveles de serviciabilidad inicial. Sin embargo, es usual que no se destinen los recursos necesarios ni se desarrollen planificaciones adecuadas para

lograr tales estrategias, decayendo en la no deseada situación de una estrategia puntual, que conlleva seguramente un gran gasto en reconstrucción o rehabilitación.

2.3 Diagnóstico de la estructura actual del pavimento

A partir del relevamiento visual y fotográfico realizado en toda la extensión del tramo en estudio. Se concluye con el diagnóstico de patologías en el pavimento flexible existente, realizando un **análisis cualitativo** del mismo.

2.3.1 Fisuras Longitudinales

Se observaron discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. Posibles causas:

- Reflexión de grietas de las capas inferiores.
- Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura.



Figura 30: Fisura longitudinal sobre pavimento existente. Fuente: Elaboración propia.

2.3.2 Piel de cocodrilo

Existencia de una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, localizadas en zonas sujetas a repeticiones de cargas de tránsito. Se produce principalmente por fatiga de la estructura, dada por:

- Espesor de estructura insuficiente.
- Deformaciones de la subrasante.
- Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (envejecimiento del asfalto).
- Problemas de drenaje que afectan a los materiales granulares.

La presencia de esta patología favorece la penetración de humedad en la calzada y debilitando la estructura granular. Cuando el estado de esta patología es avanzado, provoca el desprendimiento por sectores con pérdida de la capa asfáltica.



Figura 31: Principios de formación de piel de cocodrilo a lo largo de toda la calzada. Fuente: Elaboración propia.

2.3.3 Pérdida del agregado

Pudo visualizarse la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados en la mezcla asfáltica, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos. Posibles causas:

- Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales de recuperación superficial.
- Problemas de adherencia entre agregado y asfalto.
- Uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes.
- Endurecimiento significativo del asfalto.
- Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica.
- Contaminación de la capa de rodadura con aceite, gasolina y otros.



Figura 32: Pérdida del agregado en capa de rodadura. Fuente: Elaboración propia.

2.3.4 Desgaste superficial

Se observó deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante y mortero. Con focos en las zonas por donde transitan los vehículos. Posibles causas:

- Endurecimiento significativo del asfalto.
- Falta de adherencia del asfalto con los agregados.
- Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla.
- Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos además del tránsito.



Figura 33: Desgaste de capa de rodadura. Fuente: Elaboración propia.

Este desgaste en la capa de rodadura provoca un redondeado en el agregado pétreo de la mezcla asfáltica y disminuye la adherencia entre el neumático y la calzada.

2.3.5 Baches

Desintegración total de la capa asfáltica que deja expuestos los materiales granulares de las capas inferiores a los agentes externos lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido al tránsito. Posibles causas:

- Retención de agua en zonas fisuradas.
- Evolución de piel de cocodrilo.
- Carencia de penetración de la imprimación de bases regulares



Figura 34: Baches a lo largo del tramo en estudio. Fuente: Elaboración propia.

También existe la presencia de parches en áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar (material de bacheo), ya sea para reparar la estructura (a nivel de concreto asfáltico o hasta las capas granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red o conexión de servicios.



Figura 35: Bacheo de carpeta. Fuente: Elaboración propia.

2.3.6. Técnicas de mantenimiento defectuosas

Existen diferentes técnicas para el mantenimiento de fisuras longitudinales, transversales o patología propia del pavimento, diferenciándose entre rígidos y flexibles. Según el comportamiento propio de cada tipo de pavimento, se deben estudiar las técnicas adecuadas que restituyan el deterioro. Para ello es imprescindible que se realice con materiales

compatibles que eviten deformaciones incómodas para el usuario. Es decir, es desaconsejable el uso de métodos correctivos de pavimentos flexibles en pavimentos rígidos y viceversa.



Figura 36: Técnica de mantenimiento incorrecta aplicada en pavimento rígido. Fuente: Elaboración propia.

2.3.7 Banquina inexistente

El camino no posee una banquina correctamente realizada, esto favorece el ingreso de agua al paquete estructural provocando erosión por parte los agentes externos y pérdida de capacidad en las capas inferiores de la estructura.



Figura 37: Banquinas inexistentes y en mal estado. Fuente: Elaboración propia.

2.4 Relevamiento fotográfico de puntos de interés

A continuación, se muestran imágenes del primer relevamiento fotográfico realizado, en las cuales se expone el estado general de la ruta y su entorno, edificaciones, cunetas, banquetas, alcantarillas, estacionamiento recreativo a la margen del camino, entre otras. Esos puntos de interés deben ser tenidos en cuenta al momento de realizar el proyecto, tanto en planimetría, altimetría y secciones transversales. Esto condicionará la necesidad de realizar traslados y/o demoliciones en caso de ser necesario.



Ilustración 1: Puente existente sobre Río Blanco.



Ilustración 2: Alcantarillado existente a reconstruir.



Ilustración 3: Rocas de gran tamaño a orillas del camino.



Ilustración 4: Tendido eléctrico.



Ilustración 5: Partidores y compartos en veredas.



Ilustración 6: Transformador eléctrico.



Ilustración 7: Entradas de viviendas a reconstruir.



Ilustración 8: Entradas de viviendas a reconstruir.



Ilustración 9: Ocupación particular de la zona de camino.



Ilustración 10: Antiguo puente de la década de los 80.



Ilustración 11: Antiguo acueducto.



Ilustración 12: Construcción privada en zona de camino.



Ilustración 13: Alcantarilla a reconstruir.



Ilustración 14: Alcantarilla a reconstruir.



Ilustración 15: Zona recreativo a la margen del camino

Todas las ilustraciones fueron imágenes tomadas in situ durante una visita al lugar, siendo de elaboración propia.

CAPÍTULO 3 - ANÁLISIS Y PROGNOSIS VEHICULAR

3.1 Introducción:

En la enorme mayoría de los proyectos ingenieriles se presenta una situación que “solicita” a la estructura estudiada, y la bondad de dicha estructura para resistirla define su desempeño a lo largo de su vida útil. Dicha sollicitación se puede entender como esfuerzos internos axiales, cortantes o flectores para estructuras edilicias; caudales, empujes, golpes de ariete para infraestructura hidráulica; y en los proyectos viales, una de las sollicitaciones que definen el mismo es el tránsito vehicular.

Los vehículos, en su amplia variedad y clasificación, imponen al pavimento proyectado cargas de carácter cíclico, de aplicación instantánea y corta duración, lo que comparado a los efectos que genera una aplicación de carga tipo estática, ahora se debe considerar realmente como una carga dinámica que genera compresiones, tracciones, flexiones, acentuados por un proceso de fatiga en el material.

La importancia de entender la influencia del tránsito y su frecuencia sobre el pavimento radica en que si se conocen las leyes de fatiga de los materiales, puede estimarse el número de procesos de carga/descarga que es capaz de soportar cada capa estructural y por tanto, su durabilidad y la del pavimento en su conjunto. Estimada la intensidad del tránsito prevista en dicha vía, puede calcularse su vida útil aplicando el resultado anterior.

Además de su aplicación totalmente necesaria en el dimensionado de las capas estructurales del pavimento, el tránsito es una variable preponderante en la determinación del Nivel de Servicio que presta la carretera, ya sea en el inicio de su vida útil o en el último año del periodo. Los niveles de servicio se han definido de forma tal que representen rangos razonables de las tres variables: velocidad de marcha, densidad y volumen equivalente. Los Niveles de Servicio se entienden entonces como “medida de eficiencia” ya que la velocidad por sí sola no es adecuada para medir dicha eficiencia dado que existe un amplio rango de volúmenes de tránsito para los cuales la velocidad se mantiene relativamente constante. Aunque la velocidad es la mayor preocupación de los conductores con respecto a la calidad del servicio, la libertad para maniobrar y la proximidad con otros vehículos son parámetros igualmente importantes.

En este capítulo se abordará entonces el análisis del tránsito en la “Av. Los Cóndores” (RP89), partiendo de las mediciones de campo realizadas por la Dirección Provincial de Vialidad en censos de cobertura. Dichas mediciones deberán ser proyectadas a valores medios anuales (TMDA) y luego estimadas a futuro, a fines del periodo de diseño. Tales estimaciones futuras,

llamadas “prognosis”, se basarán en el cálculo de una tasa de crecimiento vehicular interanual, a determinar según censos permanentes desarrollados en áreas similares a la del proyecto.

Determinado el tránsito futuro, se planteará la composición del flujo vehicular del mismo. Este paso es indispensable para definir las cargas por eje que se impartirán a la estructura del pavimento una vez alcanzada la vida útil del proyecto (año para el cual se diseña). Esto garantizará el desempeño estructural del camino (estudio a ser abordado en el Capítulo 4).

3.2. Censos de Tránsito:

Como se anticipó, se hace indispensable obtener información acerca de las características de la circulación de vehículos en las carreteras existentes. Para ello se emplean métodos de aforo o censo que serán más o menos precisos dependiendo del grado de exactitud que se pretenda obtener.

Las características que son importantes en un censo de tránsito son:

- Volúmenes de circulación.
- Velocidades y tiempos de recorrido de los vehículos.
- Origen, destino y propósito de los viajes realizados.
- Accidentes de circulación.

3.2.1 Métodos para censar:

Para realizar las mediciones censales se dispone de diversos métodos, entre los cuales destacan:

- **Censos manuales:** Este tipo de aforos son los más costosos dado que emplean personal calificado para su realización. Su metodología es simple: el censista se coloca en una sección de carretera y realiza un conteo de todos los vehículos que circulan a través de ella, ya sea por medio de planillas de conteo, o bien a través de aparatos electrónicos o pulsadores.
- **Censos automáticos:** Se basan en el uso de mecanismos automáticos que detectan el paso de vehículos, procediendo a su conteo y posterior almacenamiento. Los dispositivos más empleados en este tipo de censos son los neumáticos. Otro tipo de sistemas empleados son los detectores de lazo o bucle, basados en la inducción electromagnética e incluso detectores basados en ondas de choque o en el láser.
- **Censos móviles:** En ciertas situaciones puede interesar la determinación de censos en un tramo determinado, para lo que se recurre al conteo de vehículos desde otro automóvil en movimiento e integrado en la corriente de tráfico. Ejemplos a destacar:

método del automóvil flotante, método del vehículo en movimiento, método de la velocidad promedio, etc.

- **Censos fotográficos:** Se basan en el control aéreo de la circulación, aprovechando los medios de los que se dispone para la vigilancia del tráfico. Es un método caro e inusual, aunque puede ofrecer información interesante acerca de las densidades, velocidades e incluso intensidades de tráfico.

3.2.2. Estaciones censales. Tipos de censos:

Para realizar una correcta y completa medida de las propiedades del tránsito a lo largo y ancho de la red vial, se recurre a instalar una serie de estaciones dedicadas al censado de vehículos y situadas en puntos estratégicos previamente definidos.

Es evidente que no todas las estaciones realizarán medidas de la misma calidad y profundidad; algunas, las situadas en zonas de gran tráfico, realizarán un conteo más exhaustivo y de mayor duración; otras, se dedicarán a censar en limitados periodos de tiempo.

- **Estaciones permanentes:** realizan un censo continuo por medio de un contador automático, conociéndose de esta forma la intensidad de cada una de las horas durante todo un año. Como resultado de las mediciones hechas por las estaciones permanentes pueden estimarse los ciclos y fluctuaciones del tránsito (diario, semanal y anual) como también obtener tendencias de evolución y crecimiento a largo plazo (prognosis). Este tipo de estaciones permite obtener el verdadero valor del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) de la vía.
- **Estaciones de cobertura:** su finalidad es la estimación del TMDA⁶ a partir de un único censo anual como mínimo y de duración de entre 24 y 48 horas. Debe colocarse al menos una estación de cobertura en cada tramo de carretera en el que se suponga constante el volumen del tránsito. El objetivo es determinar el TMDA en función de las curvas de variación de la red o de los índices de correlación temporales.
- **Censos de Composición o Clasificación:** Determina el tipo y la cantidad de vehículos de cada categoría.
- **Censos de Origen y Destino:** permiten determinar las características de los viajes, es decir cuál es su origen y destino y por qué se realizan.
- **Censos de cargas. WIN:** logran definir la composición de cargas por eje, distancia entre ejes, velocidad y categoría del vehículo.

⁶ TMDA: Tránsito Medio Diario Anual: promedio diario anual del número de vehículos que pasan durante un año dividido el número de días del mismo.

3.3. Determinación del TMDA. Principios teóricos:

La planificación y realización de censos de tránsito tiene como objetivo el obtener, entre otros valores, el TMDA de cada uno de los tramos que conforman la red vial. Para ello, se estudian los datos según hayan sido obtenidos de las diferentes clases de estaciones censales existentes. En el caso de estaciones permanentes, la obtención del TMDA es inmediata, efectuando la media obtenida a lo largo del año.

$$TMDA = \frac{\sum \text{Tránsitos diarios censados}}{365 \text{ días}}$$

Sin embargo, en la mayoría de los casos se cuenta con estudios censales obtenidos de estaciones de cobertura. En estos casos, será necesario emplear una serie de factores de conversión que permitan ajustar las medidas de volúmenes efectuadas.

Dichos factores de conversión se obtienen por correlación con tránsitos obtenidos de estaciones permanentes ubicadas en una Zona o Red Socioeconómica Homogénea, es decir, que tenga actividades, desarrollo social, viajes de origen y destino, composición vehicular, etc., similares a la del punto censado.

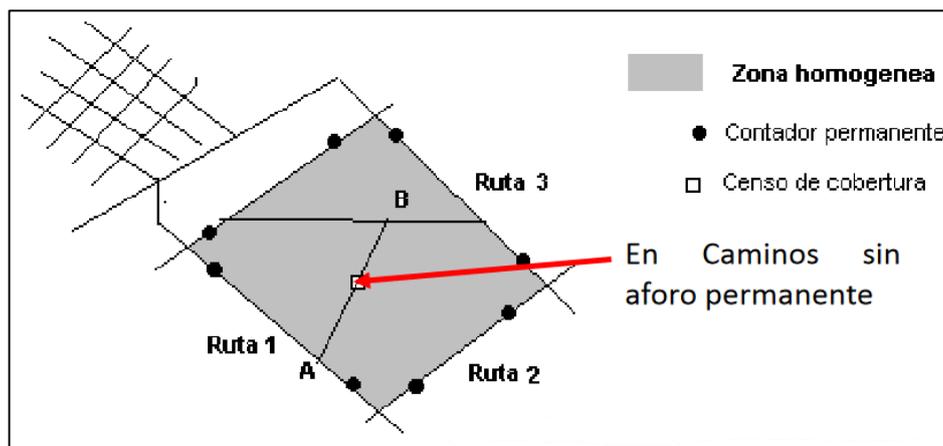


Figura 38 – Zona homogénea para un censo de cobertura. Fuente: Espinoza, E. et al (Vías de Comunicación I, UTN – FRM, 2019).

En la Figura 38 se ilustra el concepto de zona homogénea y su aplicación. Se tienen contadores permanentes en las Rutas 1, 2 y 3, que demarcan una zona sombreada. Dentro de dicha zona, sobre un camino entre puntos A y B, se realiza un censo de cobertura temporal. Los volúmenes censados en dicho puesto de cobertura se pueden extrapolar a valores medios anuales gracias a los factores de conversión obtenidos en los puestos permanentes.

Este mecanismo de estimación del TMDA será aplicado para obtener el promedio anual sobre la Av. Los Cóndores (RP89).

3.4. Determinación del TMDA para la Av. Los Cóndores – RP 89:

Con base a lo anteriormente expuesto, se procederá a obtener el valor del Tránsito Medio Diario Anual por sobre la Avenida Los Cóndores (RP89) en la localidad de Potrerillos.

Como punto de partida, se cuenta con estudios de tránsito efectuados por el Departamento de Planeamiento de la Dirección Provincial de Vialidad, de la Provincia de Mendoza. Dichos estudios consisten en censos de tránsito de tipo cobertura, realizados en los años 2018 y 2019.

El tramo censado es el comprendido entre el puente de acceso a Potrerillos, sobre el Río Blanco, y el acceso a la localidad de El Salto. Sobre el mismo se realizó el estudio censal en los meses de Abril del año 2018 y Enero del 2019.



Identificación **R.P. N° 89** Departamento: **LUJAN DE CUYO**
 Estación: **E1a** Inicio Conteo: **18-abr-18**
 Progresiva: **4.200** Término Conteo: **24-abr-18**
 Tramo: **R.P. N° 82 (Puente s/Río Blanco) - (Ingr.) EL SALTO**

VOLUMEN GENERAL DE TRANSITO SEMANAL

HORA / DIA	18- mié	19- jue	20- vie	21- sáb	22- dom	23- lun	24- mar	Total	%	TMDS
00:00 - 00:59	14	11	8	21	22	6	14	96	0,77	14
01:00 - 01:59	5	2	10	16	24	4	7	68	0,55	10
02:00 - 02:59	3	2	3	9	17	4	5	43	0,35	6
03:00 - 03:59	5	5	2	6	5	7	3	33	0,27	5
04:00 - 04:59	1	1	4	7	6	0	4	23	0,19	3
05:00 - 05:59	4	6	7	5	4	4	5	35	0,28	5
06:00 - 06:59	11	12	17	11	4	19	12	86	0,69	12
07:00 - 07:59	37	26	29	28	19	31	34	204	1,64	29
08:00 - 08:59	39	62	58	55	30	56	59	359	2,89	51
09:00 - 09:59	62	66	58	87	79	67	66	485	3,90	69
10:00 - 10:59	60	69	88	127	183	50	67	644	5,18	92
11:00 - 11:59	80	87	86	174	310	72	61	870	7,00	124
12:00 - 12:59	81	72	83	203	439	82	91	1051	8,46	150
13:00 - 13:59	67	74	97	208	447	64	76	1033	8,32	148
14:00 - 14:59	65	75	72	201	330	57	58	858	6,91	123
15:00 - 15:59	53	70	93	194	340	94	58	902	7,26	129
16:00 - 16:59	65	59	104	208	411	72	71	990	7,97	141
17:00 - 17:59	80	86	108	270	480	86	86	1196	9,63	171
18:00 - 18:59	68	65	101	247	475	69	80	1105	8,89	158
19:00 - 19:59	76	72	98	219	373	85	76	999	8,04	143
20:00 - 20:59	42	65	92	125	199	54	48	625	5,03	89
21:00 - 21:59	35	42	52	75	78	42	33	357	2,87	51
22:00 - 22:59	24	25	35	50	44	13	20	211	1,70	30
23:00 - 23:59	6	15	30	46	26	17	10	150	1,21	21
Total	983	1069	1335	2592	4345	1055	1044	12423	100,00	1775
Porcentajes	7,91%	8,61%	10,75%	20,86%	34,98%	8,49%	8,40%	100,00%		

Figura 39 – Censo de tránsito semanal sobre RP89. Fuente: Departamento de Planeamiento, DPV (Abril, 2018).



DEPARTAMENTO PLANEAMIENTO

División Censo y Tránsito

Folio: 1

Identificación **R.P. N° 89**
 Estación: **E1a**
 Progresiva: **4.200**
 Tramo: **R.P. N° 82 (Puente s/Río Blanco) - (Ingr.) EL SALTO**

Departamento: **LUJAN DE CUYO**
 Inicio Conteo: **4-ene-19**
 Término Conteo: **10-ene-19**

VOLUMEN GENERAL DE TRANSITO SEMANAL

HORA / DIA	4- vie	5- sáb	6- dom	7- lun	8- mar	9- mié	10- jue	Total	%	TMDS
00:00 - 00:59	20	34	51	30	24	19	23	201	1,16	29
01:00 - 01:59	21	17	34	13	13	11	12	121	0,70	17
02:00 - 02:59	5	13	21	5	6	5	6	61	0,35	9
03:00 - 03:59	5	8	19	6	5	4	5	52	0,30	7
04:00 - 04:59	2	11	6	2	0	5	4	30	0,17	4
05:00 - 05:59	7	9	8	6	7	8	4	49	0,28	7
06:00 - 06:59	20	18	14	22	32	18	21	145	0,84	21
07:00 - 07:59	49	41	19	62	35	37	29	272	1,57	39
08:00 - 08:59	64	72	59	79	69	49	45	437	2,52	62
09:00 - 09:59	82	149	113	126	102	93	88	753	4,34	108
10:00 - 10:59	29	216	216	145	160	160	106	1032	5,95	147
11:00 - 11:59	173	324	291	152	164	160	143	1407	8,11	201
12:00 - 12:59	197	296	259	170	142	161	152	1377	7,94	197
13:00 - 13:59	139	243	275	142	138	158	119	1214	7,00	173
14:00 - 14:59	135	225	221	127	119	125	121	1073	6,19	153
15:00 - 15:59	137	209	204	124	121	132	118	1045	6,02	149
16:00 - 16:59	149	191	201	138	129	138	116	1062	6,12	152
17:00 - 17:59	155	255	318	146	124	155	138	1291	7,44	184
18:00 - 18:59	211	278	360	145	170	168	124	1456	8,39	208
19:00 - 19:59	178	244	403	149	154	160	109	1397	8,05	200
20:00 - 20:59	178	226	263	137	148	122	99	1173	6,76	168
21:00 - 21:59	127	190	174	112	103	111	78	895	5,16	128
22:00 - 22:59	87	125	83	65	70	48	56	534	3,08	76
23:00 - 23:59	51	67	55	23	32	19	22	269	1,55	38
Total	2221	3461	3667	2126	2067	2066	1738	17346	100,00	2478
Porcentajes	12,80%	19,95%	21,14%	12,26%	11,92%	11,91%	10,02%	100,00%		

Figura 40 – Censo de tránsito semanal sobre RP89. Fuente: Departamento de Planeamiento, DPV. (Enero, 2019).

De los censos realizados por la DPV, adjuntos sus resultados en las Figuras 39 y 40, se obtienen los Tránsitos Medios Diarios Semanales (TMDS). Para los fines prácticos del presente proyecto, **se acepta que dichos valores de TMDS sean equivalentes a los valores del Tránsito Medio Diario Mensual (TMDM):**

$$TMDS_{\text{ABRIL 2018}} = TMDM_{\text{ABRIL 2018}} = 1775 \text{ veh/día}$$

$$TMDS_{\text{ENERO 2019}} = TMDM_{\text{ENERO 2019}} = 2478 \text{ veh/día}$$

Siendo sin embargo el objetivo del estudio el determinar el TMDS de la Av. Los Cóndores, se debe partir de los TMDM para obtener los promedios anuales. Dado que los censos efectuados por la DPV son de tipo “cobertura”, no se poseen los factores de conversión propios de dicha estación de censos. Es por ello que, según lo anteriormente explicado, se puede proceder a estimar el TMDS de la RP89 en función del concepto de la Zona Homogénea.

Realizando un relevamiento de información de tránsito, se tiene que sobre la Ruta Nacional N°7, en las proximidades con su empalme a la RP 89, se tienen discriminados tramos de análisis sobre los cuales se han realizado censos de tránsito. Dichos tramos de la RN7 son:

- Tramo 1: Acceso a Destilería YPF – Acceso a Potrerillos: kilómetros 1063,41 a 1095,42.
- Tramo 2: Acceso a Potrerillos – Uspallata: kilómetros 1095,42 a 1141,19.
- Tramo 3: Uspallata – Acceso a Puente del Inca: kilómetros 1141,19 a 1218,70.

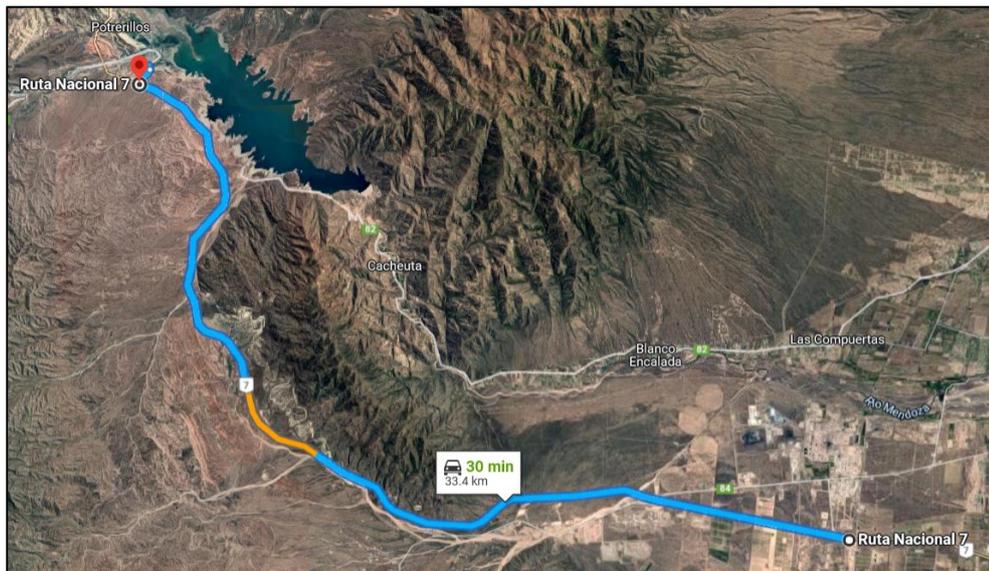


Figura 41: Tramo 1 - Acc. Destilería YPF - Acceso a Potrerillos. Fuente: Google Maps (diciembre 2021).

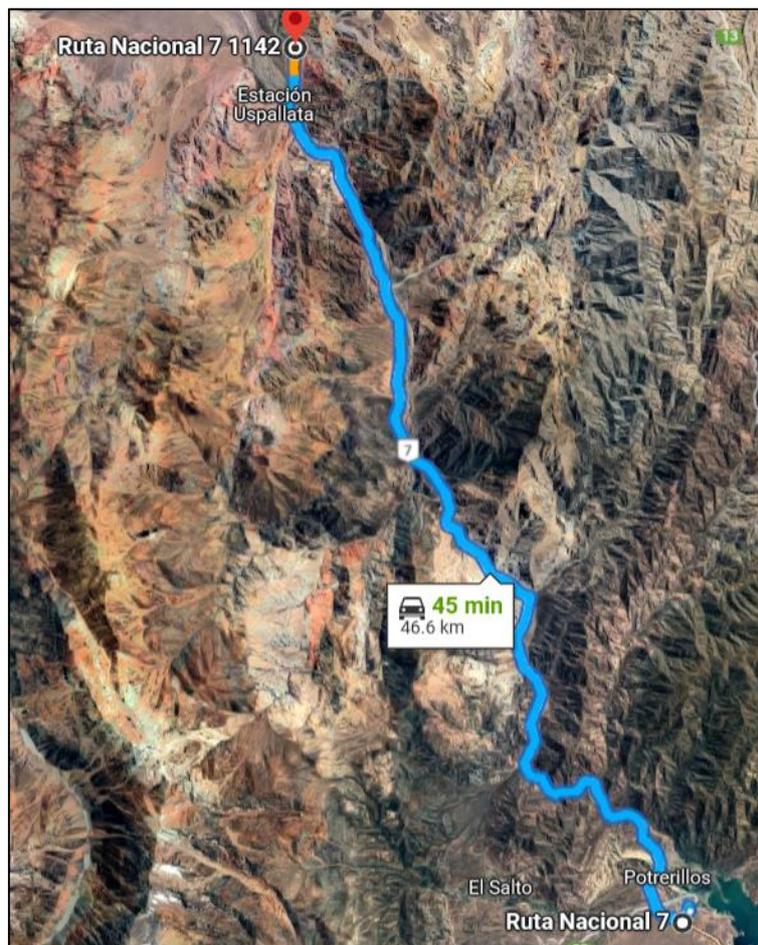


Figura 42: Tramo 2 - Acceso a Potrerillos - Uspallata. Fuente: Google Maps (diciembre 2021).

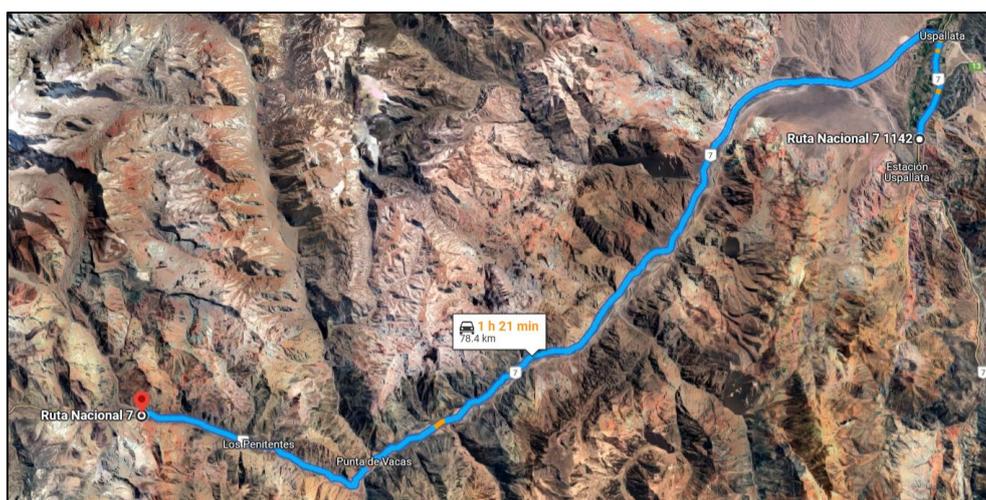


Figura 43: Tramo 3 - Uspallata – Acceso a Puente del Inca. Fuente: Google Maps (diciembre 2021).

Los tramos indicados, a pesar de ser parte de una vía de categoría nacional, de gran importancia en el transporte internacional bioceánico Argentina-Chile, pueden tomarse como

representativos de la zona en estudio, principalmente los valores de los factores de conversión temporales.

Los factores de conversión a emplear son aquellos que permitirán realizar la equivalencia del Tránsito Medio Diario Mensual (TMDM) al Tránsito Medio Diario Anual (TMDA), los cuales se pueden obtener de la página web oficial de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), apartado de Variaciones.

Dado que los censos de cobertura realizados por la DPV se efectuaron en Abril de 2018 y Enero de 2019, se buscan dichos años en la página web de la DNV. Luego, se precisa la ruta a analizar (RN7) y el tramo del cual se tienen datos.

Por ejemplo, para el Tramo 1 Tramo 1: Acceso a Destilería YPF – Acceso a Potrerillos: kilómetros 1063,41 a 1095,42, de la RN7, en el año 2018 se tienen los siguientes factores de conversión de TMDM a TMDA:

Factores Mensuales

Factores de ajuste mensual

Factores de ajuste diarios

Factores de ajuste horarios

Factores de ajuste de periodos

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

Ruta: 0007 Año: 2018 Tipo de Día: Todos
Tramo: 1040040 Prog. Inicio: km: 1063.41 Prog. Fin: km: 1095.42
Descripcion: ACC.A DESTILERIA YPF - ACC.A POTRERILLOS Distrito: DTO: 4

Mes	Factor Mensual
1	0,599
2	0,619
3	0,860
4	1,006
5	1,253
6	1,547
7	1,012
8	1,253
9	1,281
10	1,253
11	1,268
12	1,024

Figura 44 – Factores de conversión mensual a anual. Fuente: página web de la DNV (marzo, 2022).

Procediendo de dicha manera, se resume entonces para cada tramo el valor del factor de conversión correspondiente al mes y año en el que se realizó el censo:

Tabla 2: Factores de conversión de TMDM a TMDA de la RN7. Fuente: página web de la DNV (2021).

Tramo	Mes	Año	Factor de conversión
Tramo 1: Acc. Destilería – Acc. Potrerillos	Enero	2019	0,678
	Abril	2018	1,006
Tramo 2: Acc. Potrerillos – Uspallata	Enero	2019	No posee al ser Censo de Cobertura.
	Abril	2018	
Tramo 3: Uspallata – Acc. Puente del Inca	Enero	2019	0,654
	Abril	2018	1,055

Con dichos valores de los factores de conversión, entendidos que provienen de una Zona Homogénea a la Av. Los Cóndores, se procede a calcular el TMDA del año 2018 y del 2019 para la vía en estudio. Se recuerda que se ha derivado en emplear factores de la RN7 dado que la DPV no cuenta con estaciones permanentes para el censado vehicular que permitan calcularlos.

Según Rivera (2007), se puede estimar el TMDA partiendo del TMDS (tránsito medio diario semanal) asumido como TMDM (tránsito medio diario mensual), empleando el factor de conversión mensual “ f_{em} ”:

$$TMDA = TMDS * f_{em} \quad (2)$$

Siendo que se tienen dos valores de f_{em} por año (dado que se estima para dos meses distintos), se acepta promediar dichos valores para obtener un f_{em} propio para el mes de enero y otro para el mes de abril. Se tiene entonces:

- $f_{em - ENERO} = 0,666$
- $f_{em - ABRIL} = 1,031$

Por tanto, para los años 2018 y 2019, de los cuales se tiene información del TMDS=TMDM, se obtiene el TMDA:

Tabla 3: Valores de TMDA obtenidos de la corrección de los TMDM. Fuente: elaboración propia.

Mes	TMDS=TMDM [veh/día]	f_{em}	TMDA [veh/día]
Enero 2019	2478	0,666	1651
Abril 2018	1775	1,031	1830

En la Tabla 3 se muestran dos valores de TMDA obtenidos, uno para 2018 (1830 veh/día) y otro para enero (1651 veh/día).

Analizando la situación de la Av. Los Cóndores, se entiende que el hecho que el TMDM de Enero sea mucho mayor al del TMDM de Abril (a pesar de ser distintos años) dado el periodo vacacional. La Villa Potrerillos y sus alrededores se han configurado como una importante zona turística de la zona precordillerana de Mendoza, por lo que se entiende que la diferencia de valores responde a una mayor afluencia de tránsito turista.

Diseñar un proyecto vial con un valor de TMDM como el de Enero, de suceso esporádico en el año, el cual se prolonga por poco tiempo en el análisis anual, llevaría a concebir proyectos que pocas veces al año se verían solicitados a su capacidad⁷, lo que presupondría un derroche de recursos materiales, económicos y de mano de obra para construir una obra que la gran parte del año se encontraría “sobredimensionada” para la demanda que realmente tendrá.

Se acepta entonces no emplear el tránsito medido en Enero del 2019, por lo antedicho, procediendo a adoptar como el tránsito para el proyecto el valor de TMDM de Abril de 2018, corregido a un valor de TMDA como anteriormente se efectuó.

En resumen, el valor de TMDA en la Av. Los Cóndores (RP 89) a tener como dato para el año 2018 es:

TMDA 2018 (RP89)= 1830 [veh/día]

3.5. Prognosis a futuro del tránsito en Avenida Los Cóndores:

El estudio del tránsito para el proyecto de una obra vial no debe limitarse solamente a definir la cantidad de vehículos que circulan en el año de inicio de estudios y elaboración del proyecto, sino que es fundamental establecer el tránsito estimado para el fin del periodo de diseño o vida útil de la obra, contado desde el momento en que la misma se inaugura.

No tener en cuenta el crecimiento del tránsito en el proyecto de una obra vial es un grave error que a futuro provocará un pobre desempeño de la vía, que seguramente alcanzará su capacidad ante un porcentaje de demanda mucho menor al máximo previsto.

Estimar el tránsito a futuro consiste en calcular el adicional de vehículos circulantes que se incorpora al volumen existente, el cual se desglosa en un tránsito generado por un crecimiento normal basado en el ritmo de crecimiento poblacional y la tasa de motorización (que se deduce del análisis de datos históricos); y un crecimiento por tránsito generado y atraído por las mejores prestaciones de la vía (conductores que prefieren usar el trazado nuevo antes que otros existentes por su mejor calidad de circulación).

⁷ Capacidad: es el valor máximo sostenido de flujo (15') en un punto o segmento uniforme para las condiciones prevalecientes de tránsito y calzada.

Lo dicho anteriormente se puede resumir en un gráfico que parte de un tránsito inicial o actual “TA”, considerado como el TMDA del año en que se inician los estudios para el proyecto, para llegar a un tránsito futuro “TF” que es el resultado de adicionar el Incremento del Tránsito “IT”. Este incremento se compone de dos volúmenes, el generado por el Crecimiento Normal del Tránsito “CNT” y el Tránsito Generado/Atraído “TG” producto del mayor número de conductores que deseen emplear la vía por sus mejores prestaciones.

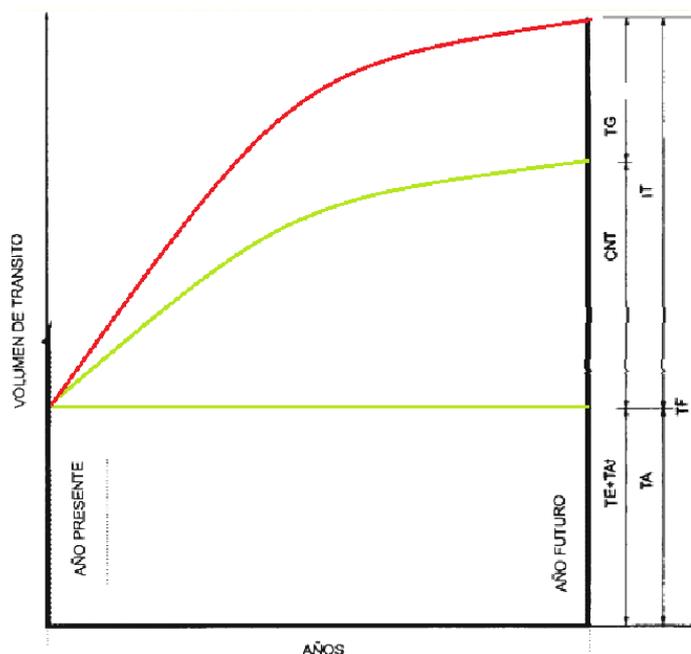


Figura 45: Curvas del crecimiento del tránsito para un periodo de diseño. Fuente: Espinoza, E. et al (2019, Vías de Comunicación I, UTN – FRM).

3.5.1. Tránsito Actual.

El valor tomado para el tránsito actual o TA, como se indica en la Figura 45, es el valor del TMDA adoptado para el año 2018.

Luego se aplicará el procedimiento de prognosis para determinar el TMDA del año 2022, que será considerado como un nuevo Tránsito Actual o Inicial (TA'), a partir del cual serán contados los años previstos para el estudio, desarrollo del proyecto, generación de documentación, licitación e inauguración. Luego se plantea un nuevo valor de tránsito para el inicio del periodo de funcionamiento, desde el cual se procede a hacer el crecimiento a lo largo de los “n” años adoptados como vida útil.

Por lo dicho anteriormente, se adopta:

$$TA = TMDA_{2018} = 1830 \text{ veh/día.}$$

3.5.2. Crecimiento Normal del Tránsito.

El desarrollo de las acciones sobre la red vial estipuladas para lograr los objetivos propuestos en el planeamiento precisa disponer de una metodología que permita efectuar previsiones y conocer cuál será el funcionamiento del sistema de carreteras en un futuro si se llevan a cabo o no determinadas actuaciones. Esta metodología consistirá en el desarrollo de modelos de tipo matemático que permita estudiar el comportamiento del tránsito en la carretera. Algunos de estos modelos son:

- **Método del factor uniforme:** Supone que el tráfico futuro entre dos zonas (TF) será igual al actual (TA), multiplicado por un factor de crecimiento uniforme para toda el área (F):

$$TF = F * TA \quad (3)$$

- **Método del factor promedio:** Idéntico al anterior, sólo que considera como factor de crecimiento la media aritmética entre los factores de cada una de las zonas sometidas a estudio:

$$TF = \frac{F_A + F_B}{2} * TA \quad (4)$$

- **Métodos exponenciales:** Se basan en el empleo de una fórmula de tipo exponencial, relacionando con la tasa de crecimiento anual (i), el periodo de tiempo considerado en años (n) y el valor actual de la magnitud a analizar (TA) para obtener dicho valor dentro de n años (TF). Es una forma sencilla de prever la demanda, aunque su fiabilidad decae ante periodos de análisis grandes.

$$TF = TA * (1 + i)^n \quad (5)$$

Existen otros métodos de mayor precisión pero que requieren mayor cantidad de datos, un desarrollo mucho más complejo, con resultados que en definitiva no están exentos en su totalidad de las incertidumbres aceptadas en los métodos anteriores. La demanda del tráfico depende de muchos factores independientes de la red vial, a saber: el desarrollo económico, la ubicación de los puntos de oferta y demanda de tránsito, las políticas de transporte público, la accesibilidad a la compra de vehículos, etc. Dado que habría que disponer de proyecciones de todos esos factores, una tarea muy compleja y fuera del alcance del presente proyecto, se acepta el empleo de uno de los métodos antes mencionados, el **Método Exponencial**.

El método exponencial precisa de tres variables:

- El tránsito actual o de partida “TA”,
- La tasa de variación interanual “i”,
- El periodo en años en el que se realizará la prognosis “n”.

El tránsito actual “TA” ya se tiene definido como 1830 veh/día (valor de TMDA correspondiente al año 2018).

El periodo en años “n” se puede discriminar en:

- Periodo de actualización del TMDA, partiendo de un valor adoptado en el año 2018 a un valor actualizado al año de inicio de los estudios, 2022; es decir, n1= 4 años.
- Lapso de tiempo estimado para el estudio y desarrollo del proyecto, generación de la documentación necesaria, llamado a licitación y adjudicación: 2 años.
- Lapso de tiempo estimado para la construcción de la obra proyectada: es un valor que depende en gran medida de la decisión del organismo licitante, pero pueden tomarse inicialmente 2 años.
- Se considerará el crecimiento del tránsito en el lapso de estudio, proyecto y construcción, por ende, n2= 4 años.
- Lapso de tiempo que corresponde a la vida útil del proyecto, la cual se puede adoptar en n3= 20 años, un valor promedio entre la vida útil de un pavimento flexible (asfáltico) y un pavimento rígido (de hormigón).

En total, el periodo de análisis será la suma de los periodos anteriormente enlistados:

Lapso total= 28 años (partiendo desde el año 2018).

Es decir, el año final estimado para la prognosis es el año 2046 (contando desde el año 2018).

El cálculo de la tasa de variación interanual “i” precisa de un análisis más detallado. La misma puede inferirse por estimaciones de todos los factores que intervienen en el crecimiento vehicular, ya sean económicos, sociales y políticos, pero realizar un análisis tan pormenorizado y complejo implica asumir estimaciones con no menor incertidumbre que un análisis histórico de la evolución del tránsito.

Estudiando la ecuación (5) del Método Exponencial, se puede obtener el valor de la tasa de crecimiento realizando el despeje de la misma:

$$\frac{\log\left(\frac{TA}{TF}\right)}{n} = \log(1 + i) \quad (6)$$

De la ecuación (6) se tendrá que la tasa de crecimiento interanual estimada será aquella que logre la equidad entre ambos miembros.

Pero se tiene una incógnita, el valor del tránsito futuro TF. Para obtener un valor aproximado del mismo, sin conocer la variación interanual, se puede estudiar el registro histórico de valores de TMDA de la vía en estudio para realizar proyecciones a futuro que sigan una tendencia similar.

Dado que la RP89 no cuenta con un registro histórico de TMDA, TMDS o TMDM, se emplea nuevamente el concepto de Zona Homogénea para aplicarse en la misma las tasas de variación interanual estudiadas en vías de la zona cercana. Así como se abordó el estudio de los tramos 1, 2 y 3 de la RN7 para obtener los factores de conversión temporal en la Sección 3.4, se procede a recabar información de los TMDA de dichos tramos registrados y publicados por la DNV.

Ingresando en la página web de la DNV, en lo que respecta a datos del TMDA, se encuentra en la interfaz la posibilidad de indicar la ruta, tramo y año de la base de datos:

The screenshot displays the 'Consultas disponibles' (Available queries) section of the DNV website. It features four blue cards with icons and text describing different query options: 'T.M.D.A.' (Traffic Mean Daily Annual), 'Variaciones' (Temporal and interannual variations), 'Segmentación' (Segmentation by ranges), and 'Clasificación' (Vehicle classification). Below this is a search interface with a dropdown for the year (set to 2019) and a search box. The results show 'Tramos Ruta: 0007' with a table of data.

Número	Distrito	Límites del Tramo	Inicio	Fin	TMDA	Detalle	Observaciones
1	Buenos Aires	INT.R.N.A001 (AV.GENERAL PAZ) - A/N R.P.4	12,47	21,64	161653	ver	Permanente

Figura 46: Sección de consultas de TMDA. Fuente: página web de la DNV (marzo, 2022).

Para los tramos mencionados de la RN7, a saber:

- Tramo 1: Acceso a Destilería YPF – Acceso a Potrerillos: kilómetros 1063,41 a 1095,42.
- Tramo 2: Acceso a Potrerillos – Uspallata: kilómetros 1095,42 a 1141,19.
- Tramo 3: Uspallata – Acceso a Puente del Inca: kilómetros 1141,19 a 1218,70.

Se obtiene el registro histórico año a año del TMDA, desde el año 2006 al año 2019. La base de datos de la DNV presenta también valores de TMDA para el año 2020. Sin embargo no se tuvieron en cuenta para la serie histórica ya que son datos con afectaciones muy particulares. El impacto de la pandemia de COVID-19 y las restricciones a la circulación adoptadas por el Gobierno Nacional en la primera mitad del 2020 afectó rotundamente la normalidad de la circulación de vehículos por las redes carreteras del país, lo que no refleja el comportamiento y uso habitual de la infraestructura vial. Por lo tanto, dado que estadísticamente los extremos y eventos particulares deben ser desestimados, solo se tuvo en cuenta la serie histórica del TMDA hasta el año 2019.

Teniendo la serie histórica anteriormente mostrada, se hace uso de la función **Crecimiento** del software de cálculo “Excel”. Dicha función devuelve los valores “Y” (TMDA) de una serie de nuevos valores “X” (años) especificados con valores “X” e “Y” existentes (TMDA y años de la serie histórica), es decir, calcula el pronóstico de crecimiento exponencial a través de los datos ya registrados. Dicha estimación se hará desde el último dato disponible de la serie (2019) para la RN7, hasta el año de fin de vida útil, 2046.

En las siguientes tablas (Tabla 4 a 6) se muestran las series históricas en color verde y las prognosis realizadas con la función “crecimiento” en azul, acompañadas del gráfico de dispersión de puntos en donde se puede plantear una función de tendencia potencial.

Tramo 1: Acceso a Destilería YPF – Acceso a Potrerillos: kilómetros 1063,41 a 1095,42.

Tabla 4: Serie de valores medidos históricos y estimados a futuro del TMDA en el tramo 1 de la RN7. Fuente: elaboración propia.

AÑO	TMDA 1 [veh/día]	TMDA 2 [veh/día]	TMDA 3 [veh/día]
2006	4084	2750	2198
2007	4250	2900	2235
2008	4318	2900	2238
2009	4116	2750	2156
2010	4447	2850	2219
2011	4841	3000	2269
2012	5483	3300	2497
2013	5591	3000	2312
2014	4881	3000	2321
2015	5019	3150	2838
2016	5087	3400	3061
2017	5183	4050	3077
2018	4343	3400	2895
2019	4000	3000	2608
2020	4958		
2021	4999		
2022	5040		
2023	5082		
2024	5124		
2025	5166		
2026	5209		
2027	5252		
2028	5295		
2029	5339		
2030	5383		
2031	5427		
2032	5472		
2033	5517		
2034	5563		
2035	5609		
2036	5655		
2037	5702		
2038	5749		
2039	5796		
2040	5844		
2041	5893		
2042	5941		
2043	5990		
2044	6040		
2045	6090		
2046	6140		

Tramo 2: Acceso a Potrerillos – Uspallata: kilómetros 1095,42 a 1141,19.

Tabla 5: serie de valores medidos históricos y estimados a futuro del TMDA en el tramo 2 de la RN7. Fuente: elaboración propia.

AÑO	TMDA 1 [veh/día]	TMDA 2 [veh/día]	TMDA 3 [veh/día]
2006	4084	2750	2198
2007	4250	2900	2235
2008	4318	2900	2238
2009	4116	2750	2156
2010	4447	2850	2219
2011	4841	3000	2269
2012	5483	3300	2497
2013	5591	3000	2312
2014	4881	3000	2321
2015	5019	3150	2838
2016	5087	3400	3061
2017	5183	4050	3077
2018	4343	3400	2895
2019	4000	3000	2608
2020		3510	
2021		3570	
2022		3632	
2023		3694	
2024		3758	
2025		3823	
2026		3889	
2027		3956	
2028		4024	
2029		4093	
2030		4164	
2031		4236	
2032		4309	
2033		4383	
2034		4458	
2035		4535	
2036		4613	
2037		4693	
2038		4774	
2039		4856	
2040		4940	
2041		5025	
2042		5112	
2043		5200	
2044		5289	
2045		5381	
2046		5473	

Tramo 3: Uspallata – Acceso a Puente del Inca: kilómetros 1141,19 a 1218,70.

Tabla 6: serie de valores medidos históricos y estimados a futuro del TMDA en el tramo 3 de la RN7. Fuente: elaboración propia.

AÑO	TMDA 1 [veh/día]	TMDA 2 [veh/día]	TMDA 3 [veh/día]
2006	4084	2750	2198
2007	4250	2900	2235
2008	4318	2900	2238
2009	4116	2750	2156
2010	4447	2850	2219
2011	4841	3000	2269
2012	5483	3300	2497
2013	5591	3000	2312
2014	4881	3000	2321
2015	5019	3150	2838
2016	5087	3400	3061
2017	5183	4050	3077
2018	4343	3400	2895
2019	4000	3000	2608
2020			2996
2021			3074
2022			3153
2023			3235
2024			3318
2025			3404
2026			3492
2027			3582
2028			3675
2029			3770
2030			3867
2031			3967
2032			4070
2033			4175
2034			4283
2035			4394
2036			4507
2037			4624
2038			4743
2039			4866
2040			4991
2041			5120
2042			5253
2043			5389
2044			5528
2045			5671
2046			5817

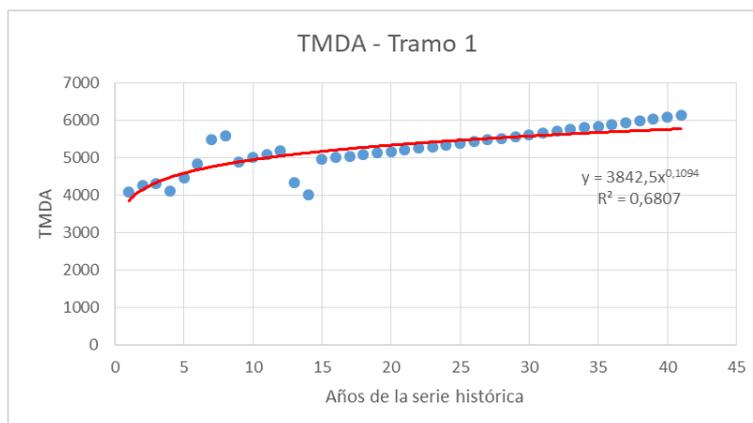


Figura 47: Curva de tendencia exponencial para la prognosis vehicular del tramo 1 en la RN7. Fuente: elaboración propia.

Tomando la ecuación 6, se definen las variables $TMDA_{2006}$, $TMDA_{2046}$ y $n=40$ (para todo el registro histórico). La resolución para hallar el valor de “i” se hace en forma iterativa, empleando la función “Buscar Objetivo” del software Excel.

TMDA (2006)	4084
TMDA (2046)	6090
n (2046-2006)	40
Primer miembro=	0.004337805
log(1+i)=	0.004364371
i (Tramo 1)=	1.01%

Tabla resumen de los valores obtenidos de la ecuación 6 para el tramo 1. Fuente: elaboración propia.

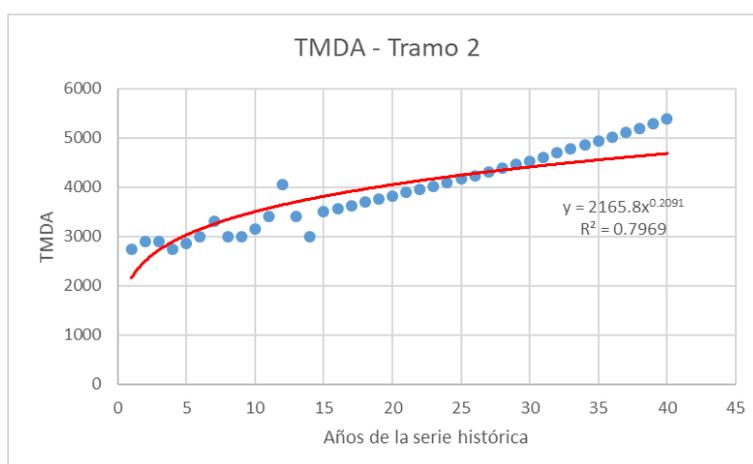


Figura 48: Curva de tendencia exponencial para la prognosis vehicular del tramo 2 en la RN7. Fuente: elaboración propia.

Tomando la ecuación 6, se definen las variables $TMDA_{2006}$, $TMDA_{2046}$ y $n=40$ (para todo el registro histórico). La resolución para hallar el valor de “i” se hace en forma iterativa, empleando la función “Buscar Objetivo” del software Excel.

TMDA (2006)	2750
TMDA (2046)	5381
n (2046-2006)	40
Primer miembro=	0.007287473
log(1+i)=	0.007491733
i (Tramo 2)=	1.74%

Tabla resumen de los valores obtenidos de la ecuación 6 para el tramo 2. Fuente: elaboración propia.

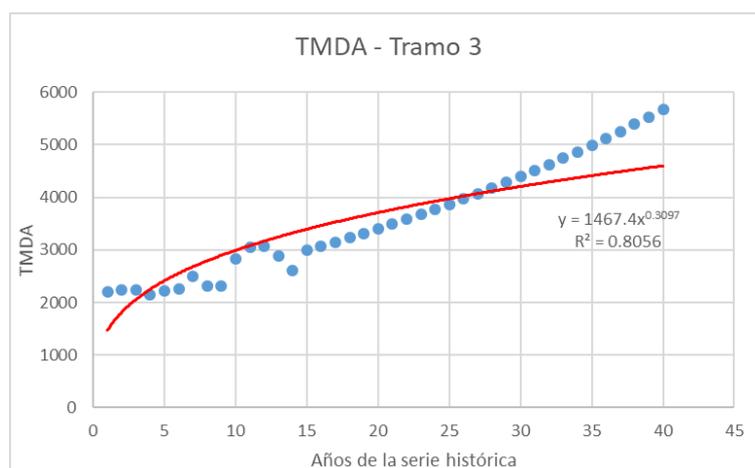


Figura 49: Curva de tendencia exponencial para la prognosis vehicular del tramo 3 en la RN7. Fuente: elaboración propia.

Tomando la ecuación 6, se definen las variables $TMDA_{2006}$, $TMDA_{2046}$ y $n=40$ (para todo el registro histórico). La resolución para hallar el valor de “i” se hace en forma iterativa, empleando la función “Buscar Objetivo” del software Excel.

TMDA (2006)	2198
TMDA (2046)	5671
n (2045-2006)	40
Primer miembro=	0.010290098
log(1+i)=	0.010184717
i (Tramo 3)=	2.37%

Tabla resumen de los valores obtenidos de la ecuación 6 para el tramo 3. Fuente: elaboración propia.

En resumen, se tienen las siguientes tasas de variación interanual entre los tramos analizados de la RN7:

Tabla 7: resumen de las variaciones interanuales de los tramos de la RN7 analizados. Fuente: elaboración propia.

Tramo	Tasa de variación interanual
1	1,01
2	1,74
3	2,37

Siguiendo el mismo criterio empleado para obtener el valor del factor de conversión fe_m en la Sección 3.4, para obtener una tasa de variación interanual única a aplicar en el tránsito de la RP89 se hará un promedio entre las calculadas para los tramos 1, 2 y 3 de la RN7, obteniéndose entonces:

$$i_{RP89} = 1,71 \%$$

Aplicando dicha tasa al valor de partida de TMDA del año 2018 (1830 veh/día) adoptado para la RP89, con un periodo de análisis de $n_1=4$ años, a través de la ecuación (5), el valor del Tránsito Actualizado al 2022 (año de inicio de estudios) por crecimiento vegetativo es:

$$TMDA_{2022} = 1830 \frac{veh}{día} * (1 + 0,0171)^4$$

$$TMDA_{2022} = 1958 \text{ veh/día}$$

Luego, previendo un periodo de estudios, elaboración de proyecto, licitación, adjudicación y construcción de $n_2= 4$ años, el TMDA para el 2026 es:

$$TMDA_{2026} = 1958 \frac{veh}{día} * (1 + 0,0171)^4$$

$$TMDA_{2026} = 2095 \text{ veh/día}$$

El valor de TMDA al año 2026 es el tránsito que se espera para el inicio del periodo de vida útil de la obra.

Considerando luego una vida útil de $n_3= 20$ años para el proyecto ya construido y en funcionamiento, el TMDA' para el año de fin de vida útil (2046) por crecimiento vegetativo es:

$$TMDA_{2046} = 2095 \frac{veh}{día} * (1 + 0,0171)^{20}$$

$$TMDA'_{2046} = 2941 \text{ veh/día}$$

NOTA: se destaca como $TMDA'_{2046}$ dado que aún se debe sumar el valor del tránsito generado/atraído por la construcción de la obra.

3.5.3. Tránsito Generado/Atraído.

No se considera un valor importante de tránsito que pueda ser atraído por la simple mejora de la Av. Los Cóndores, aparte de aquél que puede generarse por una mejor conectividad con las localidades de El Salto, Las Vegas y Vallecitos. Por lo tanto, se considera para el valor de TG un 5% del $TMDA'_{2046}$.

$$TG = TMDA'_{2046} * 5\% = 2941 \frac{veh}{día} * 0,05$$

$$TG = 147 \text{ veh/día}$$

3.5.4. Tránsito Futuro Pronosticado.

Habiendo estimado los componentes del tránsito futuro TF, el mismo se calculará como la suma:

$$TMDA_{2046} = TMDA'_{2046} + TG = 2941 \frac{veh}{día} + 147 \frac{veh}{día}$$

$$TMDA_{2046} = 3088 \text{ veh/día}$$

Dicho valor de tránsito a futuro será el estimado para realizar los cálculos y proyecto del paquete estructural del pavimento.

3.6. Composición del tránsito a fin de periodo de diseño:

Como parte esencial de lo que luego será estudiado en el Capítulo 4, la composición del tránsito es un factor clave para la determinación del paquete estructural del pavimento proyectado.

Los censos disponibles realizados por la DPV en el año 2018 dan cuenta de la composición vehicular estimada para el periodo censado, que se consideró representativo de la demanda regular de la Av. Los Cóndores fuera de las épocas turísticas de verano o invierno. Dicha composición censada se detalla en la Figura 50.



DEPARTAMENTO PLANEAMIENTO

Dirección Provincial de Vialidad

División Censo y Tránsito

Folio: 2

Identificación **R.P. N° 89**

Departamento: **LUJAN DE CUYO**

Estación: **E1a**

Inicio Conteo: **18-abr-18**

Progresiva: **4.200**

Término Conteo: **24-abr-18**

Tramo: **R.P. N° 82 (Puente s/Rio Blanco) - (Ingr.) EL SALTO**

CLASIFICACION VEHICULAR

Vehículos	18- mié	19- jue	20- vie	21- sáb	22- dom	23- lun	24- mar	Total	%	TIPO
Motos	54	41	61	177	143	55	46	577	4,64	Class 1
Autos	533	536	740	1565	2775	558	533	7240	58,28	Class 2
Pickap	312	410	411	724	1239	361	368	3825	30,79	Class 3
Bus 2	1	6	5	5	11	7	19	54	0,43	Class 4
Bus 3 y 4	6	6	7	5	8	0	0	32	0,26	Class 5
Camión 11	65	58	77	81	94	64	65	504	4,06	Class 6
Camión 12 y 13	0	0	4	2	3	1	0	10	0,08	Class 7
Camión 11 11	1	0	1	2	4	0	0	8	0,06	Class 8
Camión 11 12	0	0	0	0	0	0	2	2	0,02	Class 9
Semi 111	4	6	9	7	13	4	3	46	0,37	Class 10
Semi 121 y 112	6	4	14	23	52	5	6	110	0,89	Class 11
Semi 112-122 y 113	1	2	6	1	3	0	2	15	0,12	Class 12
Semi 12(1)2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	Class 13
Semi 123	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	Class 14
Error	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	Class 15
Total	983	1069	1335	2592	4345	1055	1044	12423	100,00	
Porcentajes	7,91%	8,61%	10,75%	20,86%	34,98%	8,49%	8,40%	100,00%		

Figura 50: Censo de tránsito semanal sobre RP89. Fuente: Departamento de Planeamiento, DPV (Abril, 2018).

Considerando una misma distribución vehicular para el año de fin de periodo de diseño, y aplicando dichos porcentajes al valor del TMDA estimado para el año 2046, se obtienen los siguientes volúmenes de distribución vehicular:

Tabla 8: composición vehicular del tránsito en Av. Los Cóndores para el año 2046. Fuente: elaboración propia.

Vehículos	%	TMDA 2046 [veh/día]	Total de vehículos [veh/día]	Tipo
Motos	4.64%	3088	143	Class 1
Autos	58.28%		1800	Class 2
Pickup	30.79%		951	Class 3
Bus 2	0.43%		13	Class 4
Bus 3 y 4	0.26%		8	Class 5
Camión 11	4.06%		125	Class 6
Camión 12 13	0.08%		2	Class 7
Camión 11 11	0.06%		2	Class 8
Camión 11 12	0.02%		1	Class 9
Semi 111	0.37%		11	Class 10
Semi 121 y 112	0.89%		27	Class 11
Semi 112-122 y 113	0.12%		4	Class 12
Semi 12(1)2	0.00%		0	Class 13
Semi 123	0.00%		0	Class 14
TOTAL=		3088		

CAPÍTULO 4 – ESPESORES DE PAVIMENTOS

4.1. Introducción. Propuesta de repavimentación.

En concordancia con lo desarrollado en el Capítulo 2 donde se realiza un relevamiento del estado de la carretera en la Av. Los Cóndores, se concluye con la necesidad de una repavimentación de la misma debido a que alcanzó su vida útil de diseño. En el presente capítulo se desarrollará una propuesta de reconstrucción del paquete estructural con sus respectivos fundamentos de diseño. Este diseño de pavimento complementará al diseño geométrico desarrollado con posterioridad.

Según especificaciones de la repartición (DPV), el nuevo pavimento será flexible (carpeta asfáltica) a lo largo de todo el camino, mientras que en rotondas e intersecciones especiales se utilizará pavimento rígido para evitar las deformaciones indeseadas que se producirá en dichas singularidades debido al tránsito que reduce su velocidad.

Es necesario entonces un estudio de las solicitaciones a las que estará sometido el paquete estructural del proyecto. En base a eso se realiza un dimensionamiento de las diversas capas componentes estructurales, considerando la clasificación vehicular obtenida en el Capítulo 3.

Esta diversidad vehicular genera cargas cíclicas de tipo dinámicas sobre la estructura las cuales, a partir de su estudio y estableciendo distintas hipótesis, es posible estudiarlas como cargas estáticas de aplicación instantánea y corta duración. Pero nunca se debe perder de vista que son cargas dinámicas que generan compresión, flexión y principalmente fatiga en los componentes del esqueleto granular de la estructura.

También es importante mencionar el método que se aplicará para el cálculo de los espesores de pavimento. Para el tipo de pavimento rígido se empleará el Método de la Portland Cement Association (PCA), mientras que para el tipo de pavimento flexible, de carpeta asfáltica, se aplicará el Método AASHTO publicado en el año 1993. Ambos métodos son completamente empíricos, debido a que se desarrollaron a partir de ensayos cumpliendo normas específicas concordantes con las hipótesis de cálculo establecidas, recomendadas y utilizadas por la Dirección Provincial de Vialidad en sus respectivos proyectos.

De esta manera se puede realizar un resumen de factores en común a considerar e investigar para el cálculo y estudio de pavimentos, ya sean rígidos (método PCA) y flexibles (método AASHTO).

Variable tiempo (vida útil – periodo de análisis):

Hay dos variables a tener en cuenta: periodo de análisis y vida útil del pavimento. La vida útil es el periodo que media entre la construcción o rehabilitación del pavimento y el momento en que este alcanza un grado de serviciabilidad mínimo. El periodo de análisis es el tiempo total que cada estrategia de diseño debe cubrir. Puede ser igual que la vida útil, pero en casos en donde se prevén reconstrucciones a lo largo del tiempo, el periodo de análisis comprende varios periodos de vida útil, el del pavimento original y el de los distintos refuerzas. Los periodos de análisis recomendados son:

Clasificación de la Vía	Período de Análisis (Años)
Urbana de Alto Volúmen de Tráfico	30 - 50
Rural de Alto Volúmen de Tráfico	20 - 50
Pavimentada de Bajo Volúmen de Tráfico	15 - 25
No Pavimentada de Bajo Volúmen de Tráfico	10 - 20

Figura 51: Vida útil en función de la importancia del camino. Fuente: Espinoza, E. et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN – FRM).

Como se estableció en el capítulo anterior, la vida útil del pavimento adoptada para el presente proyecto será de **20 años**.

Tránsito:

Los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes. A los efectos de cálculo, se los transforma en un número equivalente de ejes tipo de 80 kN o 18 kips. Se los denomina "Equivalent Simple Axial Load" o ESAL. En grandes rasgos se consideran también, factores de distribución por dirección y trocha, así como volumen de camiones.

Confiabilidad:

Confiabilidad es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil bajo las condiciones (medio ambiente) que tiene lugar en ese lapso.

Hay muchas fuentes de variabilidad en el diseño, construcción y comportamiento de un pavimento que el proyectista no puede dejar de tener en cuenta. Al momento del diseño el proyectista debe conocer ciertas variables de entrada como el tránsito, las cargas, las propiedades de los materiales y de la subrasante y de hecho estas variables pueden diferir mucho de los valores reales. También el comportamiento de un pavimento depende de la calidad de la construcción y esta es variable a lo largo del camino tal como se puede observar en los perfiles de deflexiones, causada por diferentes factores tales como espesores de capa, densidades, propiedades de los materiales equipos utilizados, etc.

La incertidumbre siempre ha sido tenida en cuenta a través del uso de coeficientes de seguridad surgidos en base a la experiencia. Cuanto mayor eran las incertidumbres, mayores eran los coeficientes de seguridad. La aplicación de estos coeficientes puede hacer que el pavimento resulte sobre o sub-dimensionado, dependiendo de las magnitudes de los coeficientes de seguridad y de la sensibilidad de los procedimientos de diseño. Una aproximación realista para encarar la incertidumbre es la que utiliza los coeficientes de seguridad que reflejan el monto de la variabilidad estadística asociada con cada uno de los parámetros en el proceso de diseño.

Características de la subrasante:

Es imprescindible conocer las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman tanto el suelo de apoyo como del paquete estructural propiamente dicho. Los ensayos destinados a medir la resistencia de un suelo frente a cargas dinámicas de tránsitos son muy variados, siendo los más comunes:

- Relación de Valor Soporte California (CBR)
- Valor de resistencia de Hveem (valor R)
- Ensayo de plato de carga (valor K)
- Penetración dinámica con cono
- Módulo resiliente. Es el más adecuado para describir el comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas de las ruedas.

Propiedades de los materiales:

Es necesario conocer las acciones inherentes a las que está sometido un componente estructural del pavimento. Estas relacionadas íntimamente con su naturaleza, como retracción, gradientes

térmicos, fluencia, elasticidad, entre otros. Así como también considera la elección de materiales y su dosificación para una durabilidad satisfactoria.

En el caso del asfalto aparecen coeficientes, los cuales son una medida de la capacidad relativa de cada capa como componente estructural de un pavimento, aunque directamente no sean un índice de la resistencia del material. No obstante de ello, estos coeficientes están correlacionados con distintos parámetros resistentes.

En el caso del hormigón, considera segregación, exudación, contracción por fragüe, trabajabilidad relacionados con este material. En este caso, el método lo considera con las pruebas empíricas dentro de los propios ábacos a utilizar.

Condiciones climáticas:

Este factor, si bien debe ser considerado en forma muy particular. Son preponderantes el clima e hidrología del lugar, cuyas variaciones de temperaturas diarias y estacionarias influyen en la vida útil del pavimento estudiado. Por lo que es primordial considerar la ubicación geográfica del proyecto. Considerando:

- *Variaciones de temperatura:* El control fundamental de la acción de las heladas tiende principalmente a evitar o reducir el levantamiento de los pavimentos, cuando las temperaturas de congelación alcanzan a la subrasante, como también al acomodamiento de ésta última cuando se descongelan, que se traduce en una considerable reducción de la capacidad portante de la subrasante aunque en un período relativamente breve.

El análisis detallado de este factor se traduce en la necesidad de la ejecución de una subbase anticongelante especialmente en el tránsito de camiones pesados.

- *Variaciones de humedad:* El contenido de humedad de un suelo tiene un impacto en el módulo resiliente. El módulo disminuye fuertemente cuando se incrementa el contenido de humedad. Esto obliga a hacer ajustes de los valores del módulo cuando el pavimento se satura en determinados períodos. Además, a mayor cantidad de ciclos de congelación y deshielo mayor será la pérdida del módulo resiliente.

Drenaje:

Este ítem está íntimamente relacionado con el anterior. Ya que el agua presente en los pavimentos puede provocar los siguientes daños:

- Migración de partículas de suelo, creando problemas de erosión.
- Fallas producidas por un escurrimiento incontrolado que llevan a la saturación, exceso de sub-presión o exceso de fuerzas de filtración.
- Ablandamiento de la subrasante cuando ésta se satura y permanece saturada durante un prolongado período.
- Degradación de la calidad del material del pavimento por acción de la humedad, por ejemplo: descascaramientos o peladuras en pavimentos asfálticos y fisuras de durabilidad en pavimentos de hormigón.

Comportamiento del pavimento y serviciabilidad:

El comportamiento de un pavimento (o performance) puede definirse como la capacidad estructural y funcional medible a lo largo de su periodo de diseño. La capacidad estructural se refiere a la capacidad para soportar las cargas impuestas por el tránsito y las condiciones ambientales.

La capacidad funcional comprende:

- Calidad aceptable de rodadura
- Adecuada fricción superficial
- Geometría apropiada para seguridad
- Aspecto estético
- El público usuario califica en forma subjetiva el comportamiento de pavimento en relación a estos parámetros.

4.2. Estudios de suelo

Para el presente proyecto, la Dirección Provincial de Vialidad (DPV) facilitó los estudios de suelo realizados en la zona. Obteniendo así características granulométricas, densidades, límites plásticos y líquidos, ensayos C.B.R., etc., realizados a distintas profundidades de suelo de acuerdo con un progresivado del camino existente.

Por lo tanto, luego de la información provista, se procedió a recapitular la información y establecer una tabla resumen para un correcto estudio del suelo, comparando sus características fácilmente. Esta tabla permite graficar un **perfil edafológico del terreno** en estudio.

En base a los valores de granulometría e índice de plasticidad especificados se realizó la clasificación HRB correspondiente, para concordar con los métodos de dimensionamiento estructural especificado.

Es importante aclarar que el estudio geotécnico del suelo indica las propiedades del mismo y establece condiciones limitantes para el desarrollo planialtimétrico del proyecto. Esto afectará entonces el movimiento de suelo a realizar.

4.2.1. Clasificación H.R.B. (Highway Research Board)

El sistema de clasificación de suelos del H.R.B (Highway Research Board), para obras de ingeniería, está basado en el comportamiento de los suelos utilizados en obras viales. Los suelos de similares capacidades portantes y condiciones de servicio fueron agrupados en siete grupos básicos, desde el A-1 al A-7.

Los suelos de cada grupo tienen, dentro de ciertos límites, características en común. A menudo, dentro de cada grupo hay una amplia variación en las capacidades portantes, cuyos valores pueden ser comunes a distintos grupos. Si solo se conoce de un suelo, el grupo al que pertenece en la clasificación del H.R.B, su capacidad portante puede variar entre límites amplios. La calidad de los suelos, para ser utilizados en subrasantes, va disminuyendo desde el A-1 al A-7, que es el más pobre.

En los últimos años, estos siete grupos básicos de suelos fueron divididos en subgrupos y se ideó el índice de grupo, para diferenciar aproximadamente algunos suelos dentro de cada grupo. Los índices de grupo aumentan su valor con la disminución de la condición del suelo para constituir subrasantes. El crecimiento del índice de grupo, en cada grupo básico de suelos, refleja los efectos combinados de los crecimientos del límite líquido e índice de plasticidad, y el decrecimiento de los materiales gruesos en detrimento de la capacidad portante de las subrasantes.

Planilla N° 2: CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS PARA SUBRASANTES (CON SUBGRUPOS)

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) hasta el 35%							SUELOS ARCILLOSO-LIMOSO Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) más del 35%			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
CLASIFICACIÓN POR GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Ensayo de tamizado por vía húmeda Porcentaje que pasa por:											
Tamiz IRAM de 2 mm. N° 10	Máx 50										
Tamiz IRAM de 425 micrómetros N° 40	Máx 30	Máx 50	Mín 51								
Tamiz IRAM de 75 micrómetros N° 200	Máx 15	Máx 25	Máx 10	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Mín 36	Mín 36	Mín 36	Mín 36
Características de la fracción que pasa por tamiz IRAM 425 micrómetros N° 40											
Límite Líquido	-	-	-	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41
Índice de Plasticidad	Máximo 6		No plástico	Máx 10	Máx 10	Mín 11	Mín 11	Máx 10	Máx 10	Mín 11	Mín 11
CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE TIPOS MAS COMUNES	Fragmentos de rocas, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas arcillosas limosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
COMPORTAMIENTO GENERAL COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno						Regular a pobre				

El Índice Plástico del Sub-Grupo A - 7 - 5 es igual o menor que LL - 30. el Índice Plástico del Sub-Grupo A - 7 - 6 es mayor que LL - 30.

Figura 52: Tabla de clasificación H.R.B. de suelos para subrasante. Fuente: Espinoza, E. et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN – FRM).

Tal como se muestra en la Figura 52, la clasificación de suelos comprende dos grandes conjuntos, el de los materiales granulares con 35 % o menos pasando el tamiz IRAM 75 micrómetro (N° 200) y el de los materiales limo-arcillosos, conteniendo más del 35 % que pasa al tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200)

Definiciones a considerar:

- Grava: pasa tamiz de abertura cuadrada de 3" y retenido en el tamiz IRAM 2,00 mm. (N° 10).
- Arena Gruesa: pasa tamiz IRAM 2,00 mm. (N° 10) y retenido en el tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40).
- Arena Fina: pasa tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40) y retenido en el tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200).
- Limo y Arcilla combinados: pasa el tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200)

Grupos y Subgrupos:

Una vez que se realiza el ensayo de granulometría y se obtienen los datos correspondientes al límite líquido, límite plástico y como consecuencia el índice de plasticidad, se puede clasificar a los suelos en grupos según su comportamiento apto para utilizarlo como material para subrasante. Como se cita anteriormente, se debe tener en cuenta el porcentaje pasante de material en el tamiz N°200, para así separar la porción gruesa de la fina.

La carta clasifica a los suelos granulares (pasa tamiz N°200 hasta 35%) en A-1, A-2 y A-3 que a su vez se dividen en subgrupos (se observa diferencia entre pasantes tamiz N°40 y tamiz N°200 y los correspondientes límites líquido e índice de plasticidad).

El grupo A-1 lo constituyen principalmente fragmentos de roca, grava y arena. El A-3 corresponde arena fina y el A-2 fragmentos de gravas y arenas arcillosas y limosas, su comportamiento como material para subrasante es “excelente a bueno”, se tiene en cuenta que subgrupos de A-2 contienen gran cantidad de finos y su comportamiento es “regular”.

Por otro lado, se tienen los suelos arcilloso-limosos (pasa tamiz N°200 más del 35%) que se clasifican en grupos de A-4 hasta A-7, en donde este último se sub-clasifica en A-7-5 o A-7-6 dependiendo la diferencia entre límite líquido e índice de plasticidad.

El comportamiento de estos materiales como subrasante es “regular a pobre” por lo que se debe tratar de evitar estos tipos de suelos.

Para finalizar la clasificación se deben asignar un índice de grupo que se puede determinar con la fórmula basada en la granulometría, límite líquido e índice plástico del suelo, o recurriendo para determinaciones rápidas, a los gráficos confeccionados con este fin.

La fórmula es la siguiente:

$$IG = (F - 35) [0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15) (IP - 10)$$

- F = porcentaje de material que pasa por el tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200), expresado como un número entero. Este porcentaje se expresa en función del material que pasa por el tamiz de 75 mm. (3”).
- LL = límite líquido
- IP = índice plástico

En el tramo en estudio se cuenta como subrasante con un suelo A-1-a de excelente calidad.

Tabla 9: Clasificación H.R.B. terreno natural en el tramo de proyecto. Fuente: elaboración propia.

Progresiva	Valor CBR	Tipo de suelo según HRB			
		Profundidad [cm]	Clasificación	Comportamiento como subrasante	Observaciones
0+000	14.29	6 a 70	A-1-a	Excelente	Suelo natural granular
0+080	14.29	6 a 70	A-1-a	Excelente	Suelo natural granular
0+600	23.81	10 a 30	A-1-a	Excelente	Base estabilizada
	14.29	30 a 80	A-1-a	Excelente	Suelo natural granular
1+100	23.81	4 a 15	A-1-a	Excelente	Base estabilizada
	-	15 a 45	A-1-a	Excelente	Suelo granular rojo
	14.29	45 a 80	A-1-a	Excelente	Suelo natural granular
1+600	23.81	4 a 15	A-1-a	Excelente	Base estabilizada
	-	15 a 31	A-1-a	Excelente	Suelo granular rojo
	14.29	31 a 70	A-1-a	Excelente	Suelo natural granular
2+100	23.81	10 a 17	A-1-a	Excelente	Base estabilizada
	-	17 a 37	A-1-a	Excelente	Suelo granular rojo
	14.29	37 a 80	A-1-a	Excelente	Suelo natural granular
2+600	23.81	4 a 10	A-1-a	Excelente	Base estabilizada
	14.29	10 a 70	A-1-a	Excelente	Suelo natural granular
3+100	23.81	4 a 12	A-1-a	Excelente	Base estabilizada
	14.29	12 a 70	A-1-a	Excelente	Suelo natural granular

4.2.2. Perfil Edafológico del terreno

El perfil edafológico es la representación gráfica de las propiedades características del suelo obtenidas por el proceso de muestreo (sea por calicatas, sondeos o cualquier otra técnica) en las distintas progresivas del proyecto de la carretera.

Para el análisis del tipo de suelo presente en la progresiva estudiada, se realizan varias calicatas y se analiza la estratificación encontrada. La construcción del perfil edafológico es fundamental para la ubicación de la rasante de proyecto, ya que según el tipo de suelo encontrado como subrasante se determinarán los espesores del paquete estructural.

A continuación, se adjunta a manera croquis los distintos espesores de las capas de los materiales encontrados y el perfil edafológico del terreno resultante.

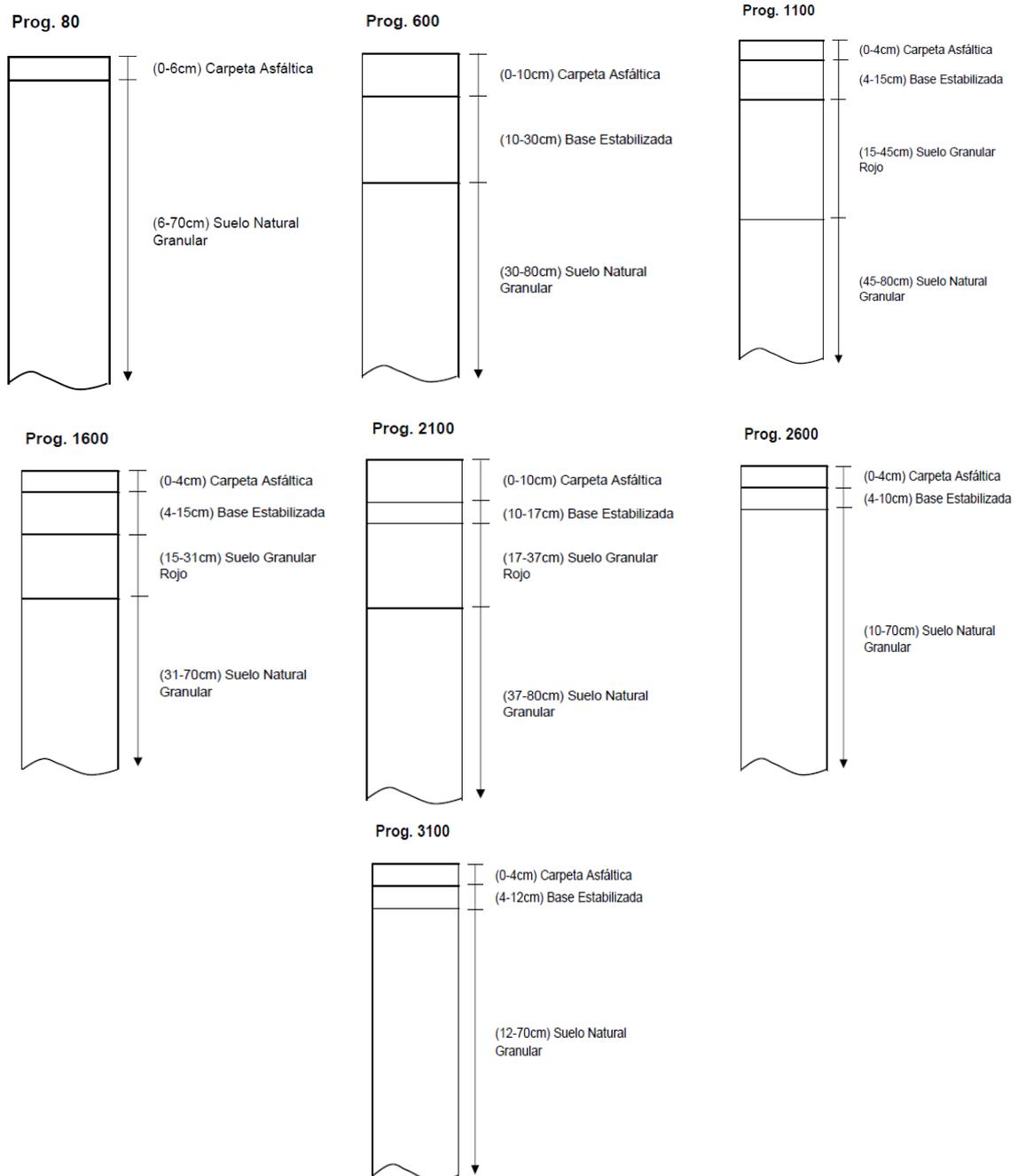


Figura 53: estratificación de los estudios de suelo. Fuente: Dirección Provincial de Vialidad (2018).

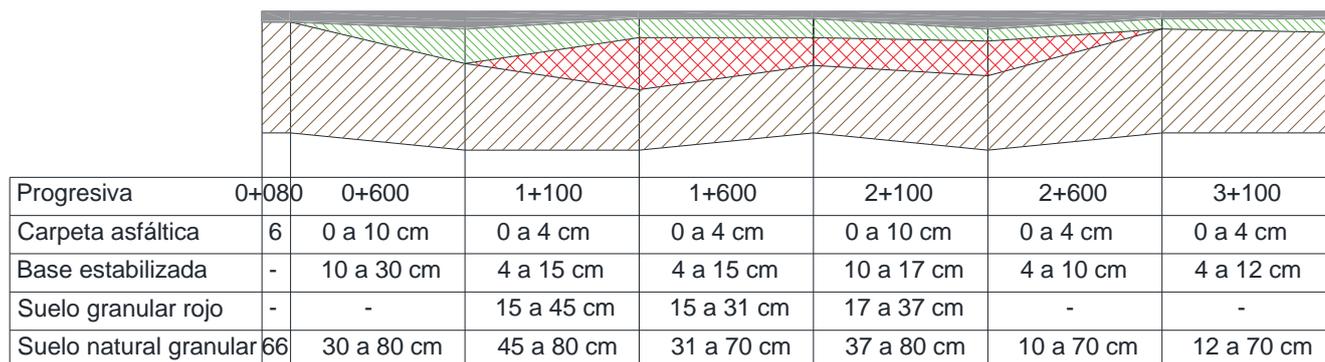


Figura 54: Perfil edafológico del sitio. Fuente: elaboración Propia.

4.2.3. Tabla densidades del terreno natural

Se realizaron estudios de densidades al inicio, mitad y fin de proyecto. Esto permite comparar los valores de densidades in situ respecto de la densidad Proctor en la Tabla 10.

Tabla 10: Densidad del terreno natural. Fuente: Dirección Provincial de Vialidad (2018).

Prog. (mts.)	Ubicación	Profundidad (cm)	Densidad Seca	Densidad Húmeda	Humedad (%)	Observaciones
800	---	5	1820	1949	7.1	Suelo Natural Granular
		10	1984	2116	6.7	
1100	Costado Norte	5	1890	2024	7.1	Base estabilizada
		10	1925	2050	6.5	
		5	1775	1912	7.7	Suelo Granular rojo
		10	1820	1956	7.5	
		5	1950	2074	6.4	Suelo Natural Granular
		10	1990	2109	6	
2600	Costado Sur	5	1870	2000	7	Base estabilizada
		10	1908	2032	6.5	
		5	1930	2051	6.3	Suelo Natural Granular
		10	1980	2096	5.9	

Como criterio se adoptan las densidades más desfavorables en los diferentes estratos. Por lo tanto, se consideran las siguientes densidades de suelo para los estudios:

- 1870 kg/Lt para base estabilizada
- 1775 kg/Lt para suelo granular rojo
- 1820 kg/Lt para suelo granular natural

4.2.4. Tabla resumen características de suelo existente

Se realizaron estudios granulométricos, de penetración, CBR y Proctor en muestras tomadas cada 500 metros, continuando con el progresivado inicial. Esto permitió obtener la siguiente tabla comparativa:

Tabla 11: Características del suelo existente. Fuente: elaboración propia.

Prog. (m)	Profundidad (cm)	Nº de muestra	Granulometría											Límites de Atterberg			Clasificación	Sales (%)	PROCTOR		CBR Estático		CBR Dinámico						Observaciones				
			3"	2 1/2"	2"	1" 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	n°4	n°10	n°40	n°200	LL. (%)	LP. (%)			IP. (%)	HRB.	I.G.	Hum.	Dens.	Emb.	Hinch.	56 Golpes		25 Golpes		12 Golpes			
																										Emb.	Hinch.	Emb.		Hinch.	Emb.	Hinch.	
80	(0-6)	14009	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Carpeta asfáltica
	(10-25)	14010	100.00	91.00	87.00	85.00	81.00	77.00	72.00	65.00	48.00	38.98	20.93	10.94	17.00	17.00	0.0	A-1-b	0	---	3.5	2132	14.29	0.0	17.62	0.0	8.57	0.0	4.76	0.0	Suelo Natural Granular		
600	(0-10)	14011	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Carpeta asfáltica	
	(10-30)	14012	---	---	---	98.00	93.00	83.00	---	65.00	49.00	36.95	18.91	8.92	17.00	17.00	0.0	A-1-a	0	---	3.0	2010	23.81	0.0	29.53	0.0	15.72	0.0	9.05	0.0	Base Estabilizada		
	(30-80)	14013	100.00	90.00	89.00	84.98	80.00	76.00	70.98	64.00	49.00	36.94	21.95	11.96	17.00	17.00	0.0	A-1-b	0	---	3.5	2132	14.29	0.0	17.62	0.0	8.57	0.0	4.76	0.0	Suelo Natural Granular		
1100	(0-4)	14014	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Carpeta asfáltica	
	(0-15)	14015	---	---	---	99.00	96.00	83.00	---	67.00	48.00	36.96	19.97	7.97	17.00	17.00	0.0	A-1-a	0	---	3.0	2010	23.81	0.0	29.53	0.0	15.72	0.0	9.05	0.0	Base Estabilizada		
	(15-45)	14016	100.00	100.00	100.00	98.04	94.61	90.10	82.95	76.58	57.86	44.21	27.31	14.58	17.00	17.00	0.0	A-1-a	0	---	7.5	1820	---	---	---	---	---	---	---	---	Suelo Granular Rojo		
	(45-80)	14017	98.00	92.00	88.00	83.42	80.00	76.00	68.87	64.02	50.00	37.00	23.00	12.00	17.00	17.00	0.0	A-1-b	0	---	3.5	2132	14.29	0.0	17.62	0.0	8.57	0.0	4.76	0.0	Suelo Natural Granular		
1600	(0-4)	14018	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Carpeta asfáltica	
	(4-15)	14019	---	---	---	99.00	95.00	85.00	---	67.00	50.00	38.00	18.00	7.00	17.00	17.00	0.0	A-1-a	0	---	3.0	2010	23.81	0.0	29.53	0.0	15.72	0.0	9.05	0.0	Base Estabilizada		
	(15-31)	14020	100.00	100.00	100.00	95.00	92.00	90.00	80.00	73.00	55.26	41.26	24.13	12.16	17.00	17.00	0.0	A-1-a	0	---	7.5	1820	---	---	---	---	---	---	---	---	Suelo Granular Rojo		
	(31-70)	14021	99.00	91.00	89.00	87.00	81.00	77.00	70.00	65.00	48.00	37.92	21.98	10.94	17.00	17.00	0.0	A-1-b	0	---	3.5	2132	14.29	0.0	17.62	0.0	8.57	0.0	4.76	0.0	Suelo Natural Granular		
2100	(0-10)	14022	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Carpeta asfáltica	
	(10-17)	14023	---	---	---	98.36	93.43	84.59	---	67.37	48.99	37.43	19.99	9.01	17.00	17.00	0.0	A-1-a	0	---	3.0	2010	23.81	0.0	29.53	0.0	15.72	0.0	9.05	0.0	Base Estabilizada		
	(17-37)	14024	100.00	100.00	100.00	97.00	91.00	88.00	81.00	75.00	56.00	44.05	25.01	14.93	17.00	17.00	0.0	A-1-a	0	---	7.5	1820	---	---	---	---	---	---	---	---	Suelo Granular Rojo		
	(37-80)	14025	100.00	93.21	89.84	86.93	82.14	77.58	70.44	64.73	49.92	39.33	23.36	11.58	17.00	17.00	0.0	A-1-b	0	---	3.5	2132	14.29	0.0	17.62	0.0	8.57	0.0	4.76	0.0	Suelo Natural Granular		
2600	(0-4)	14026	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Carpeta asfáltica	
	(4-10)	14027	---	---	---	99.00	93.00	82.00	---	68.00	49.00	36.95	19.99	8.92	17.00	17.00	0.0	A-1-a	0	---	3.0	2010	23.81	0.0	29.53	0.0	15.72	0.0	9.05	0.0	Base Estabilizada		
	(10-70)	14028	100.00	92.00	88.00	86.00	81.00	77.00	71.00	65.00	47.00	37.97	20.96	11.00	17.00	17.00	0.0	A-1-b	0	---	3.5	2132	14.29	0.0	17.62	0.0	8.57	0.0	4.76	0.0	Suelo Natural Granular		
3100	(0-4)	14029	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	Carpeta asfáltica	
	(4-12)	14030	---	---	---	98.00	95.00	84.00	---	65.00	48.00	38.97	20.93	7.97	17.00	17.00	0.0	A-1-a	0	---	3.0	2010	23.81	0.0	29.53	0.0	15.72	0.0	9.05	0.0	Base Estabilizada		
	(12-70)	14031	100.00	91.00	87.00	84.00	80.00	76.00	70.00	63.00	46.00	36.98	23.00	11.96	17.00	17.00	0.0	A-1-b	0	---	3.5	2132	14.29	0.0	17.62	0.0	8.57	0.0	4.76	0.0	Suelo Natural Granular		

Según lo estudiado en la Tabla 11, se adoptará un valor de CBR estático para el dimensionamiento de espesores. Se homogenizan los distintos estratos de suelo, considerando el valor más desfavorable. Para este caso el valor correspondiente adoptado para la subrasante es:

$$\text{C.B.R.} = 14\%$$

4.3. Determinación de espesor Pavimento flexible – Método AASHTO 93

El método adoptado para el cálculo de espesor de las capas de pavimento flexible en el presente proyecto es el AASHTO 93. Este ha sido, sin duda alguna, la prueba de carreteras más completa de todas las ejecutadas hasta los tiempos modernos. De la información que en ella se obtuvo se siguen produciendo beneficios, ya que los últimos métodos de diseño se fundamentan en los datos de campo de esta prueba. Considera el dinamismo de cargas en la carretera y mediante métodos empíricos con coeficientes que representan todos los factores intervinientes obtiene espesores.

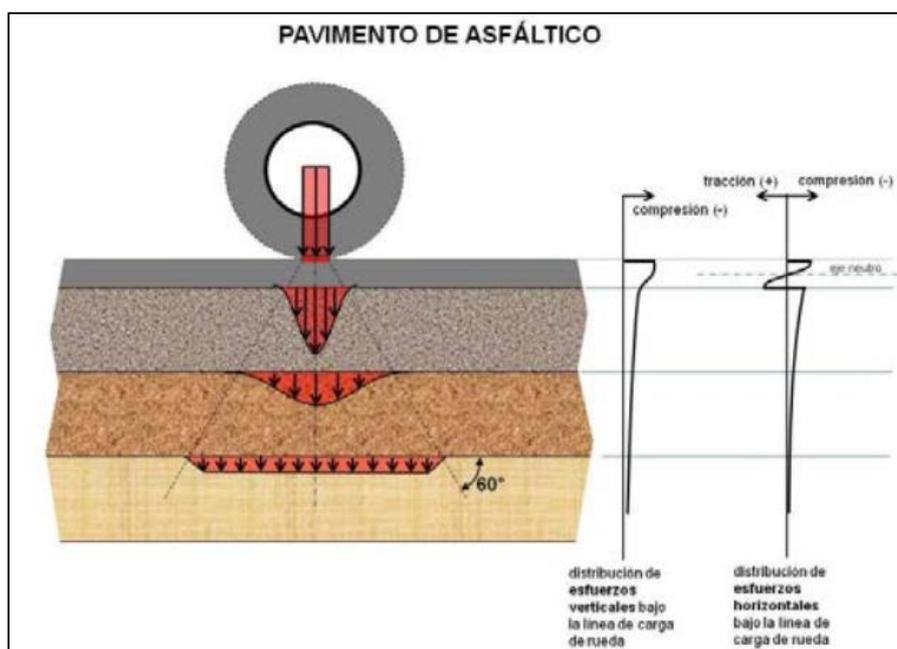


Figura 55: Estructura de pavimento asfáltico. Fuente: Espinoza, E. et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN – FRM).

El primer antecedente en el diseño de pavimentos según el método AASHTO se tiene con el AASHTO Road Test que fue un ensayo realizado sobre pavimentos de determinadas características bajo diferentes cargas en Ottawa, Illinois entre 1958 y 1960. De estos ensayos se obtuvo información para ser aplicada en la metodología de diseño de pavimentos. La AASHTO es un método basado en procedimientos de diseño en modelos empíricos deducidos de datos recolectados en el AASHTO Road Test.

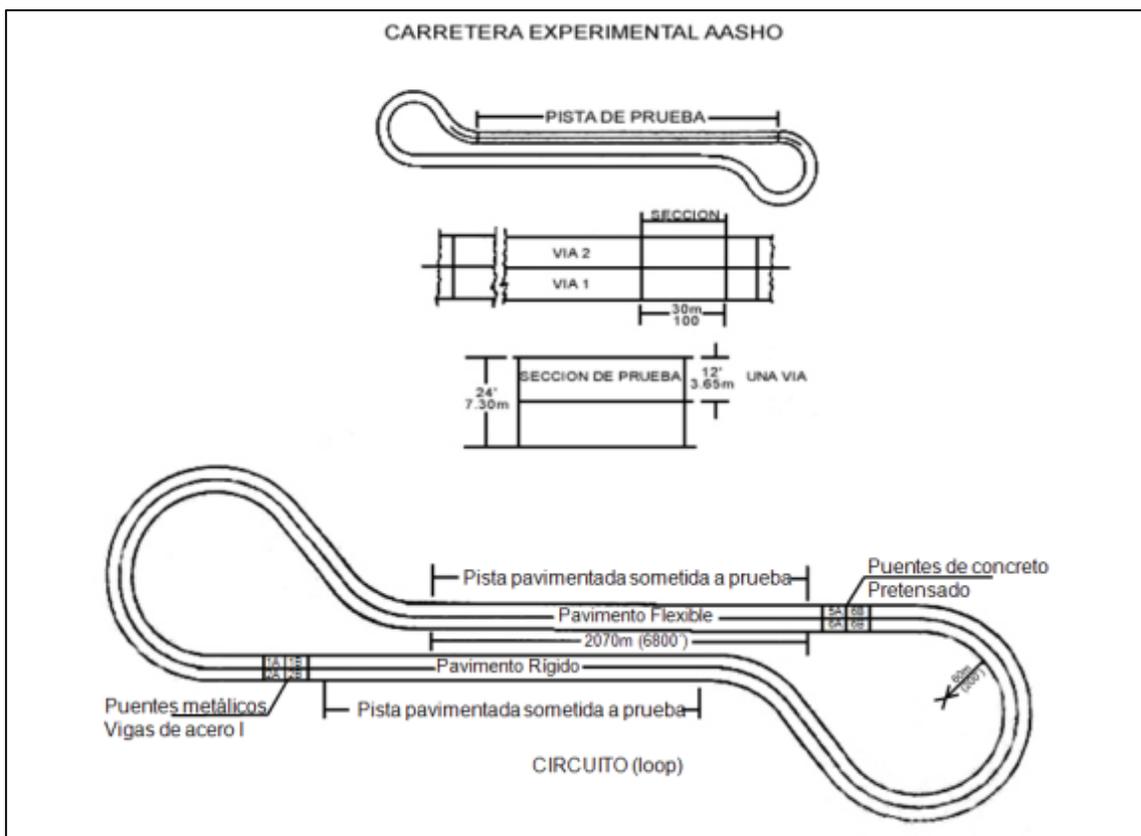
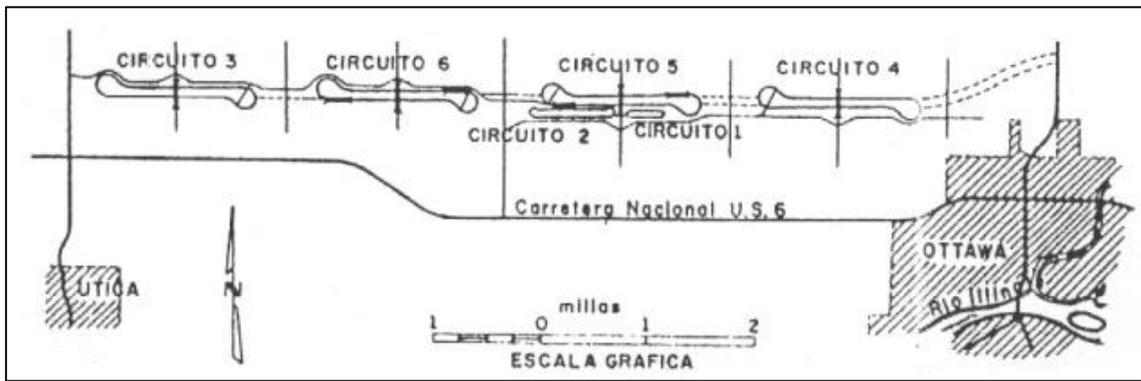


Figura 56: AASHO Road Test. Fuente: Espinoza, E. et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN – FRM).



Figura 57: AASHTO Road Test. Fuente: Espinoza, E. et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN – FRM).

Luego aparece la AASHTO en 1972 y luego de observaciones, en 1986 se introducen muchas modificaciones al respecto en la que se tiene en cuenta: la confiabilidad, módulos resilientes de los materiales, coeficiente de drenaje y efectos de subrasantes expansivas o sometidas a congelación y deshielo. Y finalmente aparece en 1993 la versión revisada que no ofrece cambios hasta la actualidad en lo que a pavimentos se refiere.

Los datos del experimento vial Road Test daban relaciones empíricas entre el espesor del pavimento, la magnitud de las cargas, tipo de ejes, el número de repeticiones de la carga y la pérdida de la serviciabilidad.

La ecuación empírica de diseño la AASHTO era:

$$\text{Log } W = \log \rho + \frac{G}{\beta}$$

Siendo:

- W: número de cargas de eje tipo aplicado hasta la serviciabilidad final.
- G: una función (el logaritmo) de la relación de pérdida de serviciabilidad en el tiempo t con respecto a la pérdida potencial para una serviciabilidad de 1,5.
- β : Función del diseño y donde intervienen las cargas que influyen en la forma de la curva p -W

$$\beta = 0,40 + \frac{0,081 (L_1 + L_2)^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19} * L_2^{3,23}}$$

Donde:

- SN: número estructural
- L_1 : carga por eje simple o eje tándem
- L_2 : código de ejes (1 para ejes simples y 2 para ejes tándem)
- ρ : es una función del diseño y de las cargas que tiene en cuenta el número de aplicaciones de cargas para llevar la calzada a una serviciabilidad de 1,5.

$$\text{Log} \rho = 5,93 + 9,36 \log(SN + 1) - 4,79 \log(L_1 + L_2) + 4,33 \log L_2$$

Para el método de diseño AASHTO 86 y 93 la fórmula de diseño es:

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R \cdot S_D + 9,36 \cdot \text{Log}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}(\Delta PSI)}{0,4 + \frac{4,2 - 1,5}{1094}} + 2,32 \cdot \text{Log}(M_R) - 8,07$$

Donde:

- SN: número estructural.
- W18: número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas.
- ZR: abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.
- S_0 : desvío standard de todas las variables.
- ΔPSI : pérdida de serviciabilidad.
- MR: módulo resiliente de la subrasante (en psi).

Debido a la complejidad que resulta para despejar la variable SN, existen tres formas para poder resolver la ecuación implícita:

- Iteraciones en planillas de cálculo hasta conseguir que ambos miembros se igualen,
- Softwares,
- Ábacos.

En el presente trabajo se utilizará el software provisto por AASHTO e iteraciones en planillas de cálculo. Para ello se adjuntarán las visualizaciones correspondientes de los cálculos realizados.

En los siguientes apartados se desarrollan la determinación de los datos o "inputs" de la ecuación para finalmente realizar la iteración y obtener SN correspondiente.

4.3.1. Grado de confiabilidad

Con la actualización del método AASHTO se incorporó un "Factor de Confiabilidad" - fundamentado en un posible cambio del tráfico a lo largo del período de diseño, que permite al

Ingeniero Projectista utilizar el concepto de análisis de riesgo para los diversos tipos de facilidades viales a proyectar.

Es decir, establece la probabilidad que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de la vida útil bajo las condiciones ambientales imperantes en ese tiempo.

Según la importancia de la carretera y su ubicación, la AASHTO recomienda valores de confiabilidad “R%” (definidas como el área bajo la curva de una distribución normal) que determinan un valor de abscisa ZR.

Tabla 12: valores de confiabilidad recomendados por la AASHTO. Fuente: Espinoza et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN-FRM).

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 - 80

Para el presente proyecto se adopta una confiabilidad **R=80%**.

El valor R representa el área bajo la curva de distribución normal parametrizada anterior a una abscisa ZR como se muestra a continuación.

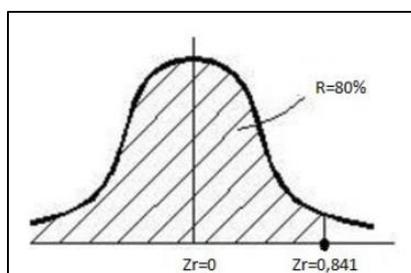


Figura 58: área bajo la curva de distribución normal. Fuente: Espinoza, E. et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN – FRM).

Se define la abscisa de la distribución normal Zr para “No ocurrencia” que se adecue a la confiabilidad R. De acuerdo con las tablas probabilísticas de distribución normal:

Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133

Tabla 13: Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de confiabilidad. Fuente: Espinoza et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN-FRM).

Valores de ZR en la curva normal para
diversos grados de Confiabilidad

Confiabilidad (R)	Valor de ZR
50	- 0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

Para el caso estudiado, $R=80\%$, se corresponde con un $ZR = 0,841$.

Luego es preciso definir el desvío estándar SD que representa la variabilidad de los valores adoptados en el proceso de proyección. Se recomienda:

Tabla 14: Valores del desvío estándar en función de la condición de diseño. Fuente: Espinoza et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN-FRM).

Condición de diseño	Desvío standard (SD)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0,34 (Pav. Rígidos)
	0,44 (Pav. Flexibles)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0,39 (Pav. Rígidos)
	0,49 (Pav. Flexibles)

Se adopta $SD= 0,45$.

La selección de un nivel apropiado de confiabilidad para una facilidad vial en particular, depende fundamentalmente del grado de uso (tipo y volumen de tráfico que la servirá) y de las consecuencias, es decir el riesgo, que provendrán de escoger un pavimento de espesores muy reducidos. Si la vía tiene altos volúmenes de tráfico será inconveniente el que se cierre frecuentemente en un futuro, debido a reparaciones que sobre ella se requieran, como consecuencia de fallas resultantes de un diseño con espesores reducidos. También se debe considerar que un alto nivel de confiabilidad incidirá en mayores espesores.

4.3.2. Índice de serviciabilidad

La Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) se prevé en el diseño, y se mide como la diferencia entre la “planitud” (calidad de acabado) del pavimento al concluirse su construcción (serviciabilidad Inicial **po**) y su planitud al final del periodo de diseño (serviciabilidad Final **pt**).

Si bien en el apartado 2.2 – Serviciabilidad de pavimentos del presente proyecto se explica este índice, a fines prácticos en este apartado se desarrolla y resumen algunos aspectos principales a considerar para el método, entre ambos ítems se completa toda la información sobre este tema.

La serviciabilidad de un pavimento se ha definido como su habilidad de servir al tipo de tráfico que utiliza la facilidad vial. La medida fundamental de la serviciabilidad, tal como fue establecida en el Experimento Vial de la AASHTO, es el Índice de serviciabilidad Actual (PSI), y que puede variar entre los rangos de cero 0 (vía intraficable) a cinco 5 (vía con un pavimento perfecto). Los índices de serviciabilidad inicial (**po**) y final (**pt**), deben ser establecidos para calcular el cambio total en serviciabilidad que será incorporado en la ecuación de diseño. El **Índice de serviciabilidad Inicial (po)** es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos flexibles fue de **4,2**.

El **Índice de serviciabilidad Final (pt)**, es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, y son normalmente los siguientes:

- Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico, **pt = 2,5 – 3,0**.
- Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, así como para autopistas Interurbanas, **pt = 2,0 - 2,5**.
- Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de **pt = 1,8 – 2,0**.

Se adopta un índice de serviciabilidad final (**Pt**) = **2,0**

La pérdida del índice de serviciabilidad será: $\Delta PSI = Po - Pt = 4,2 - 2 = 2,2$.

4.3.3. Drenaje

Como se mencionó en la introducción del presente capítulo, la humedad genera en el esqueleto granular de las capas del pavimento diversos efectos nocivos. Por lo tanto, el método propone

un factor de ajuste “m” que considera los niveles de drenaje sobre el comportamiento del futuro pavimento. Los niveles de drenaje que han sido definidos en este método son:

Tabla 15: Características de drenaje del material de base y/o sub-base granular. Fuente: Espinoza et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN-FRM).

Características de drenaje del material de base y/o sub-base granular	
Nivel de Drenaje	Agua eliminada dentro de
Excelente	Dos (2) horas
Buena	Un (1) día
Regular	Una (1) semana
Pobre	Un (1) mes
Muy pobre	El agua no drena

El factor de ajuste (m) es función de las características de drenaje del suelo de fundación, y del tiempo durante el cual la sub-rasante podrá estar en condiciones de saturación.

En base a datos del Servicio Meteorológico Nacional respecto a la precipitación anual en la zona se obtiene una precipitación total media anual de 300 mm (más desfavorable). La probabilidad es que en 10 días que recibirá el pavimento esa intensidad al año, lo que equivale a un porcentaje de exposición anual de:

$$\% \text{ de tiempo de exposición} = \frac{10 \text{ días}}{365 \text{ días}} \cdot 100 \rightarrow \% \text{ de tiempo de exposición} = 2,70 \%$$

Además, según los estudios de suelo, se define una calidad de drenaje EXCELENTE. Considerando un óptimo drenaje por estar en la ladera del Río Blanco. Esto permite ingresar a la Tabla 16 para definir el parámetro “m”.

Tabla 16: Valores de coeficientes de drenaje según la calidad de drenaje de la base o sub-base. Fuente: Espinoza et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN-FRM).

Calidad de Drenaje de la Base o sub-base	Valores recomendados del Coeficiente de Ajuste (m) para los coeficientes estructurales de las capas de base y/o sub-bases no-tratadas			
	Porcentaje del tiempo durante el cual la estructura del pavimento está sometido a condiciones de humedad cercanas a saturación			
	Menos del 1 %	Entre el 1 y 5 %	Entre el 5 y 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Buena	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Regular	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80
Pobre	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Muy pobre	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Se adopta como parámetro de drenaje **m= 1,30**.

Estos coeficientes son mayores, iguales o menores que 1, dependiendo de la bondad de las capas de drenaje. Capas drenantes tendrán coeficientes mayores que 1, con lo que podrán diseñarse paquetes estructurales de menor espesor. Si el drenaje no es bueno, el coeficiente es menor que 1 y obligará a hacer un paquete estructural de mayor espesor para resistir iguales condiciones de tránsito. Es necesario aclarar que ese paquete de mayor espesor no será un sustituto de un buen drenaje.

4.3.4. Determinación de los ejes cargados (W18) “ESALS”

En el método AASHTO los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y a los efectos de cálculo, se los transforma en un número equivalente de ejes tipo de 80 kN o 18 kips. Se los denominará de aquí en adelante “Equivalent Simple Axial Load” o ESAL.

4.3.4.1 Identificación de la configuración y la carga máxima legal por eje (Ley 24.449):

Tabla 17: carga máxima legal por configuración de ejes. Fuente: página web Dirección Nacional de Vialidad (2021, Transporte de Cargas).

CONFIGURACIÓN		SUSPENSIÓN MECÁNICA [toneladas]
EJE SIMPLE. -Ruedas individuales (neumáticos no superanchos)		6 SEIS
EJE SIMPLE. -Ruedas superanchas		6 SEIS (8 ocho - maquinaria especial)
EJE SIMPLE. -Ruedas dobles		10,5 DIEZ COMA CINCO
CONJUNTO (TÁNDEM) DOBLE DE EJES. - Ruedas individuales		10 DIEZ (5 por eje)
CONJUNTO (TÁNDEM) DOBLE DE EJES. - Ruedas dobles		18 DIECIOCHO (9 por eje)
CONJUNTO (TÁNDEM) DOBLE DE EJES. - Ruedas superanchas y ruedas dobles		15 QUINCE (9 eje con ruedas doble y 6 eje de ruedas superanchas)
CONJUNTO (TÁNDEM) DOBLE DE EJES. - Ruedas individuales y ruedas dobles		14 CATORCE (9 eje con ruedas doble y 5 eje de ruedas individuales)
CONJUNTO (TÁNDEM) DOBLE DE EJES. - Ruedas superanchas.		12 DOCE (6 por eje)
CONJUNTO (TÁNDEM) TRIPLE DE EJES. - Ruedas dobles.		25 VEINTICINCO COMA CINCO (8,5 por eje)

Tabla 18: Configuración y carga máxima legal por eje según DNV. Fuente: elaboración propia

Categoría	VEHÍCULO CARGADO CON 100% DE CARGA LEGAL [Tn/eje]				
	1° eje	2° eje	3° eje	4° eje	5° eje
Automóvil	1.00	1.00	-	-	-
Camioneta	1.00	2.50	-	-	-
Camión 11	6.00	10.50	-	-	-
Camión 12	6.00	18.00	-	-	-
Camión 13	6.00	25.50	-	-	-
Camión 111	6.00	10.50	10.50	-	-
Camión 112	6.00	10.50	18.00	-	-
Camión 121	6.00	18.00	10.50	-	-
Camión 113	6.00	10.50	25.50	-	-
Camión 122	6.00	18.00	18.00	-	-
Camión 123	6.00	18.00	21.00	-	-
Camión 11111	6.00	9.70	9.70	9.70	9.70
Camión 11-11	6.00	10.50	10.50	10.50	-
Camión 11-12	6.00	10.50	10.50	18.00	-
Camión 12-11	6.00	18.00	10.50	10.50	-
Camión 12-12	6.00	14.20	10.50	14.20	-
Camión 111-11	6.00	9.70	9.70	9.70	9.70

Los números que acompañan a “Camión 11”, significa que es un camión de 1 eje simple delantero y 1 eje simple trasero, por ejemplo. De igual manera, para camión 12 quiere decir 1 eje simple delantero y 2 ejes traseros. Por último, camión 121 es un camión con semi-remolque de 1 eje delantero, 2 ejes traseros y 1 eje para el remolque.

Sin embargo, la configuración de ejes según el tipo de vehículo censado por la DPV es la que se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19: clasificación vehicular censada por la DPV. Fuente: Dirección Provincial de Vialidad (2018).



Dirección Provincial de Vialidad
DEPARTAMENTO PLANEAMIENTO
Tránsito y Censos

TABLA DE CLASIFICACION VEHICULAR

(Ordenada por ejes y clases)

Nº	Tipo	Icono	EJES	CLASE	Medidas en metros									
					1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9		
1	Motocicleta		2	1	0,49	1,76								
2	Auto		2	2	1,76	2,89								
3	Pickup		2	3	2,89	3,56								
6	Pickup + rem. 1e		3	3	1,76	3,56	1,52	3,80						
10	Pickup + rem. 2e		4	3	1,76	3,56	2,40	3,77	0,49	2,40				
4	Bus 2ejes		2	4	5,78	12,16								
7	Bus 3ejes		3	5	5,78	12,16	0,79	2,40						
11	Bus 4ejes		4	5	0,79	2,40	4,50	12,16	0,79	2,40				
5	Camión 11		2	6	3,56	5,78								
8	Camión 12		3	7	3,56	5,78	0,79	2,40						
12	Camión 13		4	7	3,50	6,81	0,79	2,40	0,79	2,40				
13	Camión 11-11		4	8	3,56	6,81	2,40	6,99	3,01	12,16				
21	Semi 111 + Rem 11		5	8	2,01	6,81	3,80	12,16	2,04	6,99	3,01	12,16		
16	Camión 11-12		5	9	2,01	6,99	2,40	6,99	3,50	12,16	0,79	2,40		
17	Camión 12-11		5	9	2,01	6,99	0,79	2,40	2,04	6,99	3,01	12,16		
9	Semi 111		3	10	2,01	5,78	3,80	12,16						
14	Semi 121		4	11	2,01	5,99	0,79	2,40	3,80	12,16				
15	Semi 112		4	11	2,40	5,99	3,77	12,16	0,79	3,01				
18	Semi 11(1)2		5	12	2,01	5,99	3,01	12,16	2,04	3,50	0,79	2,40		
19	Semi 122		5	12	2,01	5,99	0,79	2,40	2,04	12,16	0,79	3,01		
20	Semi 113		5	12	2,01	5,99	3,01	12,16	0,79	2,04	0,79	2,40		
22	Semi 12(1)2		6	13	2,01	5,99	0,79	2,40	3,01	12,16	2,04	3,50	0,79	2,40
23	Camión 12-12		6	13	2,01	6,99	0,79	2,40	2,40	6,99	3,53	12,16	0,79	2,40
24	Semi 123		6	14	2,01	5,99	0,79	2,40	3,01	12,16	0,79	2,04	0,79	2,40

Si los vehículos censados por la DPV y proyectados al fin del año de vida útil, indicados en la Tabla 8 del Capítulo 3, son correlacionados a la configuración vehicular según la DNV para unificar parámetros y aplicar adecuadamente el método AASHTO 93', y despreciando a las motocicletas para todo el cálculo, se obtiene la Tabla 20:

Tabla 20: transformación de los vehículos censados por la DPV a las configuraciones según DNV. Fuente: elaboración propia.

Vehículos	%	TMDA 2046 [veh/día]	Total de vehículos [veh/día]
Automóvil	58.3%		1800
Camioneta	30.8%		951
Camión 11	4.49%		139
Camión 12	0.26%		8
Camión 13	0.08%		2
Camión 111	0.37%		11
Camión 112	0%		0
Camión 121	0.89%		27
Camión 113	0.12%	3088	4
Camión 122	0%		0
Camión 123	0%		0
Camión 11111	0%		0
Camión 11-11	0.06%		2
Camión 11-12	0.02%		1
Camión 12-11	0%		0
Camión 12-12	0%		0
Camión 111-11	0%		0
TOTAL	95.4%		2945

4.3.4.2 Factor de distribución por dirección (DD):

Se refiere al porcentaje de los vehículos censados que circulan en un sentido u otro. Se determina a partir del estudio de datos obtenidos del censo vehicular, las opciones son:

- 50% sentido 1 y 50% sentido 2 ($\therefore DD=0,50$)
- > 50% sentido 1 y < 50% sentido 2 (70% en sentido 1 y 30% en sentido 2 $\therefore DD=0,7$)

Para el proyecto se adopta el caso más desfavorable según censos, siendo: **DD= 0,70**.

4.3.4.3 Factor de distribución por trocha (LD):

Este factor será igual a 1 cuando sea un camino monotrocha, es decir, que los vehículos sólo pueden solicitar una única trocha, pero en caso de tener caminos multitrocha (2 o más), esta solicitud podrá ser mayor en una trocha que en la/las otra/s. Esto se traduce como el mayor número de ESAL's que utilizan una trocha considerada como la de diseño.

Tabla 21: Factor de distribución por trocha. Fuente: Espinoza et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN-FRM).

Número de trochas en cada dirección	LD	
1	1	→ Máxima solicitud de ESALs = únicamente 100 %
2	0.80-1	→ Máxima solicitud de ESALs = 80 % a
3	0.60-0.80	→ Máxima solicitud de ESALs = 60 % a 80
4	0.50-0.75	→ Máxima solicitud de ESALs = 50 % a 75

Como el caso en estudio es mono trocha, entonces **LD= 1**.

4.3.4.4 Tránsito de vehículos en el carril de diseño:

$$TCD = TMDA \cdot DD \cdot LD = 3088 \frac{veh}{día} \cdot 0,70 \cdot 1 = 2162 \frac{veh}{día}$$

4.3.4.5 Cantidad de vehículos de cada tipo que circulan por día en el carril de diseño:

A partir de estos datos, se clasifican los vehículos en función de la configuración vehicular según la transmisión a calzada clasificación de ejes para el método. Es decir, según número de ejes se obtiene el número de vehículos que circulan por carril por día. Por ejemplo, para camionetas:

$$Cantidad\ de\ camionetas = \%Composición\ de\ camionetas \cdot TCD = 0,308 \cdot 2162 \frac{veh}{día} = 666 \frac{veh}{día}$$

Tabla 22: Cantidad de vehículos de cada tipo que circulan por día en el carril de diseño. Fuente: elaboración propia.

Vehículos	%	TMDA 2046 [veh/día]	Total de vehículos [veh/día]	Transito carril de diseño TCD [veh/día]	Total vehículos en carril de diseño
Automóvil	58.3%		1800		1260
Camioneta	30.8%		951		666
Camión 11	4.49%		139		97
Camión 12	0.26%		8		6
Camión 13	0.08%		2		2
Camión 111	0.37%		11		8
Camión 112	0%		0		0
Camión 121	0.89%		27		19
Camión 113	0.12%	3088	4	2162	3
Camión 122	0%		0		0
Camión 123	0%		0		0
Camión 11111	0%		0		0
Camión 11-11	0.06%		2		1
Camión 11-12	0.02%		1		0
Camión 12-11	0%		0		0
Camión 12-12	0%		0		0
Camión 111-11	0%		0		0
TOTAL	95.4%		2945		2062

4.3.4.6 Hipótesis de carga:

Se suponen cargas en el tránsito que circula por la Ruta en estudio para definir el número de ejes equivalentes. Existen procedimientos conocidos para determinarlo. En el presente estudio

se comparan 3 hipótesis. Así académicamente, se ponen en evidencia 3 métodos comúnmente conocidos para contrastarlos y estudiar sus diferencias y distintos valores.

Hipótesis A:

- 100% del tránsito circula con carga máxima según Ley 24.449, con un TMDA proyectado a inicio de periodo de diseño.
- Utiliza un índice de crecimiento del tránsito determinado según estudios en Capítulo 3.

Hipótesis B:

- 100% del tránsito circula con carga máxima s/ Ley 24.449.
- Método Simplificado según Método AASHTO. Considera el TMDA a fin de periodo de proyecto y estudia el porcentaje de camiones (tránsito pesado). Los coeficientes utilizados son propuestos por el mismo método.

Hipótesis C:

- 100% del tránsito circula con carga máxima según Ley 24.449.
- Método simplificado utilizado por D.P.V. para cálculos de ESAL's, considera factores de carga locales con coeficientes determinados por estudios en terrenos a lo largo de la República Argentina, se relaciona con estudios realizados por la D.N.V.

4.3.4.6.1 - Hipótesis A - 100% de los vehículos cargados con carga legal y crecimiento poblacional según prognosis vehicular.

- Determinación de la **cantidad de ejes por día de cada vehículo** de acuerdo con los vehículos que disponga del censo realizado, discriminando por cada eje.
En base a la clasificación de Tabla de toneladas por eje según condición de carga, se determina la sumatoria de ejes con carga equivalente para cada vehículo. Se obtiene entonces así el número de ejes por día por categoría y luego, finalmente se calcula la cantidad de ejes que circularan por año, multiplicando esta cantidad por 365 días.

Tabla 23: carga total por clasificación vehicular según Hipótesis A. Fuente: elaboración propia

Categoría	VEHÍCULO CARGADO CON 100% DE CARGA LEGAL [Tn/eje]					Carga TOTAL [Tn]
	1° eje	2° eje	3° eje	4° eje	5° eje	
Automóvil	1.00	1.00	-	-	-	2.00
Camioneta	1.00	2.50	-	-	-	3.50
Camión 11	6.00	10.50	-	-	-	16.50
Camión 12	6.00	18.00	-	-	-	24.00
Camión 13	6.00	25.50	-	-	-	31.50
Camión 111	6.00	10.50	10.50	-	-	27.00
Camión 112	6.00	10.50	18.00	-	-	34.50
Camión 121	6.00	18.00	10.50	-	-	34.50
Camión 113	6.00	10.50	25.50	-	-	42.00
Camión 122	6.00	18.00	18.00	-	-	42.00
Camión 123	6.00	18.00	21.00	-	-	45.00
Camión 11111	6.00	9.70	9.70	9.70	9.70	44.80
Camión 11-11	6.00	10.50	10.50	10.50	-	37.50
Camión 11-12	6.00	10.50	10.50	18.00	-	45.00
Camión 12-11	6.00	18.00	10.50	10.50	-	45.00
Camión 12-12	6.00	14.20	10.50	14.20	-	44.90
Camión 111-11	6.00	9.70	9.70	9.70	9.70	44.80

Se destaca que el valor de TMDA para inicio de cálculo es el definido para inicio de la vida útil, es decir:

$$TMDA_{2026} = 2095 \text{ [veh/día]}$$

A este valor de 2095 veh/día, se le aplica el DD= 0,70 y el FD= 1,00, resultando en 1467 veh/día. Si se le restan las motocicletas, el valor final a considerar es de 1399 veh/día como tránsito de vehículos en el carril de diseño en el año 2026.

De esta manera es posible establecer la cantidad de ejes de cada tipo (carga) por día en el carril de diseño para el año 2026, según muestra la Tabla 24.

Tabla 24: obtención cantidad de ejes que circulan por día, año 2026 - Hipótesis A. Fuente: elaboración propia.

Categoría	%	Cantidad (veh/día)	Vehículos 100% carga (veh/día)	Cargas por eje (ton)								
				1 ton 2,2 kip	2,5 ton 5,5 kip	6,0 ton 13,2 kip	9,7 ton 21,3 kip	10,5 ton 23,1 kip	14,2 ton 31,2 kip	18 ton 39,6 kip	21 ton 46,2 kip	25,5 ton 56,1 kip
Automóvil	58.28	855	855	1709	-	-	-	-	-	-	-	-
Camioneta	30.79	452	452	452	452	-	-	-	-	-	-	-
Camión 11	4.49	66	66	-	-	66	-	66	-	-	-	-
Camión 12	0.26	4	4	-	-	4	-	-	-	4	-	-
Camión 13	0.08	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Camión 111	0.37	5	5	-	-	5	-	11	-	-	-	-
Camión 112	0.00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 121	0.89	13	13	-	-	13	-	13	-	13	-	-
Camión 113	0.12	2	2	-	-	2	-	2	-	-	-	2
Camión 122	0.00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 123	0.00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 11111	0.00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camión 11-11	0.06	1	1	-	-	1	-	3	-	-	-	-
Camión 11-12	0.02	0	0	-	-	0	-	1	-	0	-	-
Camión 12-11	0.00	0	0	-	-	0	-	0	-	0	-	-
Camión 12-12	0.00	0	0	-	-	0	-	0	-	-	-	-
Camión 111-11	0.00	0	0	-	-	0	0	-	-	-	-	-
				EJES POR DIA								
Sumatorias	95%	1399		2,161	452	92	0	95	0	17	0	3
				EJES EN EL PRIMER AÑO								
				788724	164810	33669	0	34579	0	6263	0	1071

- El paso siguiente es determinar la cantidad de ejes que circularán **a lo largo de toda la vida útil del camino.**

Para ello, se define la vida útil del camino en años, para este caso, $n=20$ años y a través de la tasa de **crecimiento anual $i=1,71\%$ definida en el análisis del crecimiento poblacional según los censos, se calcula el crecimiento del tránsito por cada año m como:**

$$CT_m = (1 + i)^m$$

Finalmente se determina el **Coficiente de paso** como:

$$CDP = \sum_{m=1}^{m=n=20} (CT_m)$$

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Crecimiento del tránsito por año	0	1,017	1,034	1,052	1,070	1,088	1,107	1,126	1,145	1,165	1,185	1,205	1,226	1,247	1,268	1,290	1,312	1,334	1,357	1,380	1,404

Coficiente de paso	24,012
---------------------------	---------------

La cantidad de ejes final por año será: *Cantidad de ejes de "X" tn en 2026 * CDP*, tal como detalla la Tabla 25.

- **Cálculo del Load Equivalent Factor (LEF):** Este valor permite llevar los ejes obtenidos a un solo eje patrón (80 kN = 8 ton=18kips), que producirán un daño equivalente al producido por los originales.

Estos factores se obtienen de tablas y son función de la serviciabilidad final (pt), del tipo de pavimento (en este caso flexible), del peso del eje y el número estructural (SN) de la carretera (Método AASHTO 93). Por equivalencia de unidades es necesario iterar para obtener valores exactos de cálculo.

Resumiendo, de lo desarrollado al inicio del capítulo se tiene:

- Índice de serviciabilidad final adoptado: $p_t=2,0$.
- SN (número estructural) se adopta un numero inicial y luego se verifica si cumple a partir de la iteración final. **Se adopta inicialmente SN=3.**

Se adjuntan las Tablas de los LEF para ejes simples, tándem y trídem (Tablas 26, 27 y 28 respectivamente) para obtención de ejes equivalentes:

Tabla 25: obtención cantidad de ejes que circulan por día, año 2046 - Hipótesis A. Fuente: elaboración propia.

Categoría	%	Cantidad (veh/día)	Vehículos 100% carga (veh/día)	Cargas por eje (ton)									
				1 ton 2,2 kip	2,5 ton 5,5 kip	6,0 ton 13,2 kip	9,7 ton 21,3 kip	10,5 ton 23,1 kip	14,2 ton 31,2 kip	18 ton 39,6 kip	21 ton 46,2 kip	25,5 ton 56,1 kip	
Automóvil	58.28	855	855	1709	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camioneta	30.79	452	452	452	452	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 11	4.49	66	66	-	-	66	-	66	-	-	-	-	
Camión 12	0.26	4	4	-	-	4	-	-	-	4	-	-	
Camión 13	0.08	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	
Camión 111	0.37	5	5	-	-	5	-	11	-	-	-	-	
Camión 112	0.00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 121	0.89	13	13	-	-	13	-	13	-	13	-	-	
Camión 113	0.12	2	2	-	-	2	-	2	-	-	-	2	
Camión 122	0.00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 123	0.00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 11111	0.00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 11-11	0.06	1	1	-	-	1	-	3	-	-	-	-	
Camión 11-12	0.02	0	0	-	-	0	-	1	-	0	-	-	
Camión 12-11	0.00	0	0	-	-	0	-	0	-	0	-	-	
Camión 12-12	0.00	0	0	-	-	0	-	0	-	-	-	-	
Camión 111-11	0.00	0	0	-	-	0	0	-	-	-	-	-	
				EJES POR DIA									
Sumatorias	95%	1399		2,161	452	92	0	95	0	17	0	3	
				EJES EN EL PRIMER AÑO									
				788724	164810	33669	0	34579	0	6263	0	1071	
				EJES EN 20 AÑOS									
				18938568	3957370	808440	0	830289	0	150378	0	25706	24710751

Tabla 26: Factores Equivalentes de Cargas (LEF) para pavimentos flexibles, ejes simples – $pt=2,0$. Fuente: Espinoza et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN-FRM).

Carga /eje		SN					
(kips)	(kN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	17.8	.002	.003	.002	.002	.002	.002
6	26.7	.009	.012	.011	.010	.009	.009
8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

Conversión: 1kips= 4,448 KN = 0,097 ton

Realizando la interpolación correspondiente:

Cargas/ejes			➔	LEF _{1 ton} para SN = 3" - Eje simple	
2 kip	8,896 kN	0,907 ton		x = 0,91 ton	y = 0,0002
4 kip	17,793 kN	1,814 ton		x = 1,00 ton	y = 0,000385
				x = 1,81 ton	y = 0,002

Realizando las iteraciones correspondientes:

LEF _{1 ton} para SN = 3" - Eje simple	
x = 1,00 ton	y = 0,000385
LEF _{2,5 ton} para SN = 3" - Eje simple	
x = 2,50 ton	y = 0,00881
LEF _{6 ton} para SN = 3" - Eje simple	
x = 6,00 ton	y = 0,29067
LEF _{10,5 ton} para SN = 3" - Eje simple	
x = 10,50 ton	y = 2,975

Tabla 27: Factores Equivalentes de Cargas (LEF) para pavimentos flexibles, ejes tándem – pt=2,0. Fuente: Espinoza et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN-FRM).

Carga p/eje		SN					
(kips)	(kN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.9	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	338.1	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	364.8	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	373.7	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	382.6	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	391.5	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	400.4	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Realizando la interpolación correspondiente:

LEF _{18 ton} para SN = 3" - Eje tándem	
x = 18,00 ton	y = 2,086

Tabla 28: Factores Equivalentes de Cargas (LEF) para pavimentos flexibles, ejes trídems – pt=2,0. Fuente: Espinoza et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN-FRM).

Carga p/eje		SN pulg (mm)					
(kips)	(kN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001
6	26.7	.0004	.0004	.0003	.0003	.0003	.0003
8	35.6	.0009	.0010	.0009	.0008	.0007	.0007
10	44.5	.002	.002	.002	.002	.002	.001
12	53.4	.004	.004	.004	.003	.003	.003
14	62.3	.006	.007	.007	.006	.006	.005
16	71.2	.010	.012	.012	.010	.009	.009
18	80.0	.016	.019	.019	.017	.015	.015
20	89.0	.024	.029	.029	.026	.024	.023
22	97.9	.034	.042	.042	.038	.035	.034
24	106.8	.049	.058	.060	.055	.051	.048
26	115.7	.068	.080	.083	.077	.071	.068
28	124.6	.093	.107	.113	.105	.098	.094
30	133.5	.125	.140	.149	.140	.131	.126
32	142.4	.164	.182	.194	.184	.173	.167
34	151.3	.213	.233	.248	.238	.225	.217
36	160.0	.273	.294	.313	.303	.288	.279
38	169.1	.346	.368	.390	.381	.364	.353
40	178.0	.434	.456	.481	.473	.454	.443
42	186.9	.538	.560	.587	.580	.561	.548
44	195.8	.662	.682	.710	.705	.686	.673
46	204.7	.807	.825	.852	.849	.831	.818
48	213.6	.976	.992	1.015	1.014	.999	.987
50	222.5	1.17	1.18	1.20	1.20	1.19	1.18
52	231.4	1.40	1.40	1.42	1.42	1.41	1.40
54	240.3	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66
56	249.2	1.95	1.95	1.93	1.93	1.94	1.94
58	258.1	2.29	2.27	2.24	2.23	2.25	2.27
60	267.0	2.67	2.64	2.59	2.57	2.60	2.63
62	275.9	3.10	3.06	2.98	2.95	2.99	3.04
64	284.7	3.59	3.53	3.41	3.37	3.42	3.49
66	293.6	4.13	4.05	3.89	3.83	3.90	3.99
68	302.5	4.73	4.63	4.43	4.34	4.42	4.54
70	311.4	5.40	5.28	5.03	4.90	5.00	5.15
72	320.3	6.15	6.00	5.68	5.52	5.63	5.82
74	329.2	6.97	6.79	6.41	6.20	6.33	6.56
76	338.1	7.88	7.67	7.21	6.94	7.08	7.36
78	347.0	8.88	8.63	8.09	7.75	7.90	8.23
80	355.9	9.98	9.69	9.05	8.63	8.79	9.18
82	364.8	11.2	10.8	10.1	9.6	9.8	10.2
84	373.7	12.5	12.1	11.2	10.6	10.8	11.3
86	382.6	13.9	13.5	12.5	11.8	11.9	12.5
88	391.5	15.5	15.0	13.8	13.0	13.2	13.8
90	400.4	17.2	16.6	15.3	14.3	14.5	15.2

Realizando la interpolación correspondiente:

LEF _{25,5 ton} para SN = 3" - Eje trídems	
x = 25,50 ton	y = 1,967

Con los valores LEF obtenidos se completa la Tabla 29 afectando por su factor correspondiente y por sumatoria se obtiene el número de ejes equivalentes con una carga de 8,2 ton (ESAL's) que circularán por el carril de diseño.

$$ESAL_{total} = \sum_{ESAL \text{ eje } 1 \text{ ton}}^{ESAL \text{ eje más pesado}} (ESAL \text{ eje } i)[ESALs]$$

- Finalmente se define el **ESALs de diseño de camino** el cual surge de la sumatoria de ejes equivalentes obtenido con las tablas LEF.

ESALs para Hipótesis A= (W18_{HIP A}) = 3.111.171 ejes

Tabla 29: resumen de la obtención de ESAL's de 8,2ton (W18) que circularán por el carril de diseño para hipótesis A. Fuente: elaboración propia.

Categoría	%	Cantidad (veh/día)	Vehículos 100% carga (veh/día)	Cargas por eje (ton)										
				1 ton	2,5 ton	6,0 ton	9,7 ton	10,5 ton	14,2 ton	18 ton	21 ton	25,5 ton		
				2,2 kip	5,5 kip	13,2 kip	21,3 kip	23,1 kip	31,2 kip	39,6 kip	46,2 kip	56,1 kip		
Automóvil	58.28	855	855	1709	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camioneta	30.79	452	452	452	452	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 11	4.49	66	66	-	-	66	-	66	-	-	-	-	-	
Camión 12	0.26	4	4	-	-	4	-	-	-	4	-	-	-	
Camión 13	0.08	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	
Camión 111	0.37	5	5	-	-	5	-	11	-	-	-	-	-	
Camión 112	0.00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 121	0.89	13	13	-	-	13	-	13	-	13	-	-	-	
Camión 113	0.12	2	2	-	-	2	-	2	-	-	-	-	2	
Camión 122	0.00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 123	0.00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 11111	0.00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 11-11	0.06	1	1	-	-	1	-	3	-	-	-	-	-	
Camión 11-12	0.02	0	0	-	-	0	-	1	-	0	-	-	-	
Camión 12-11	0.00	0	0	-	-	0	-	0	-	0	-	-	-	
Camión 12-12	0.00	0	0	-	-	0	-	0	-	-	-	-	-	
Camión 111-11	0.00	0	0	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	
Sumatorias	95%	1399												
				EJES POR DIA										
				2,161	452	92	0	95	0	17	0	3		
				EJES EN EL PRIMER AÑO										
				788724	164810	33669	0	34579	0	6263	0	1071		
				EJES EN 20 AÑOS										
				18938568	3957370	808440	0	830289	0	150378	0	25706	24710751	
				LEF para SN=3										
				0.000385	0.00881	0.291	0	2.975	0	2.086	0	1.967		
				ESALs (8 ton)										
				7288	34867	234986	0	2469730	0	313742	0	50557	3111171	
				% PARTICIPACIÓN EN ESAL_{total}										
				0.2%	1.1%	7.6%	0.0%	79.4%	0.0%	10.1%	0.0%	1.6%	100%	

4.3.4.6.2 - Hipótesis B - 100% de los vehículos cargados con carga legal y se aplica el Método simplificado según AASHTO.

El método simplificado del procedimiento AASHTO, realiza un estudio menos exhaustivo del tránsito, considerando aquellos vehículos que circulan por la carretera y más daño producen, es decir, los camiones. Su objetivo es determinar el factor de camiones y aplicarlo al TMDA, de tal manera que introduciendo también otros factores de corrección se determine el número de ESALs equivalente.

La fórmula que determina los ESAL para el método simplificado es:

$$ESAL = ADT \times TKS \times GF \times DD \times LD \times TF \times 365$$

En donde:

- **ADT**= Tránsito diario inicial promedio
- **TKS**= Porcentaje de camiones pesados
- **GF**= Factor de crecimiento de camiones y del factor de camión en el tiempo
- **DD**= Factor de distribución de camiones por dirección
- **LD**= Factor de distribución por trochas.
- **TF**= Factor de camiones (ESALS/camión)

A continuación, se obtienen los datos o “inputs” para introducirlos en la fórmula de cálculo:

- ✓ **ADT**= Tránsito diario inicial promedio.

Obtenido en el capítulo 3, es el mismo utilizado en la hipótesis anterior a inicio de periodo de diseño:

$$TMDA_{2026} = 2095 [veh/dia]$$

- ✓ **DD**= Factor de distribución por trochas.

Se refiere al porcentaje de los vehículos censados que circulan en un sentido u otro. Se desarrolla en el ítem 2, de la determinación de ejes cargados W18 “ESALs” (4.3.4.2).

$$DD=0,70$$

- ✓ **LD**= Factor de distribución por trochas.

Este factor será igual a 1 cuando sea un camino monotrocha, es decir, que los vehículos sólo pueden solicitar una única trocha. Se desarrolla en el ítem 3, de la determinación de ejes cargados W18 “ESALs” (4.3.4.3),

$$LD=1$$

- ✓ **GF=** Factor de crecimiento de camiones y del factor de camión en el tiempo.
 Incluye implícitamente la vida útil (**n=20 años**) y la tasa de crecimiento vehicular (**i=1,71%**).

Se determina a partir de la siguiente expresión:

$$GF = \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

O bien, se puede obtener de la siguiente tabla:

Tabla 30: Factores de crecimiento de tránsito para método simplificado. Fuente: Espinoza et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN-FRM).

Tabla 3.19
 Factores de crecimiento de tránsito

Periodo de análisis (años)	Factor crec. *	Tasa de crec anual (%) COMPUUESTA "GF"						
		2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

* Factor=[(1+g)ⁿ -1]/g donde g=tasa/100 y no debe ser nula. Si ésta es nula, el factor es igual al periodo de análisis.

Para el caso en estudio, es conveniente:

$$GF = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} = \frac{(1 + 0,0171)^{20} - 1}{0,0171} = 24,30$$

- ✓ **Calculo TF=** Factor de camiones (ESALS/camión).

El factor de camiones se determina como:

$$TF = \frac{N^{\circ} ESALs \times dia}{N^{\circ} camiones}$$

Para obtener el valor del número camiones, se estudia el porcentaje de vehículos pesados que circulan y se afecta al TMDA conocido. En el caso, del número de ESALs diarios, se considera la configuración de vehículos circulante, y a partir de las tablas LEF utilizadas en tabla anterior, se transforman las cargas mayores en cargas uniformes de 18kips o 8tn.

De los resultados obtenidos de la Tabla 32, se calcula el Factor de Camiones (TF) como:

$$TF = \frac{N^{\circ} ESALs \times dia}{N^{\circ} camiones} = \frac{350}{92} = 3,80$$

Siempre es conveniente completar factores de camiones para cada tipo de camión (método exhaustivo), y así tener un cómputo más exacto. También, para simplicidad es posible no incluir los ejes delanteros los factores de equivalencia de carga. Estudios recientes han indicado que el daño debido al eje delantero es mínimo. El eje delantero contribuye en un 2,1% para ahuellamiento, 0,125% para fisuración y 1,31% para serviciabilidad. Por lo que, la eliminación del eje delantero no afecta considerablemente la exactitud del cálculo. Para el presente proyecto si se utiliza ya que estaban determinados con anterioridad.

✓ **TKS=** Porcentaje de camiones pesados.

Es posible obtenerlo a partir de la sumatoria de porcentajes de vehículos pesados circundantes en la carretera, según Tabla 31.

Tabla 31: Porcentaje de vehículos pesados. Fuente: elaboración propia.

Vehículos	%
Motos	4.64%
Autos	58.28%
Pickup	30.79%
Bus 2	0.43%
Bus 3 y 4	0.26%
Camión 11	4.06%
Camión 12 13	0.08%
Camión 11 11	0.06%
Camión 11 12	0.02%
Semi 111	0.37%
Semi 121 y 112	0.89%
Semi 112-122 y 113	0.12%
Semi 12(1)2	0.00%
Semi 123	0.00%
TOTAL	100.00%
Total % camiones:	6.29%

TKS= 6,29%

Tabla 32: resumen de la obtención de ESAL's de 8,2ton (W18) que circularán por el carril de diseño para hipótesis B, Método Simplificado. Fuente: elaboración propia.

Categoría	%	Cantidad (veh/día)	Vehículos 100% carga (veh/día)	Cargas por eje (ton)									
				1 ton 2,2 kip	2,5 ton 5,5 kip	6,0 ton 13,2 kip	9,7 ton 21,3 kip	10,5 ton 23,1 kip	14,2 ton 31,2 kip	18 ton 39,6 kip	21 ton 46,2 kip	25,5 ton 56,1 kip	
Automóvil	58.28	855	855	1709	-	-	-	-	-	-	-	-	
Camioneta	30.79	452	452	452	452	-	-	-	-	-	-	-	
Camión 11	4.49	66	66	-	-	66	-	66	-	-	-	-	
Camión 12	0.26	4	4	-	-	4	-	-	-	4	-	-	
Camión 13	0.08	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	
Camión 111	0.37	5	5	-	-	5	-	11	-	-	-	-	
Camión 112	0.00	0	0	-	-	0	-	0	-	0	-	-	
Camión 121	0.89	13	13	-	-	13	-	13	-	13	-	-	
Camión 113	0.12	2	2	-	-	2	-	2	-	-	-	2	
Camión 122	0.00	0	0	-	-	0	-	-	-	0	-	-	
Camión 123	0.00	0	0	-	-	0	-	-	-	0	0	-	
Camión 11111	0.00	0	0	-	-	0	0	-	-	-	-	-	
Camión 11-11	0.06	1	1	-	-	1	-	3	-	-	-	-	
Camión 11-12	0.02	0	0	-	-	0	-	1	-	0	-	-	
Camión 12-11	0.00	0	0	-	-	0	-	0	-	0	-	-	
Camión 12-12	0.00	0	0	-	-	0	-	0	0	-	-	-	
Camión 111-11	0.00	0	0	-	-	0	0	-	-	-	-	-	
Sumatorias				2161	452	92	0	95	0	17	0	3	
Cantidad de camiones				92									
				EJES POR DIA									
				0	0	0.291	0	2.975	0	2.086	0	1.967	
				LEF para SN=3									
				0	0	27	0	282	0	36	0	6	
				ESALs (8 ton)									
				0.0%	0.0%	7.7%	0.0%	80.5%	0.0%	10.2%	0.0%	1.6%	100%
				% PARTICIPACIÓN EN ESAL_{total}									

- ✓ Obtención de ESALs por Método Simplificado:

$$ESAL = ADT \times TKS \times GF \times DD \times LD \times TF \times 365$$

$$ESAL = 2095 \times 0,0629 \times 24,30 \times 0,7 \times 1 \times 3,80 \times 365 = 3108962$$

$$ESALs \text{ para Hipótesis B} = (W18_{HIP B}) = 3.108.962 \text{ ejes}$$

4.3.4.6.3 - Hipótesis C - 100% de los vehículos cargados con carga legal y se aplica el Método de los coeficientes de la DPV (derivado de la DNV).

Este método es similar al simplificado propuesto por AASHTO y es el utilizado en general por todos los organismos viales tanto la Vialidad Nacional como las Vialidades Provinciales para cálculos de ESALs. Considera factores de carga locales con coeficientes determinados por estudios en terreno a lo largo de la República Argentina, se relaciona con estudios realizados por la D.N.V. Estos coeficientes de circulación utilizados datan de la década del 70. Por lo tanto, pueden variar con los actuales.

En este método no se analiza exhaustivamente el tránsito circundante. Sino que se realizan simplificaciones por número de ejes y tipo de vehículos.

Se establecen como parámetros de ingreso los valores del Capítulo 3 del presente proyecto.

<u>Vida útil (años):</u>	20	
<u>Último año TMDA conocido:</u>	2018	(veh/día)
<u>TMDA conocido:</u>	1830	(veh/día)
<u>Año inauguración:</u>	2026	
<u>Tasa crecimiento hasta año inauguración:</u>	1.71%	
<u>*a) N° años p/ determinar coeficiente "a":</u>	9	
<u>*b) Coef "a" de tabla:</u>	1.172	
<u>TMDA pronosticado para el año de inauguración:</u>	2095	(veh/día)
<u>Tasa de crecimiento durante la vida útil</u>	-	
<u>Coeficiente "b" de tablas para los años útil</u>	1.084	
<u>TMDA pronosticado durante vida útil</u>	3088	(veh/día)
<u>Factor por N° de trochas LD:</u>	1	
<u>Factor de direccionalidad:</u>	0.7	

- N° años para determinar coeficiente "a", para obtenerlo debemos realizar la siguiente operación:
N° años p/ coef. a = Año de inauguración - Último año TMDA conocido + 1
N° años p/ coef. a = 2026 – 2018 + 1 = **9**
- Coeficiente "a" obtenido de tabla. A partir de métodos empíricos aplicados en diferentes sitios de la República Argentina se desarrolló la Tabla 33, para el cálculo de ESAL's de diseño.

Tabla 33: coeficientes "a" para determinación de ESAL's de diseño – Hipótesis C. Fuente: Dirección Provincial de Vialidad (2018).

año	2%			2,5%			3%			3,5%			4%			4,5%			5%			5,5%			6%		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	1	1	365	1	1	365	1	1	365	1	1	365	1	1	365	1	1	365	1	1	365	1	1	365	1	1	365
2	1,020	1,010	737	1,025	1,013	739	1,030	1,015	741	1,035	1,018	743	1,040	1,020	745	1,045	1,023	747	1,050	1,025	748	1,055	1,028	750	1,060	1,030	752
3	1,040	1,020	117	1,051	1,025	1122	1,061	1,030	1128	1,071	1,035	1133	1,082	1,041	1140	1,092	1,046	1145	1,103	1,051	1151	1,113	1,056	1156	1,124	1,061	1162
4	1,061	1,030	1504	1,077	1,032	1515	1,093	1,040	1527	1,109	1,054	1539	1,125	1,062	1554	1,141	1,070	1562	1,152	1,075	1574	1,174	1,086	1526	1,191	1,094	1597
5	1,082	1,041	1900	1,104	1,051	1918	1,126	1,062	1938	1,148	1,072	1956	1,170	1,083	1976	1,193	1,094	1997	1,216	1,105	2017	1,239	1,118	2037	1,262	1,127	2057
6	1,104	1,051	2302	1,131	1,065	2332	1,159	1,078	2361	1,188	1,092	2391	1,217	1,105	2420	1,246	1,119	2451	1,276	1,134	2483	1,307	1,148	2514	1,338	1,163	2547
7	1,126	1,062	2713	1,140	1,078	2754	1,194	1,085	2798	1,229	1,111	2839	1,265	1,128	2882	1,302	1,146	2928	1,340	1,163	2971	1,375	1,181	3017	1,417	1,199	3063
8	1,149	1,073	3133	1,184	1,092	3189	1,230	1,112	3247	1,272	1,131	3303	1,316	1,152	3364	1,361	1,173	3425	1,407	1,194	3486	1,455	1,215	3548	1,504	1,237	3612
9	1,172	1,084	3561	1,218	1,106	3623	1,267	1,129	3709	1,317	1,152	3784	1,369	1,176	3863	1,422	1,200	3942	1,477	1,225	4024	1,535	1,251	4110	1,594	1,277	4197
10	1,195	1,095	3997	1,249	1,120	4088	1,305	1,146	4183	1,363	1,173	4281	1,423	1,201	4384	1,486	1,229	4486	1,551	1,258	4592	1,619	1,288	4701	1,689	1,319	4811
11	1,219	1,106	4441	1,280	1,135	4557	1,344	1,164	4673	1,411	1,193	4793	1,480	1,224	4922	1,553	1,258	5051	1,629	1,292	5187	1,708	1,326	5324	1,791	1,361	5464
12	1,243	1,118	4897	1,312	1,150	5037	1,384	1,183	5180	1,460	1,217	5330	1,539	1,252	5484	1,623	1,289	5646	1,710	1,326	5809	1,802	1,365	5977	1,898	1,406	6133
13	1,268	1,129	5357	1,345	1,165	5523	1,426	1,201	5699	1,511	1,239	5879	1,601	1,279	6069	1,696	1,320	6263	1,796	1,363	6467	1,901	1,407	6676	2,012	1,452	6870
14	1,293	1,141	5832	1,378	1,180	6030	1,469	1,220	6231	1,564	1,263	6454	1,665	1,307	6679	1,772	1,352	6909	1,886	1,400	7154	2,006	1,449	7404	2,133	1,501	7670
15	1,319	1,153	6313	1,413	1,195	6543	1,513	1,240	6789	1,619	1,286	7041	1,732	1,345	7309	1,852	1,386	7588	1,980	1,439	7879	2,116	1,494	8180	2,281	1,557	8497
16	1,346	1,165	6804	1,448	1,211	7072	1,558	1,260	7358	1,735	1,311	7656	1,861	1,364	7964	1,935	1,420	8293	2,079	1,479	8637	2,232	1,540	8994	2,397	1,623	9373
17	1,373	1,177	7303	1,484	1,227	7614	1,605	1,280	7942	1,834	1,336	8290	1,873	1,394	8650	2,022	1,455	9028	2,183	1,520	9432	2,355	1,588	9854	2,540	1,660	10300
18	1,400	1,190	7818	1,522	1,244	8173	1,653	1,301	8548	1,935	1,361	8942	1,948	1,425	9362	2,113	1,492	9202	2,292	1,563	10264	2,483	1,638	10762	2,693	1,717	11281
19	1,428	1,202	8336	1,560	1,260	8738	1,702	1,322	9182	1,857	1,387	9619	2,026	1,456	10097	2,208	1,530	10611	2,407	1,607	11145	2,621	1,690	11720	2,849	1,777	12323
20	1,457	1,215	8870	1,597	1,277	9322	1,754	1,344	9811	1,923	1,414	10322	2,107	1,489	10870	2,308	1,569	11454	2,527	1,683	12067	2,766	1,743	12724	3,036	1,849	13425
21	1,486	1,228	9413	1,639	1,294	9919	1,806	1,365	10463	1,950	1,441	11045	2,191	1,522	11666	2,412	1,609	12333	2,633	1,701	13038	2,918	1,799	13784	3,207	1,904	14854

Ejemplo: Conocido el T.M.D.A. = 850. Del año 1975 se quiere saber:
 1) T.M.B.A. en 1984 con una tasa de crecimiento de 4% : $(T.M.D.A.)_{1975} \times (1 + 4\%)^9 = (T.M.B.A.)_{1984} = 850 \times 1,423 = 1209$
 2) T.M.B.A. promedio para el periodo 1975-1984 : $(T.M.D.A.)_{1975-84} \times (1 + 4\%)^9 = 850 \times 1,201 = 1021$
 3) Número total de vehículos que circularán en el periodo (1975-1984) : $(T.M.D.A.)_{1975} \times 4\% = 850 \times 4,384 = 3.726400$

Ingresando en la Tabla 33 con 9 años y una tasa de crecimiento del 1,71% se adopta:

$$a = 1,172$$

Luego se ingresa a la Tabla 34, donde solo se introducen los porcentajes de vehículos que circulan por la carretera de acuerdo con la clasificación vehicular descripta. Para la obtención del número de ejes se multiplica el número de ejes vehicular, por el porcentaje de cada tipo de vehículo sobre 100 y por el coeficiente C fijo preestablecido para cada tipo de vehículo.

Tabla 34: Determinación de ejes de 10 tn – Hipótesis C. Fuente: elaboración propia.

Tipo de vehículo	Distribución de los ejes	Nº ejes	Porcentaje de cada tipo de vehículo	Factor "C"	Nº ejes
Automoviles, camionetas	11	2	93.71	0.01	0.018742
Omnibus	11	2	0.43	0.07	0.000602
Camiones s/ acoplado	11	2	4.06	0.6	0.04872
	12	3	0.34	0.38	0.003876
Camiones c/ acoplado	11 - 11	4	0.06	0.6	0.00144
	11 - 12	5	0.01	0.39	0.000195
	12 - 11	5	0.01	0.47	0.000235
	12 - 12	6	0	0.32	0
Semi remolques	111	3	0.37	0.54	0.005994
	112	4	0.89	0.45	0.01602
	113	5	0.06	0.41	0.00123
	122	5	0.06	0.35	0.00105
Factor de contribución combinado					0.098104 (Ejes de 10t/vehículo)

El número de ejes de 10t (W10t) equivalente será:

$$N_{10t} = DD * vida\ util * 365_{dias} * TMDA_{vida\ util} * LD * N^{\circ}\ de\ jes\ de\ 10t =$$

$$N_{10t} = 0,7 * 20 * 365 * 3088 * 1 * 0,098104 = 1.548.050\ ejes$$

Para llevarlo a W18 (W8t) se multiplica por 2,2 debido a conversión de unidades, quedando:

$$N^{\circ}\ ejes\ 18kips = 3.405.709,40$$

$$ESALs\ para\ Hipótesis\ C = (W18_{HIP\ C}) = 3.405.709\ ejes$$

4.3.4.7 Conclusión:

En el desarrollo del presente capítulo, se presentaron 3 hipótesis distintas o métodos para determinar el número de ESALs de 18kips equivalentes. Se demostró que la variación entre métodos no es muy significativa, pero si cambia su tiempo de procesamiento de datos y el nivel de información que se tiene para la aplicación de cada uno de ellos.

También es destacable que para las hipótesis de cargas A y B se supone que el 100% de los vehículos que transitan por la carretera lo hacen con 100% de carga legal permitida. Esto provoca un sobredimensionamiento de la carretera al no considerarse vehículos vacíos, aunque sí se aproxima a la realidad si consideramos aquellos vehículos que circulan ilegalmente con una carga mayor a la permitida por ley.

Por lo tanto, el valor de cálculo de ejes equivalentes W18 para continuar con la aplicación del método será el de la Hipótesis A de **3.111.171 ESAL's**, considerándolo como valor apropiado al aplicar un análisis más exhaustivo del tránsito sin diferir significativamente de los métodos simplificados.

Finalmente es válido aclarar, que este valor de ESAL's es provisorio, ya que se debe iterar para que el valor de SN obtenido en la determinación de espesores sea igual al supuesto en el presente cálculo de ejes equivalentes. En este proyecto, la igualdad se cumplió, por lo tanto, no será necesario recalculer los ESAL's con otro valor de SN supuesto.

4.3.5 Determinación de espesores

Como se desarrolló en la introducción Capítulo 4.3, para el método de diseño AASHTO 86 y 93 la fórmula de diseño es:

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R \cdot S_D + 9,36 \cdot \text{Log}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}(\Delta PSI)}{0,4 + \frac{4,2 - 1,5}{1094}} + 2,32 \cdot \text{Log}(M_R) - 8,07$$

Donde:

- SN: número estructural.
- W18: número de cargas de 18kips (80 kN) previstas.
- ZR: abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.
- S0: desvío standard de todas las variables.
- ΔPSI: pérdida de serviciabilidad.
- MR: módulo resiliente de la subrasante (en psi).

La Tabla 35 es una tabla resumen con los datos que serán los “Inputs” para obtener el número estructural necesario y así determinar espesores de capas.

Tabla 35: Resumen de parámetros de cálculo. Fuente: elaboración propia.

RESUMEN PÁRAMETROS DE CÁLCULO	
NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18) :	3111171
FACTOR DE CONFIABILIDAD (R):	80%
DESVIACION ESTANDAR CURVA NORMAL (Zr):	0.841
DESVIACION ESTANDAR (So):	0.45
SERVICIABILIDAD INICIAL (po):	4.2
SERVICIABILIDAD FINAL (pt):	2
PERIODO DE DISEÑO (Años):	20
Coefficiente estructural Cemento Asfaltico(a1)	0.45
M.R. capas asfálticas	450000 psi
Coefficiente estructural Base granular (a2)	0.14
M.R. Base	27000 psi
Coefficiente estructural Sub-base (a3)	0.14
M.R. Sub-base	27000 psi
C.B.R. Sub-rasante	14%
M.R. Sub-base	13000 psi
Coefficiente de drenaje Base Granular	1.3
Coefficiente de drenaje Sub-Base	1.3

Los ensayos destinados a medir la resistencia de un suelo frente a cargas dinámicas de tránsito son muy variados, siendo los más comunes:

- Relación de Valor Soporte California (CBR)
- Valor de resistencia de Hveem (valor R)
- Ensayo de plato de carga (valor K)
- Penetración dinámica con cono
- Módulo resiliente (M.R.)

Para la realización del método, los valores de resistencia mecánica del suelo se introducen en valores de Modulo Resiliente (M.R). Sin embargo, debido a lo costoso que es este estudio para realizarlo en todo el camino, se realizan estudios en valores de C.B.R. y a través de un ábaco de correlaciona los valores.

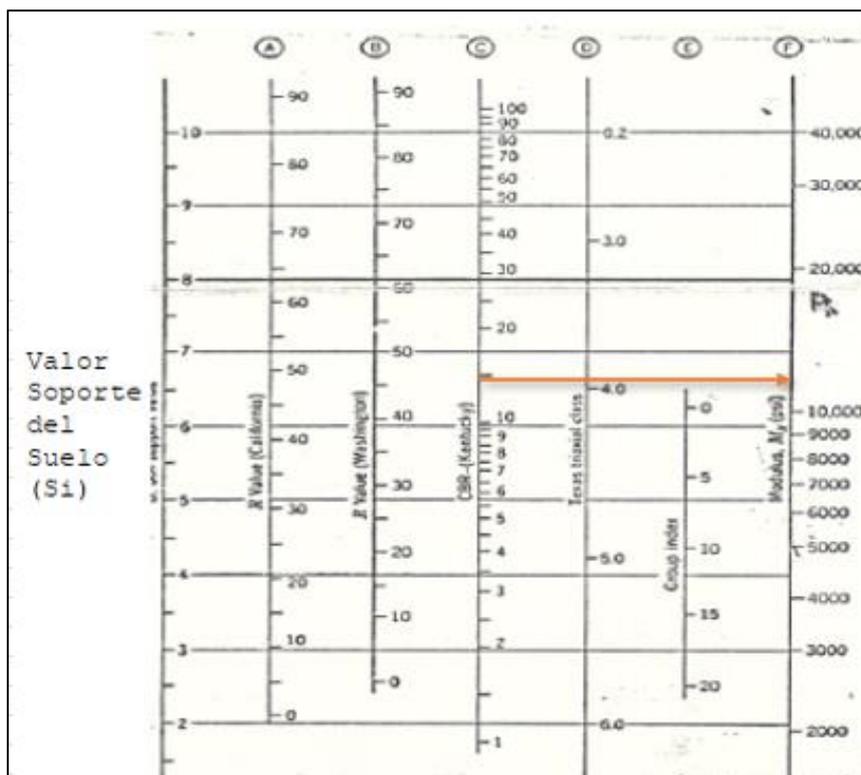


Figura 59: ábaco de relación CBR con MR de la sub-rasante. Fuente: Espinoza, E. et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN – FRM).

Debido a la complejidad que resulta para despejar la variable SN (Structural Number), existen tres formas para poder resolver la ecuación implícita:

- Iteraciones en planillas de cálculo hasta conseguir que ambos miembros se igualen;
- Ábacos;
- Softwares.

En el presente proyecto se utilizarán el software propuesto por el método AASHTO para la obtención del valor SN. Con este valor de número estructural es posible determinar los espesores de pavimento.

Figura 60: Valor SN obtenido de software computacional ASHHTO 93. Fuente: elaboración propia.

El haber obtenido un SN=3 indica que el valor de SN adoptado en las hipótesis de cálculo para determinar el número de ESALs fue el correcto. Por lo tanto, no se debe redimensionar.

La expresión que liga el número estructuras con los espesores de capa es:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * m_2 * D_2 + a_3 * m_3 * D_3$$

Donde:

- a_1, a_2, a_3 son los coeficientes estructurales o de capa (adimensionales).
- m_2, m_3 son los coeficientes de drenaje, (adimensionales).
- D_1, D_2, D_3 son los espesores de capas, (en pulg o cm).

La ecuación de SN no tiene una única solución, hay muchas combinaciones de espesores que la pueden satisfacer, no obstante, esto se dan normativas tendientes a dar espesores de capas que puedan ser construidas y protegidas de deformaciones permanentes por las capas superiores más resistentes.

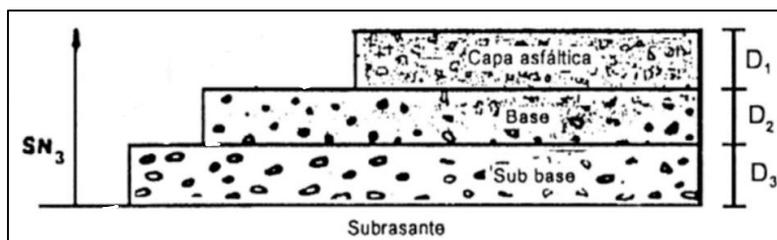


Figura 61: esquema tricapa del paquete estructural a dimensionar. Fuente: Espinoza, E. et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN – FRM).

4.3.5.1 Coeficientes estructurales o de capa "a":

Es muy conocida la influencia de la calidad de los materiales en la eficacia del pavimento. Cada vez está tomando más consenso el uso de módulos elásticos para caracterizar los materiales.

Aparecen entonces los *Coeficientes estructurales o de capa*, que son una medida de la capacidad relativa de cada capa como componente estructural de un pavimento, aunque directamente no sean un índice de la resistencia del material.

No obstante, estos coeficientes están correlacionados con distintos parámetros resistentes. Para su utilización se emplean nomogramas ingresando con un valor de resistencia conocido determinado en laboratorio y se obtiene directamente el coeficiente "a".

En las Figuras 62, 63 y 64 se muestran los nomogramas a emplear, válidos cada uno para la capa correspondiente. Para capas de concreto asfáltico, los coeficientes "a" están en función de la estabilidad Marshall, del cohesiómetro de Hveem y del módulo resiliente. Para las bases granulares lo hace en función de C.B.R., Valor R, Ensayo Triaxial de Texas y Modulo Resiliente (M.R.)

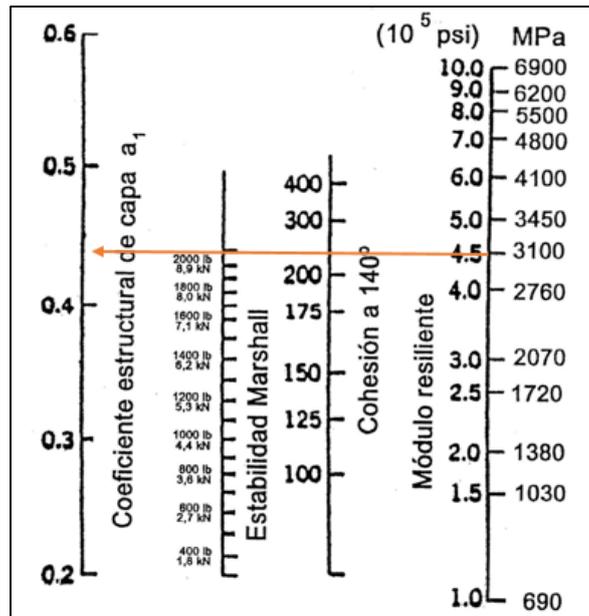


Figura 62: Coeficiente estructural para **CAPAS ASFÁLTICAS**. Fuente: Espinoza, E. et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN – FRM).

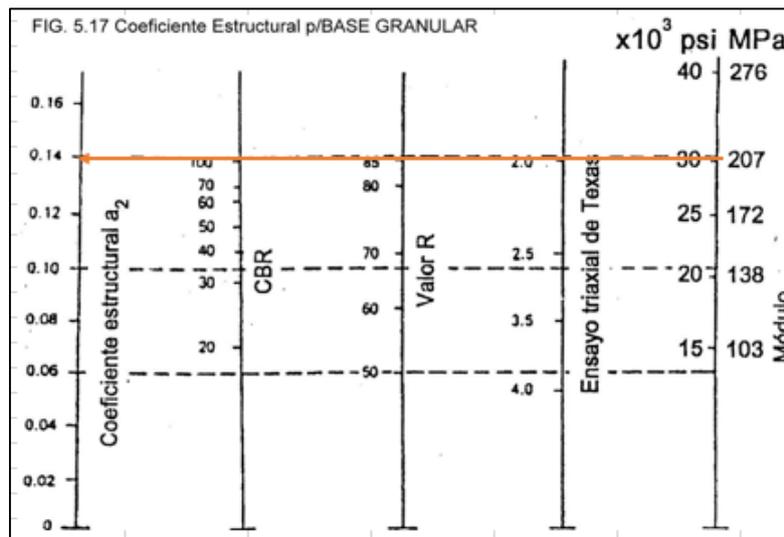


Figura 63: Coeficiente Estructural para **BASE GRANULAR**. Fuente: Espinoza, E. et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN – FRM).

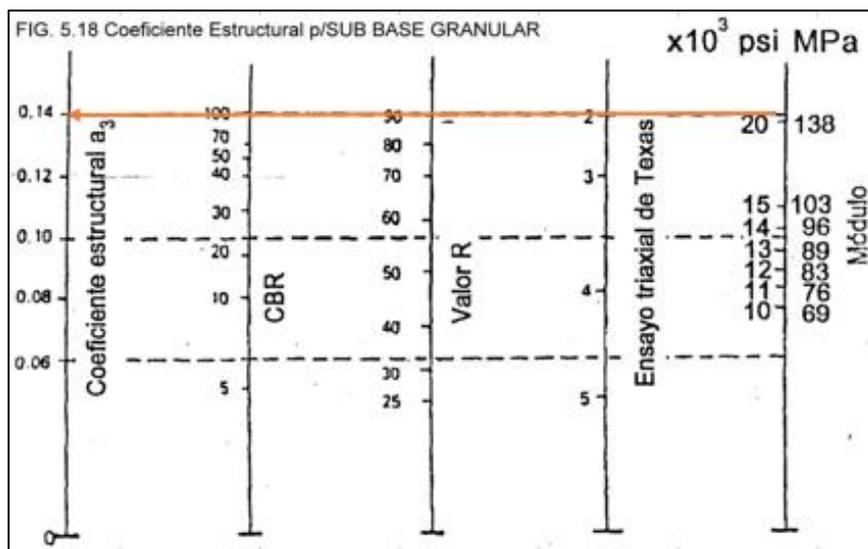


Figura 64: Coeficiente Estructural para **SUB-BASE GRANULAR**. Fuente: Espinoza, E. et al (2020, Vías de Comunicación II, UTN – FRM).

4.3.5.2 Coeficientes de drenaje "m":

Como se explicó en el apartado 4.3.3, la humedad tiene una gran influencia sobre las propiedades de los materiales que constituyen el paquete estructural y sobre el comportamiento de los pavimentos en general. La presencia del agua juega un papel muy importante. El agua presente en los pavimentos puede provocar diversos daños, por lo que es importante conocer las características del lugar para determinar la probabilidad de saturación del terreno natural.

Para el proyecto se determinan los coeficientes de drenaje **m=1,30**.

Conocidos estos valores es posible determinar los espesores de capa. Para ello, se realizó una planilla (ver Tabla 36) donde se itera con valores de espesores supuestos hasta igualar la ecuación desde ambos miembros.

El espesor de capa asfáltica adoptado se fijó inicialmente para disminuir iteraciones convergentes. El espesor de capa debido a los coeficientes se supone en pulgadas y luego se calcula el equivalente en cm.

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * m_2 * D_2 + a_3 * m_3 * D_3$$

$$SN = 0,44 * 1,97'' + 0,14 * 1,30 * D_2'' + 0,14 * 1,30 * D_3'' = 3,01$$

$$3,01 \approx 3,04$$

Tabla 36: cálculo de número estructural SN según parámetros propuestos. Fuente: elaboración propia.

DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :

1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES	DATOS
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)	450.00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)	27.00
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)	27.00

2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	3.11E+06
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	80%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	0.841
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	0.14
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20

3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO

A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)	0.450
Base granular (a ₂)	0.140
Subbase (a ₃)	0.140
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m ₂)	1.30
Subbase (m ₃)	1.30

ITERACION:

NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	3.01
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	0.89
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	1.07
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	1.07
SN _{calculo}	3.04

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA

	propuesto [cm]
ESPEJOR CARPETA ASFALTICA (cm)	5.0
ESPEJOR BASE GRANULAR (cm)	15.0
ESPEJOR SUB BASE GRANULAR (cm)	15.0
ESPEJOR TOTAL (cm)	35.00

Finalmente se adopta:

PAQUETE ESTRUCTURAL	}	Espesor de capa asfáltica	D1= 5cm
		Espesor base granular	D2=15cm
		Espesor Sub-base granular	D3=15cm

4.4. Determinación de espesor Pavimento Rígido – Método PCA

El método utilizado en el presente proyecto para el diseño de los espesores de pavimento rígido es el Método de la Portland Cement Association (PCA), citado en el “Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón” del Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA), Calo et al (2014). El método PCA es empírico-mecanicista, basado en estudios teóricos y experimentales.

Este método se basa en dos criterios fundamentales para el diseño y verificación de pavimentos rígidos, a saber:

- **Diseño por fatiga:** el que controla las tensiones generadas en el pavimento por las repeticiones de las cargas. Un pavimento adecuadamente diseñado a fatiga mantiene el número de cargas esperadas a fin de la vida útil por debajo de la cantidad admisible por el hormigón, previniendo así la fisuración del material. El número de repeticiones admisibles para una determinada carga se basa en la relación entre la tensión generada por dicha carga y el módulo de rotura (MR) del hormigón a 28 días. Un diseño correcto asegura que el consumo total de fatiga nunca superará el 100%.
- **Diseño por erosión:** tiene por objetivo el limitar las deformaciones (deflexiones) del pavimento en los bordes de la losa, para evitar así la erosión de los materiales de fundación en sectores críticos como las juntas y las esquinas de las losas. Una excesiva erosión del asiento de la losa deriva en bombeo del material de fundación y luego en un escalonamiento de juntas. Un diseño correcto asegura que el consumo total de por erosión nunca superará el 100%.

4.4.1 Variables de diseño para el Método Portland Cement Association:

Se detallan a continuación las variables de diseño que intervienen en el Método PCA.

4.4.1.1. Módulo de reacción de la subrasante “k”:

La capacidad de soporte de la subrasante se indica con el valor “k”, el cual se determina con el ensayo de plato de carga. En su defecto, se acepta que el módulo k se defina por correlación con otros ensayos más económicos y más difundidos como el de Valor Soporte Relativo.

4.4.1.2. Base/Sub-base, módulo de reacción combinado “ k_{comb} ”:

El hecho de introducir una o más capas que sirvan de base y sub-base produce, como es de suponer, un aumento en la capacidad portante, el cual debe ser considerado en el proceso de diseño.

Según Calo et al (2014), la metodología PCA tiene en cuenta el tipo de material empleado en las capas del pavimento y si las mismas cuentan con un tratamiento cementante, y junto al espesor de la capa, define el valor k_{comb} a introducir en el diseño.

4.4.1.3. Resistencia a flexión del hormigón:

Corresponde a la resistencia media a flexión del hormigón a los 28 días.

4.4.1.4. Mecanismos de transferencia de carga en juntas transversales:

Introducir pasadores en las juntas transversales logra una reducción importante de las tensiones generadas en ellas, como a su vez se limitan las deflexiones en bordes y esquinas de las losas.

El efecto de los pasadores se tiene en cuenta solo en el diseño por erosión, ya que la situación crítica en el diseño a la fatiga es la posición de las cargas distanciadas de las juntas, pero cercanas a los bordes libres.

4.4.1.5. Condición de soporte en los bordes de calzada:

Al incluirse banquetas de hormigón o sobrecanchos de calzada, se logra una importante reducción en las tensiones en bordes y esquinas de las losas. Este hecho se toma en cuenta durante el proceso de diseño del pavimento.

4.4.1.6. Tránsito. Configuración de cargas por eje:

El Método PCA requiere un análisis detallado de la composición del tránsito pesado (los vehículos livianos no tienen prácticamente incidencia), para estimar lo más ajustadamente posible el número de repeticiones de cargas por eje previstas durante el periodo de diseño.

4.4.1.7. Factor de seguridad de cargas:

Las cargas que intervienen en el diseño del pavimento son afectadas por un factor amplificador conocido como Facto de Seguridad de Cargas (FSC), mayor o igual a la unidad, con el fin de considerar las sobrecargas imprevistas de tránsito.

El mismo puede variar entre $FSC=1,2$ para carreteras de altos volúmenes de tránsito pesado; $FSC=1,1$ para carreteras arteriales de moderado tránsito pesado; y $FSC=1,0$ para carreteras de bajo tránsito pesado o calles residenciales.

4.4.2 Procedimiento de verificación:

Para iniciar el planteo, se adoptan valores iniciales de espesores de diseño que luego serán verificados a la fatiga y a la erosión:

- **Módulo de reacción de la sub-rasante “k”:**

Conociendo el valor de CBR adoptado en la sección 4.2 del presente capítulo, a saber:

CBR= 14%

Según Calo et al (2014), en su Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón del ICPA (en adelante “Manual ICPA), mediante la Figura 2-47 es posible obtener el valor k de la subrasante:

Figura 2-47: Correlación del CBR con el módulo de reacción de la subrasante para distintos tipos de suelos.

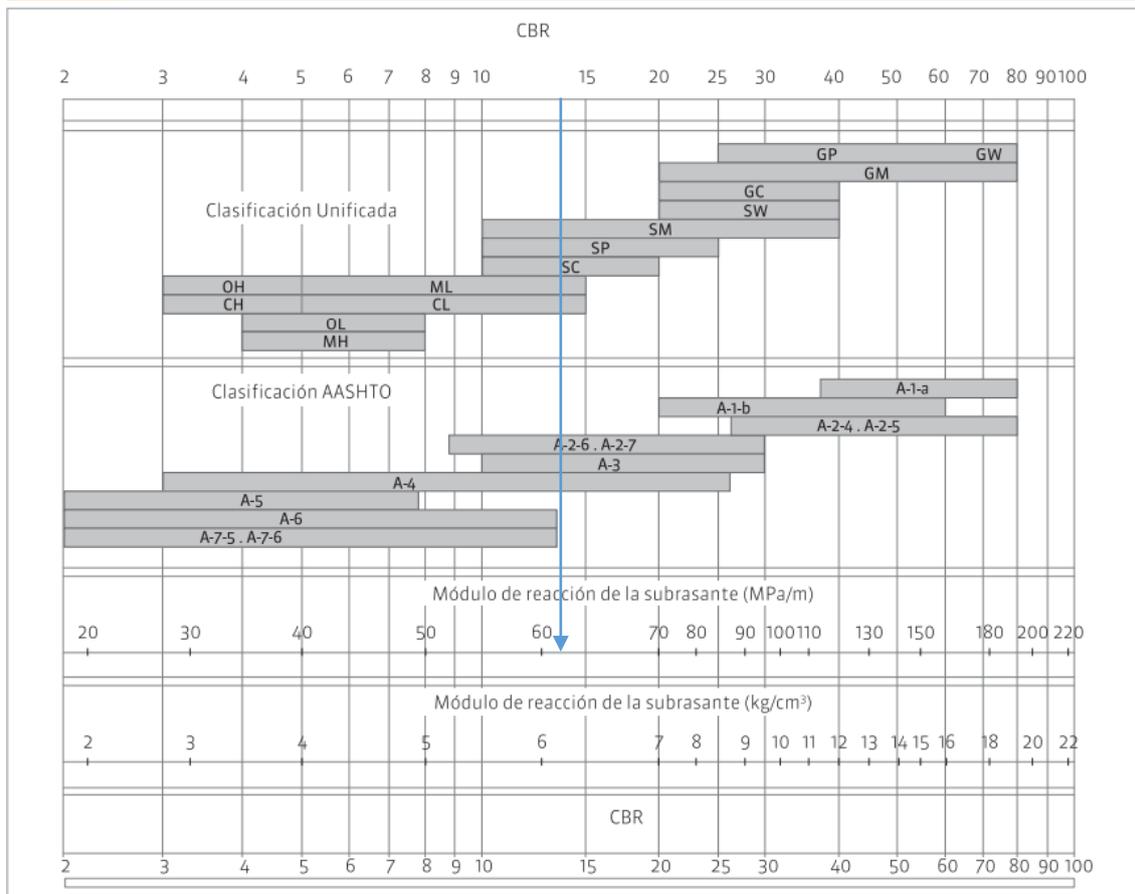


Figura 65: Correlación del CBR con el módulo de reacción de la subrasante para distintos tipos de suelos. Fuente: Calo, D. et al (2014, Manual ICPA).

Siendo entonces:

$$k=62 \text{ MPa/m.}$$

- **Módulo de reacción combinado “ k_{comb} ”:**

Adoptando un espesor de sub-base de 20 cm, siendo ésta de material granular no tratado (no cementado), se emplea la Tabla 2-12 del Manual ICPA (Calo et al, 2014):

Tabla 2-12: Valores típicos de k combinado subrasante-base para bases no tratadas. [ACPA EB209P.1991]				
Esesor de la base → k subrasante [MPa/m] ↓	100 mm	150 mm	225 mm	300 mm
20	23	26	32	38
40	45	49	57	66
60	64	66	76	90
80	87	90	100	117

Figura 66: Valores típicos de K combinado subrasante- base. Fuente: Calo, D. et al (2014, Manual ICPA).

Interpolando entre los valores de espesor de base y valor k de subrasante, se obtiene:

$$k_{comb}= 75,07 \text{ MPa/m}$$

- **Resistencia a flexión del hormigón:**

Se adopta un hormigón de tipo H-30, cuya resistencia característica a la compresión a los 28 días es:

$$f'_{cm}= 30 \text{ MPa}$$

El módulo de rotura a la flexión, o MR, se calcula como:

$$MR = k * \sqrt{f'_{cm}[MPa]}$$

Siendo k un coeficiente que depende de los agregados del hormigón. El parámetro k puede tener un valor de k=0,7 si el agregado es pétreo natural redondeado, o k=0,8 si el agregado es pétreo partido.

Adoptando un agregado pétreo natural redondeado, se obtiene:

$$MR = 0,7 * \sqrt{30} \quad \therefore \quad MR = 3,83 \text{ MPa}$$

- **Mecanismo de transferencia de carga en juntas transversales:**

Se adoptará que las losas *no tienen vinculación con banquetas* (que según el perfil transversal tipo, no las incluye). Concretamente se adopta la situación sin banquetas de hormigón.

Asimismo, el mecanismo de transferencia entre losas en las juntas transversales se supone *con pasadores*, lo cual tiene injerencia en la verificación por erosión.

- **Tránsito. Configuración de cargas por eje:**

Se parte de la premisa que la vida útil del proyecto, en correspondencia con lo estimado en el Capítulo 3, es de 20 años.

Dicho periodo de vida útil se contabiliza desde el año previsto de inauguración y puesta en servicio del proyecto, es decir, del año 2026.

Para tal fecha, el TMDA proyectado es de:

$$\text{TMDA}_{2026} = 2095 \text{ veh/día}$$

Manteniendo la composición vehicular, se tiene que:

Tabla 37: composición vehicular del TMDA 2026. Fuente: elaboración propia.

Vehículos	%	TMDA 2026 [veh/día]	Total de vehículos [veh/día]	Tipo
Motos	4.64%	2095	98	Class 1
Autos	58.28%		1221	Class 2
Pickup	30.79%		646	Class 3
Bus 2	0.43%		10	Class 4
Bus 3 y 4 (Cam 12)	0.26%		6	Class 5
Camión 11	4.06%		86	Class 6
Camión 12 13	0.08%		2	Class 7
Camión 11 11	0.06%		2	Class 8
Camión 11 12	0.02%		1	Class 9
Semi 111	0.37%		8	Class 10
Semi 121 y 112	0.89%		19	Class 11
Semi 112-122 y 113	0.12%		3	Class 12
Semi 12(1)2	0.00%		0	Class 13
Semi 123	0.00%		0	Class 14

Ya que el Método PCA solo considera los vehículos pesados (más de 6 ruedas por unidad) para contabilizar los ejes que solicitarán al pavimento, se filtra de la Tabla 37 el número de ejes tipo Simple (ruedas simples y dobles), tipo Tándem (ruedas dobles) y tipo Trídem (ruedas dobles), correspondiente a cada clase de la clasificación vehicular, del valor de TMDA (es decir, se contabilizan los ejes en el valor diario):

Tabla 38: cantidad de ejes a considerar por el Método PCA para el TMDA 2026. Nota: Al no contar con la distribución de cargas por tipo de eje se considera que todos los ejes van a carga máxima, situación que es considerada muy conservadora. Fuente: elaboración propia.

	Ejes simples - 6 Tn	Ejes simples duales - 10,5 Tn	Ejes Tándem duales - 18 Tn	Ejes Trídem duales - 25,5 Tn
Bus 3 y 4 (Cam 12)	6	-	6	-
Camión 11	86	86	-	-
Camión 12 13	4	-	2	2
Camión 11 11	4	4	-	-
Camión 11 12	2	1	1	-
Semi 111	8	16	-	-
Semi 121 y 112	19	19	19	-
Semi 112-122 y 113	3	3	-	3
Semi 12(1)2	-	-	-	-
Semi 123	-	-	-	-
TOTALES:	132	129	28	5

Dado que el Método PCA precisa el dato de la cantidad anual de ejes de cada tipo acumulada hasta el año de fin de vida útil, se deberá aplicar año a año la tasa de crecimiento interanual obtenida en el Capítulo 3 para el TMDA de la RP89:

$$i = 1,71\%$$

Multiplicando los valores de la Tabla 38 por 365 (para obtener las cantidades anuales) y aplicando la fórmula de crecimiento interanual del Capítulo 3 para la cantidad de ejes a considerar, se tienen para el año 2046 los valores mostrados en la Tabla 39.

Se tiene en cuenta, asimismo, el crecimiento que año a año produce en el TMDA el tránsito generado por el funcionamiento de la obra, concepto analizado en el Capítulo 3, donde se adoptó un valor de 5%.

Aplicando entonces un incremento del 5% a las cantidades de cada eje de la Tabla 40, se concluye en las cantidades a emplear para la verificación por fatiga y erosión en el Método PCA (ver Tabla 39).

Tabla 39: cantidad final de ejes por tipo de carga a considerar en el Método PCA. Fuente: elaboración propia.

Año	Ejes simples		Ejes Tándem	Ejes Trídem
	6 Tn	10,5 Tn	18 Tn	25,5 Tn
Acumulado al 2046 (Tabla 40) + tránsito generado 5%	1807592	1766511	383429	68469

Tabla 40: cantidad de ejes a considerar por el Método PCA para el año 2046, por crecimiento vegetativo.
 Fuente: elaboración propia.

Rep. Diarias (2026)	132	129	28	5
Año	Ejes simples		Ejes Tándem	Ejes Trídem
	6 Tn	10,5 Tn	18 Tn	25,5 Tn
0	48180	47085	10220	1825
1	49004	47890	10395	1856
2	49842	48709	10573	1888
3	50694	49542	10753	1920
4	51561	50389	10937	1953
5	52443	51251	11124	1986
6	53339	52127	11314	2020
7	54252	53019	11508	2055
8	55179	53925	11705	2090
9	56123	54847	11905	2126
10	57083	55785	12108	2162
11	58059	56739	12315	2199
12	59051	57709	12526	2237
13	60061	58696	12740	2275
14	61088	59700	12958	2314
15	62133	60721	13180	2354
16	63195	61759	13405	2394
17	64276	62815	13634	2435
18	65375	63889	13867	2476
19	66493	64982	14105	2519
20	67630	66093	14346	2562
ACUMULADO:	1205061	1177674	255619	45646

- **Factor de seguridad de cargas:**

Según lo indicado en el inciso 4.4.1.7, el factor de seguridad de cargas (FCS) puede tomar distintos valores. Para el caso en estudio, se adopta que la RP89 – Av. Los Cóndores está incluida en la categoría de carreteras arteriales de moderado tránsito pesado, por lo que se define:

$$\text{FSC} = 1,1$$

4.4.2.1. Verificación a fatiga y a erosión:

Definidos los parámetros que intervienen en el Método PCA, se procede a realizar la verificación tanto a fatiga como a erosión según el planteo del Manual ICPA.

Se proponen los siguientes espesores a ser verificados:

- Sub-base granular, sin tratamiento cementante: e= 20cm.
- Losa de hormigón H-30, pasadores en juntas transversales, sin vinculación con banquetas, e= 23,00 cm.

Según el procedimiento planteado por el Manual ICPA (Calo et al, 2014), se procede el llenado de la Tabla 41 de la siguiente manera:

Verificación a fatiga:

1. En la columna 1 se colocan la carga máxima de los ejes a ser considerados.
2. Se mayoran las cargas de los ejes según el FCS adoptado ($FCS=1,1$), para llenar la columna 2.
3. Se completa la columna 3 con la cantidad de ejes que se esperan acumulados al fin de la vida útil del proyecto (ver Tabla 39).
4. En función del espesor de prueba de la losa, el valor k_{comb} , y dependiendo de la vinculación o no con banquetas de hormigón, se determina la **Tensión Equivalente** para cada tipo de eje, empleando las Tablas 2-23 y 2-24 del Manual ICPA (Calo et al, 2014).
Se realizaron interpolaciones lineales para obtener el valor correspondiente a cada tipo de eje (simple, tándem y trídem). Los mismos se colocan en la columna 5.
5. Se calcula el Factor de Reducción de Tensiones (FRT), como la relación entre la Tensión Equivalente obtenida en el paso anterior y el Módulo Resistente del hormigón empleado. Los resultados se colocan en la columna 5.
6. Convirtiendo el valor de la carga por eje de toneladas a Kilonewtons ($1 Tn= 9,81 KN$), se ingresa al nomograma de la Figura 2-54 del Manual ICPA en el eje vertical de ejes simples o tándem (los valores correspondientes a los ejes trídem se obtienen ingresando la carga dividida en 3 y leyendo en la columna de ejes simples). Proyectando desde este eje, pasando por la recta de FRT con el valor correspondiente, se alcanza a determinar el número de repeticiones admisibles en el eje derecho.
Se tiene en cuenta que, de no intersectarse el eje derecho, el número de repeticiones admisibles es considerado ilimitado.
Con tales datos, se completa la columna 4.
7. Los porcentajes de fatiga para cada tipo de eje al final de la vida útil del proyecto se obtienen como el cociente entre las repeticiones esperadas y las repeticiones admisibles para cada tipo de eje.

La sumatoria de las fatigas porcentuales de cada eje debe ser inferior al 100%. Un valor mayor al mismo implica aumentar los espesores del paquete. Un valor muy inferior implica un pavimento que cumplirá la premisa, pero que no será económico.

Verificación a erosión:

8. En función del mecanismo de transferencia de cargas en juntas transversales y la vinculación con banquetas (con o sin banquetas de hormigón), se emplea alguna de las Tablas 2-25, 2-26, 2-27 o 2-28 del Manual ICPA (Calo et al, 2014) para obtener el **factor de erosión**.

En este caso, se emplea la Tabla 2-25, interpolando entre los espesores de losa y los valores de k_{comb} indicados. Se colocan los valores del factor de erosión para cada tipo de eje en la columna 7.

9. Al igual que el paso 6, se emplea el nomograma de la Figura 2-55 o 2-56 según corresponda. Ingresando con el valor en KN de la carga mayorada por eje, se proyecta una línea a través del punto del factor de erosión, intersectando al eje derecho en el valor de repeticiones admisibles. De no intersectar dicho eje, se considera que las repeticiones admisibles son ilimitadas.

Este valor se coloca en la columna 6.

10. Los porcentajes de erosión para cada tipo de eje al final de la vida útil del proyecto se obtienen como el cociente entre las repeticiones esperadas y las repeticiones admisibles para cada tipo de eje.

La sumatoria de las erosiones porcentuales de cada eje debe ser inferior al 100%. Un valor mayor al mismo implica aumentar los espesores del paquete. Un valor muy inferior implica un pavimento que cumplirá la premisa, pero que no será técnico-económicamente correcto.

Como resumen del procedimiento, se indican los valores obtenidos en la Tabla 41:

Tabla 41: resultados del Método PCA en los criterios de fatiga y erosión. Fuente: elaboración propia.

Proyecto:			RP 89 - Av. Los Cóndores			
Espesor estimado:	23	[cm]	Juntas con pasadores:	SI	[SI/NO]	
kcomb:	75.07	[MPa/m]	Banquina de hormigón:	NO	[SI/NO]	
MR:	3.83	[MPa]	Periodo de diseño	20	[años]	
F.S.C.:	1.1					

1	2	3	4	5	6	7
Carga por eje [Tn]	Carga mayorada [Tn]	Rep. Esperadas	Análisis por fatiga		Análisis por erosión	
			Rep. Admisibles	% fatiga	Rep. Admisibles	% daño
Ejes Simples			Tens. Equiv:	1.3273	F. de erosión:	2.6325
			F.R.T.:	0.35		
6.00	6.60	1807592	Ilimitadas	0.00%	Ilimitadas	0.00%
10.50	11.55	1766511	1800000	98.14%	9000000	19.63%
Ejes Dobles (tándem)			Tens. Equiv:	1.1422	F. de erosión:	2.7574
			F.R.T.:	0.30		
18.00	19.80	383429	Ilimitadas	0.00%	10100000	3.80%
Ejes Triples (Trídem)			Tens. Equiv:	0.8573	F. de erosión:	2.8699
			F.R.T.:	0.22		
25.50	28.05	68469	Ilimitadas	0.00%	6000000	1.14%
			TOTAL:	98.14%	TOTAL:	24.57%
				VERIFICA		VERIFICA

Se resume, entonces, que el paquete estructural propuesto **VERIFICA** los criterios de fatiga y erosión del Método PCA.

4.4 Resumen de paquetes estructurales a emplear:

Luego de haber realizado el dimensionado de los paquetes estructurales a emplear en el proyecto, se llega a las siguientes configuraciones mostradas en la Tabla 42:

Tabla 42: resumen de los paquetes estructurales proyectados. Fuente: elaboración propia.

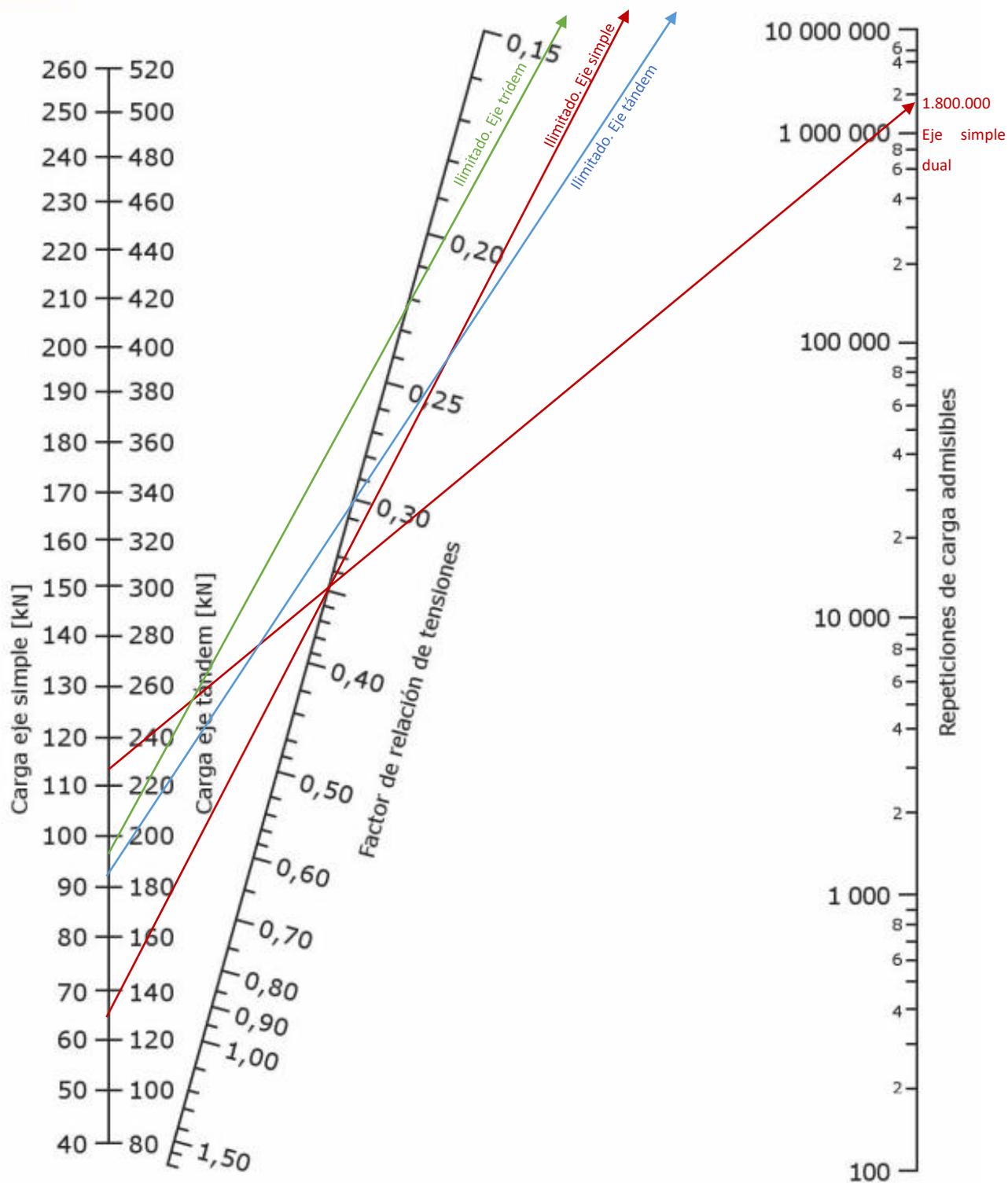
Tipo de Pavimento	Método de dimensionado	Conformación del paquete estructural	Uso
Flexible	AASHTO '93	Sub-base granular de 15 cm.	Tramos básicos.
		Base granular de 15 cm.	
		Carpeta asfáltica de 5cm.	
Rígido	Portland Cement Association 1984	Sub-base granular no cementada de 20 cm.	Rotonda y retornos (ramas y anillos).
		Losa de hormigón H-30 de 23,00 cm.	

4.5 Anexo de tablas y nomogramas:

Tabla 2-23: 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	1,59/1,33/0,99	1,43/1,17/0,89	1,37/1,11/0,85
210	1,91/1,79/1,37	1,68/1,49/1,13	1,56/1,34/1,01	1,48/1,25/0,93	1,34/1,10/0,83	1,28/1,04/0,79
220	1,79/1,70/1,30	1,57/1,41/1,07	1,46/1,27/0,95	1,39/1,18/0,88	1,26/1,03/0,78	1,20/0,98/0,74
230	1,68/1,62/1,24	1,48/1,34/1,02	1,38/1,21/0,91	1,31/1,12/0,84	1,18/0,98/0,73	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
250	1,49/1,48/1,13	1,32/1,22/0,93	1,22/1,09/0,83	1,16/1,01/0,76	1,05/0,88/0,66	1,00/0,83/0,62
260	1,41/1,41/1,07	1,25/1,17/0,89	1,16/1,05/0,79	1,10/0,97/0,73	0,99/0,84/0,63	0,95/0,79/0,59
270	1,34/1,36/1,02	1,18/1,12/0,86	1,10/1,00/0,76	1,04/0,93/0,70	0,94/0,80/0,60	0,90/0,75/0,57
280	1,28/1,30/0,98	1,12/1,07/0,82	1,04/0,96/0,73	0,99/0,89/0,67	0,89/0,77/0,58	0,86/0,72/0,54
290	1,22/1,25/0,93	1,07/1,03/0,79	0,99/0,92/0,71	0,94/0,85/0,65	0,85/0,74/0,55	0,81/0,69/0,52
300	1,16/1,21/0,89	1,02/0,99/0,76	0,95/0,89/0,68	0,90/0,82/0,63	0,81/0,71/0,53	0,78/0,66/0,50

Fuente: Calo, D. et al (Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón, ICPA, 2014).

Figura 2-54: Análisis por fatiga. Cantidad de repeticiones de carga admisibles a partir de la relación de tensiones (con y sin banquina vinculada de hormigón).



Nota: Para la determinación de las repeticiones admisibles de carga para ejes triples se debe dividir la carga mayorada por 3 y emplear la escala correspondiente a ejes simples.

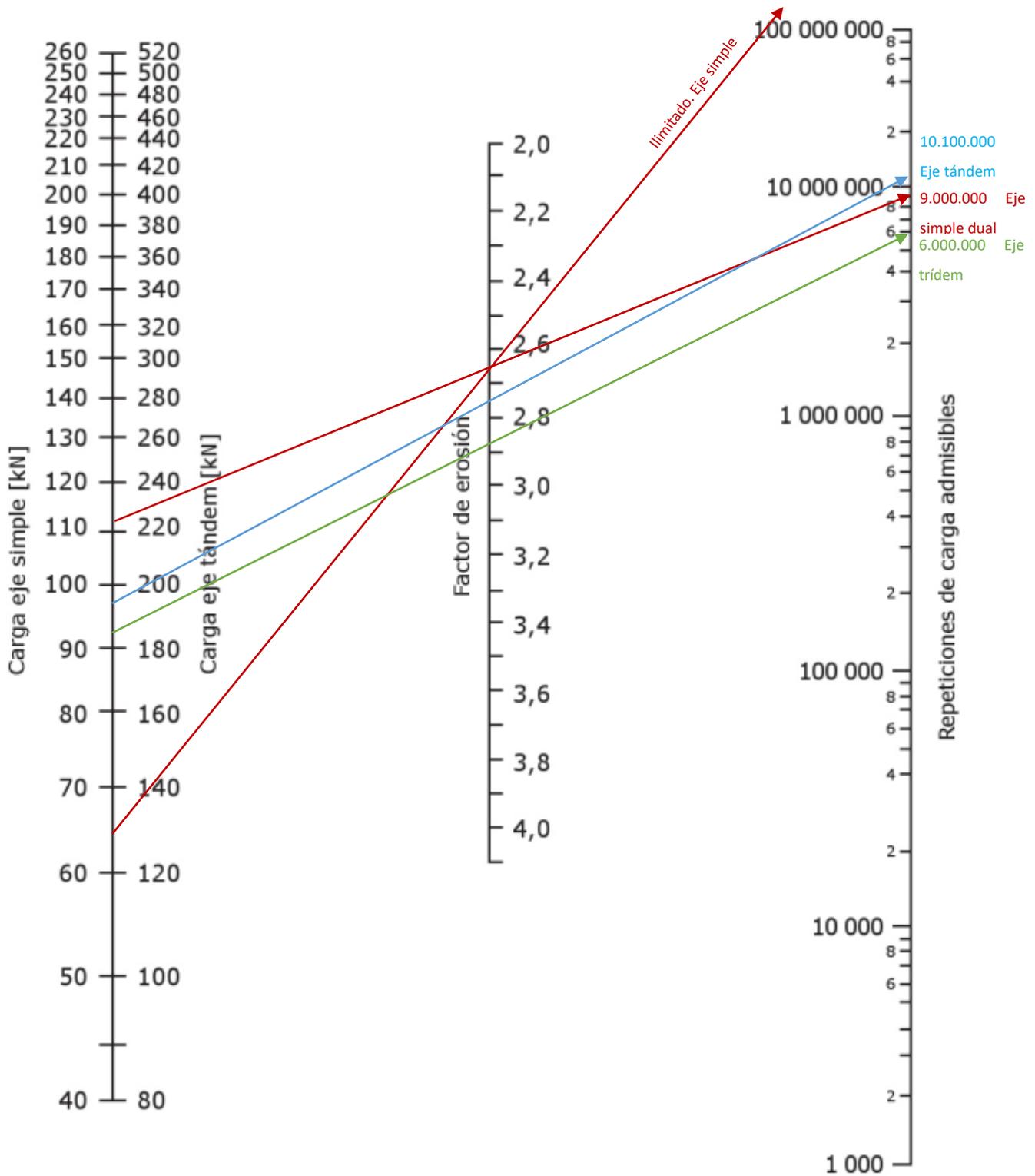
Fuente: Calo, D. et al (Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón, ICPA, 2014).

Tabla 2-25: 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 / 3,12	2,71 / 2,87 / 3,01	2,69 / 2,83 / 2,94	2,69 / 2,80 / 2,90	2,67 / 2,76 / 2,82	2,66 / 2,73 / 2,78
230	2,67 / 2,90 / 3,08	2,65 / 2,82 / 2,97	2,64 / 2,78 / 2,90	2,63 / 2,75 / 2,86	2,61 / 2,70 / 2,77	2,60 / 2,68 / 2,74
240	2,62 / 2,86 / 3,05	2,60 / 2,78 / 2,93	2,58 / 2,73 / 2,86	2,57 / 2,71 / 2,82	2,55 / 2,66 / 2,73	2,54 / 2,63 / 2,69
250	2,57 / 2,80 / 3,01	2,54 / 2,73 / 2,89	2,53 / 2,69 / 2,83	2,52 / 2,66 / 2,78	2,50 / 2,61 / 2,69	2,49 / 2,59 / 2,65
260	2,52 / 2,78 / 2,98	2,49 / 2,69 / 2,86	2,48 / 2,65 / 2,79	2,47 / 2,62 / 2,74	2,45 / 2,56 / 2,66	2,44 / 2,54 / 2,62
270	2,47 / 2,74 / 2,94	2,44 / 2,65 / 2,82	2,43 / 2,61 / 2,76	2,42 / 2,58 / 2,71	2,40 / 2,52 / 2,62	2,39 / 2,50 / 2,58
280	2,42 / 2,71 / 2,91	2,40 / 2,62 / 2,79	2,38 / 2,57 / 2,72	2,37 / 2,54 / 2,68	2,35 / 2,48 / 2,59	2,34 / 2,46 / 2,55
290	2,38 / 2,67 / 2,88	2,35 / 2,58 / 2,76	2,34 / 2,53 / 2,69	2,33 / 2,50 / 2,65	2,31 / 2,44 / 2,55	2,30 / 2,42 / 2,51
300	2,34 / 2,64 / 2,85	2,31 / 2,55 / 2,73	2,30 / 2,50 / 2,66	2,29 / 2,46 / 2,62	2,26 / 2,41 / 2,52	2,26 / 2,38 / 2,48

Fuente: Calo, D. et al (Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón, ICPA, 2014).

Figura 2-55: Análisis por erosión. Cantidad de repeticiones de carga admisibles a partir del factor de erosión (sin banquina vinculada de hormigón).



Nota: Para la determinación de las repeticiones admisibles de carga para ejes triples se debe dividir la carga mayorada por 3 y emplear la escala correspondiente a ejes simples.

Fuente: Calo, D. et al (Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón, ICPA, 2014).

CAPÍTULO 5 – DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO

5.1. Introducción.

Habiendo previamente estudiado la situación actual de la Avenida “Los Cóndores” (Ruta Provincial N°89), analizando el tránsito que por ella circula anualmente (según el Capítulo 3) y establecidas las dimensiones del paquete estructural (Capítulo 4), se procederá en este capítulo a sentar las bases o premisas necesarias para el diseño geométrico del camino.

El trazado geométrico se entiende como el desarrollo tridimensional de la obra vial, que está influenciado por una considerable cantidad de variables, como por ejemplo el comportamiento del usuario, efectos dinámicos en los vehículos, confort en el manejo, drenaje de la calzada, puntos de paso obligado u obstáculos a sortear, hitos existentes, interferencias con servicios públicos, accesos a propiedades privadas, demanda del tránsito, etcétera (Espinoza et al, 2019).

En primera instancia, el diseño geométrico tridimensional se puede abordar desde un planteo en planta bidimensional, en donde se propone trazado del eje del camino proyectado sobre un plano horizontal (considérese un plano XY), y luego se prosigue con el desarrollo en alzado o altimetría, es decir, la propuesta de las sucesivas cotas del eje del proyecto en una proyección vertical (este es un plano específico Z-Progresivas). En el diseño del eje del camino intervienen factores de diversa naturaleza que serán motivo de constante retroalimentación para el reajuste del diseño, los cuales serán analizados a medida que se presente la problemática.

Otra componente indispensable para el diseño geométrico es el planteo de la sección transversal del camino, la cual describe las dimensiones geométricas de los carriles de circulación, estacionamientos, banquetas (si las hubiere), veredas, cunetas, y demás elementos constituyentes de la obra vial. La elección de la tipología de la sección transversal será función, entre otras cosas, del concepto de sistema al que pertenece la vía (sea sistema de tránsito general, arterial mayor, colector o local). Es determinante también entender el entorno en el que se emplaza la obra, ya que si la misma se desarrolla a través de un ambiente de crecimiento urbano, con considerables locales comerciales, residencias y espacios públicos, es mucho más recomendable suponer una sección transversal tipo urbana, con carriles de circulación y estacionamientos laterales, incluyendo veredas y cunetas, frente a un trazado rural con carriles y banquetas únicamente.

El presente capítulo abordará entonces los criterios básicos empleados para seleccionar los parámetros del diseño geométrico del camino, haciendo mención especial de situaciones

particulares en donde se amerite un estudio pormenorizado de la situación que condicione el proyecto.

5.2 Criterios básicos para el diseño geométrico:

En palabras de Espinoza et al (2019), la alineación planimétrica es la representación de las sucesivas coordenadas X e Y de la obra vial proyectada, particularmente, de su eje. El camino entendido como estructura tridimensional se representa gráficamente como la planimetría, proyección de la línea o eje en el plano bidimensional X-Y, y la altimetría, que son las representaciones sobre un plano de las verticales del eje generadoras de un cilindroide.

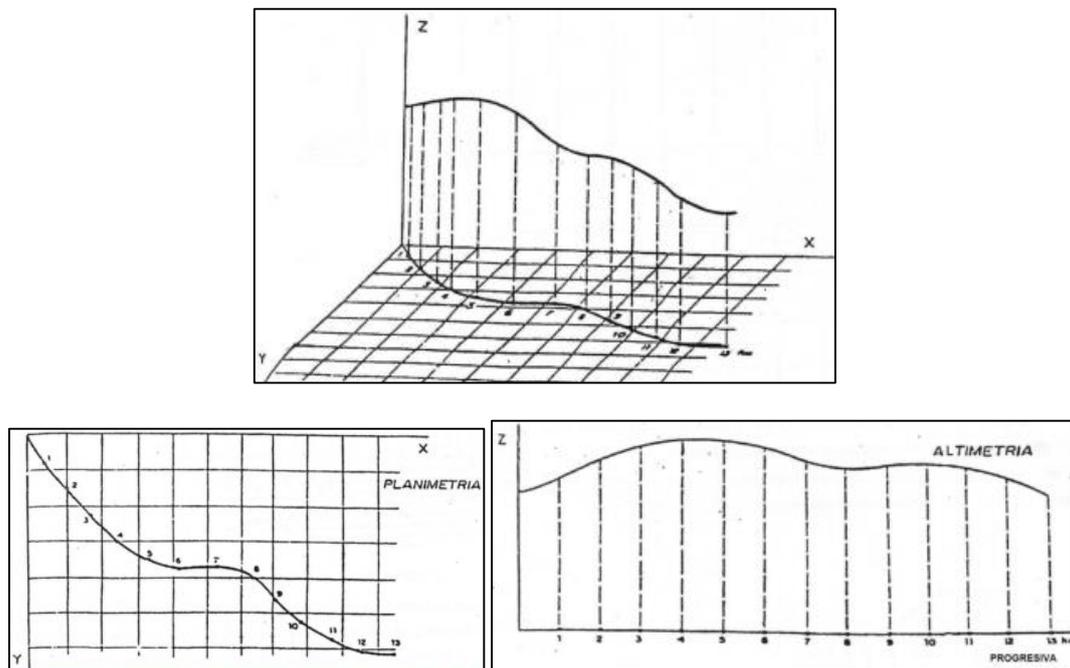


Figura 67: proyección del eje tridimensional de la obra vial en los planos X-Y (planimetría) y X-Z (altimetría). Fuente: Espinoza et al (2019, Vías de Comunicación I, UTN – FRM).

La poligonal del alineamiento planimétrico se debe plantear teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- 1) **Controles de diseño.** Los datos del tránsito y las características de los vehículos determinan la categoría del camino que gobiernan los elementos geométricos.
- 2) **Puntos de paso obligados.** Puntos extremos e intermedios por donde pasará el trazado. También se tienen en consideración los obstáculos que es posible evitar modificando la posición de la obra (por ejemplo: columnas de alumbrado público y de alta o media tensión, postes telefónicos, arbolado, construcciones civiles, puentes, etcétera).
- 3) **La topografía.** Condiciona en general los alineamientos, pendientes, visibilidad y la sección transversal de la vía. En general todo accidente topográfico impone limitaciones al trazado y, con frecuencia, puntos de paso obligados.

- 4) **La geología y el tipo de suelo.** Para evaluar los distintos trazados probables se debe conocer el tipo de suelo y la estabilidad de los mismos y su mayor o menor bondad como terreno de fundación.
- 5) **Condiciones climáticas.** En lo que respecta a laderas soleadas cuando el trazado se realiza en zonas montañosas, buscando la mayor incidencia solar posible para evitar permanencia de nevadas sobre la calzada.
- 6) **Drenaje:** escurrimientos de agua superficiales y subterráneos. Una obra vial será estable si no obstruye el libre escurrimiento de las aguas. Debe evitarse modificar el régimen hidráulico existente y de hacerlo se deben prever las obras que aseguren el buen funcionamiento y la estabilidad de las estructuras.
- 7) **Altura sobre el nivel del mar.** Por su afectación en el proceso de combustión de los motores de los vehículos ante la menor concentración de oxígeno en el aire mientras mayor sea la altura sobre el nivel del mar.
- 8) **Uso del suelo.** A considerar el costo económico de los suelos que sean necesarios de expropiar, según la explotación que tengan.
- 9) **Impacto ambiental.** Modificaciones al ecosistema que rodea a la zona del proyecto, tanto de flora y fauna, como también considerar el nivel de afectaciones al medio socio-cultural que rodea al proyecto.

5.3 Principios generales en los Controles de Diseño. Premisas de diseño

El diseño de las características geométricas visibles del camino en estudio estará influido por:

5.3.1 Factores humanos:

El sistema de transporte vial se compone por tres componentes básicas: el **usuario** (factor humano), el **vehículo** (factor dinámico) y el **camino** (factor estático). El enfoque que es deseable al plantear un diseño vial es interpretar las influencias psicológicas y fisiológicas en las limitaciones para la conducción del usuario, y a partir de allí, proyectar caminos que satisfagan dichas limitaciones.

Dado que el proceso de conducción humana está supeditado a errores de origen psicológico, los caminos deben diseñarse para que sean “indulgentes” con dichos errores.

La apreciación del comportamiento del conductor como parte de un sistema de tránsito vial es esencial para un efectivo diseño y operación vial. El conocimiento del comportamiento humano, de sus capacidades y características, es un elemento vital en el diseño vial, lo que se correlaciona con la coherencia en el diseño geométrico de la vía. Dicho diseño se basa en dos ideas principales: **el camino debe confirmar lo que los conductores esperan, basados en la**

experiencia previa; y se espera que los conductores se enfrenten con claves claras acerca de lo que se espera de ellos.

Sin embargo, dentro del universo de usuarios viales, no deben dejar de tenerse en cuenta a los peatones y ciclistas, quienes impondrán requerimientos de diseño para que su circulación sea segura ante la circulación de vehículos motorizados. El uso de isletas de refugio, pasos peatonales sobre elevados, carriles de circulación exclusiva, bisisendas o ciclovías, etcétera, es recomendado para salvaguardar la seguridad de éstos usuarios.

Otro factor importante a considerar en este proyecto es el de orientación y anticipación, indispensable para la búsqueda activa de información por parte del conductor, y su consecuente determinación del comportamiento de conducción luego de detectar una nueva situación. Para ello se busca cumplir con dos requerimientos básicos: una sana categorización vial y el respeto a las expectativas de los conductores. Respecto al primer punto, surge la necesidad que el conductor reconozca si la función principal del camino es la movilidad a altas velocidades o es la accesibilidad, a bajas velocidades. Quien proyecta la vía debe usar el ingenio y recurrentes elementos geométricos, características superficiales, señales y otros elementos para cada tipo de camino del sistema de categorización. Analizando a cumplir las expectativas de los conductores, se deben garantizar los mecanismos físicos y psicológicos que aseguren al conductor el suficiente tiempo para adaptarse a las condiciones cambiantes del camino (planimétricas, altimétricas, de la sección transversal, etcétera).

5.3.2 Topografía:

La configuración del terreno, sean las características físicas y topográficas, sumadas al uso de las tierras y el desarrollo de la zona de proyecto, determinan la categoría del proyecto. La forma del terreno, sea llano, ondulado, montañoso o muy montañoso influye de manera preponderante en el trazado y costo del camino, al igual que en la generosidad de los alineamientos verticales y horizontales.

Ante terrenos más difíciles en topografía, los altos estándares de diseño se pueden ver reducidos y menos justificables, al igual que los conductores deberán adecuar su conducción para minimizar los riesgos de accidentes.

Teniendo en cuenta el entorno ambiental en donde se emplaza el proyecto, éste deberá integrarse al paisaje, lo que implica una armonía entre los alineamientos y la sección transversal con el terreno.

5.3.3 Velocidad:

La velocidad es, y en su consecuencia el tiempo de recorrido, el factor más importante que tienen los conductores para seleccionar una alternativa de viaje, impactando en términos de conveniencia y dinero para el valor del transporte.

El desarrollo de un proyecto vial debe responder a casi todas las demandas razonables (velocidad) con adecuación apropiada (seguridad y capacidad), pero no debe colapsar bajo situaciones de solicitud severa (extremos de velocidades mantenidas por un pequeño porcentaje de conductores). Los caminos deberán diseñarse para operar a una velocidad que satisfaga a la mayoría de los usuarios.

Entre la velocidad y el diseño existe una relación recíproca: los elementos del camino (alineamientos y sección transversal) serán diseñados según la velocidad prevista para su uso, y a la vez, la velocidad a la cual se usan depende en gran medida de las características de diseño elegidas.

Teniendo en cuenta esto, el primordial parámetro de diseño para un trazado vial es la **velocidad directriz**, que se la define como:

Velocidad directriz: *es la máxima velocidad a la que puede transitar con seguridad, sobre una sección de camino, un conductor de habilidad media manejando un vehículo en buenas condiciones mecánicas, bajo condiciones favorables de: flujo libre, clima, visibilidad y calzada húmeda. (Proyecto de Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial de la Dirección Nacional de Vialidad, 2010)*

Dicha velocidad define los parámetros mínimos de diseño, entre ellos los referidos a alineamientos horizontales y verticales, como también a distancias visuales. Elementos referidos a la sección transversal (anchos de calzada, banquetas, zona despejada, etcétera) están íntimamente ligados a la velocidad directriz, llegando a restringirla.

El Capítulo 2 del citado proyecto de norma, establece los siguientes límites para adoptar la velocidad directriz según la topografía del terreno:

Tabla 43: Velocidades directrices en función de la topografía del terreno. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

TOPOGRAFÍA	VELOCIDAD DIRECTRIZ [km/h]
Muy montañosa	25 a 50
Montañosa	30 a 80
Ondulada	50 a 110
Llana	90 a 130

Se recomienda al elegir la velocidad directriz que ésta sea uniforme a lo largo de un camino de características topográficas uniformes en toda su extensión. En caso de que haya una particular diferencia de topografías en una longitud considerable del camino (mayor a 2 km), se puede justificar un cambio de velocidad directriz (igualmente desaconsejable) en rangos de 10 Km/h. Por último, de no preverse aumentos apreciables de costos, se recomienda proyectar el camino para velocidades directrices superiores a las de su categoría, prolongando su vida útil.

Para el presente proyecto, considerándose la topografía como **montañosa** (el eje del camino cruza más de 25 curvas de nivel con equidistancia de 5 metros por kilómetro), el rango de velocidades directrices sugeridas según la Tabla 43 es:

$$30 \text{ km/h} \leq V_D \leq 80 \text{ km/h}$$

Por otro lado, considerando los límites de velocidad máxima establecidos en el Artículo 51, capítulo II, de la Ley N°24.449 (Ley de Tránsito) de la República Argentina, para zonas urbanas se definen los siguientes límites máximos:

- En calles: 40 km/h
- En avenidas: 60 km/h

Se considera que la zona del proyecto es **urbana**, dado el auge inmobiliario, comercial y turístico que se ha desarrollado en los últimos años, lo que hace necesario revisar el diseño de la vía y repensarla como un trazado urbano y no rural (lo cual luego modificará la concepción de su perfil transversal, situación a verse más adelante). Numerosos son los accesos a propiedades privadas y puntos turísticos desde la traza de la Av. Los Cóndores, por lo que suponer que es una vía cuyo objetivo es la movilidad es un error. Actualmente se desempeña como una facilidad que asegura la accesibilidad, situación que se entiende seguirá igual o se intensificará a futuro, continuando con el desarrollo de la zona.

Dada la anterior explicación, se concibe al tramo en estudio de la RP N°89 como **“avenida”**, lo que también se justifica por su denominación como **“Avenida Los Cóndores”**, teniendo como velocidad máxima de circulación los 60 km/h.

Desde el punto de vista de la seguridad, se adopta el criterio que la velocidad defina los elementos geométricos del camino (alineamientos horizontales y verticales) es decir, la velocidad directriz, sea definida con un margen por sobre la velocidad máxima permitida de circulación (ya sea señalizada, o en su defecto, establecida por ley). No es ilógico pensar que con gran frecuencia los conductores violan el límite máximo de velocidad, por lo que es una práctica sana diseñar trazados con alineamientos que otorguen un margen de seguridad que contemplen la gran mayoría de esos casos. Dicho margen puede establecerse en 20 km/h.

Adoptando entonces un margen de seguridad de 20 km/h sobre la velocidad máxima permitida, en este caso por ley, para una avenida, que es de 60 km/h, la velocidad directriz a emplear en el diseño del proyecto es de:

$$V_D = 80 \text{ km/h}$$

Velocidad directriz que se encuadra dentro del margen sugerido para topografía montañosa según la Tabla 43.

Esto no quita la posibilidad que la velocidad máxima legal señalizada en el proyecto pueda ser menor a 60 km/h. Estas situaciones pueden surgir ante la necesidad de reducir la velocidad frente a puntos de conflicto particulares (sean intersecciones, pasos peatonales sobre elevados, cruce de ciclovías, rotondas o retornos, etcétera).

Por otro lado, pueden presentarse zonas puntuales donde la velocidad directriz debe reducirse para acomodar elementos geométricos de menores dimensiones, dado que el espacio no permite facilidades de las magnitudes que impone una $V_D = 80 \text{ km/h}$. Para dichas situaciones, se deberá hacer la correcta señalización de reducción de velocidad para el conductor.

5.3.4 Tránsito:

Tal como se adelantó en el Capítulo 3, el tránsito es un factor muy importante a tener en cuenta para el proyecto de un trazado vial, dado que constituye lo que efectivamente solicitará al pavimento (dimensionado en el Capítulo 4).

El volumen, composición, distribución, crecimiento y velocidad del tránsito definirá, junto con la topografía, la categoría del proyecto y las variables del diseño geométrico (radios, peraltes, pendientes, anchos de calzada, etcétera).

5.3.5 Vehículos de diseño:

Muchos elementos del proyecto de una carretera dependen de las dimensiones y proporciones físicas de los vehículos que comúnmente la circulan o circularán. Estas cualidades de los vehículos definen a las intersecciones, anchos de calzada, accesos, vías especiales.

Dentro de la enorme variabilidad de los vehículos que pueden usar la vía, es necesario agruparlos en clases generales donde se puedan seleccionar vehículos hipotéticos que representen a cada una. Dichos vehículos, conocidos como “de diseño” surgen no de las medidas máximas o mínimas de cada clase, sino del percentil 85 de las dimensiones dadas.

Como una clasificación general de los vehículos, el Proyecto de Normas de Diseño Geométrico (DNV, 2010) identifica 4 clases generales:

- Vehículos de pasajeros.

- Ómnibus.
- Camiones.
- Vehículos recreacionales.

También deben considerarse las motocicletas y bicicletas, si éstas son de uso frecuente en la zona de proyecto.

Cada clase tiene uno o algunos vehículos de diseño que definen características como los radios de giro del lado exterior del vehículo, y las trayectorias de giro entre la traza exterior del voladizo frontal y la trayectoria de la rueda trasera interior. Estas características son esenciales para el dimensionado geométrico de intersecciones y accesos.

Según el Proyecto de Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial (DNV, 2010), en su Capítulo 2 “Controles de Diseño”, los ómnibus y vehículos pesados deben usarse como vehículo de diseño para los elementos de la sección transversal. Respecto a los alineamientos horizontales y verticales, el automóvil se emplea como vehículo de diseño en general. En el caso de las intersecciones es normal diseñarlas en función de haber adoptado las medidas del semirremolque tipo WB-15 u otros (ver con detalle en Capítulo 6).

Del análisis vehicular realizado en el Capítulo 2 del presente informe, se desprendió la siguiente clasificación vehicular para el año 2046, último año del periodo de vida útil del proyecto:

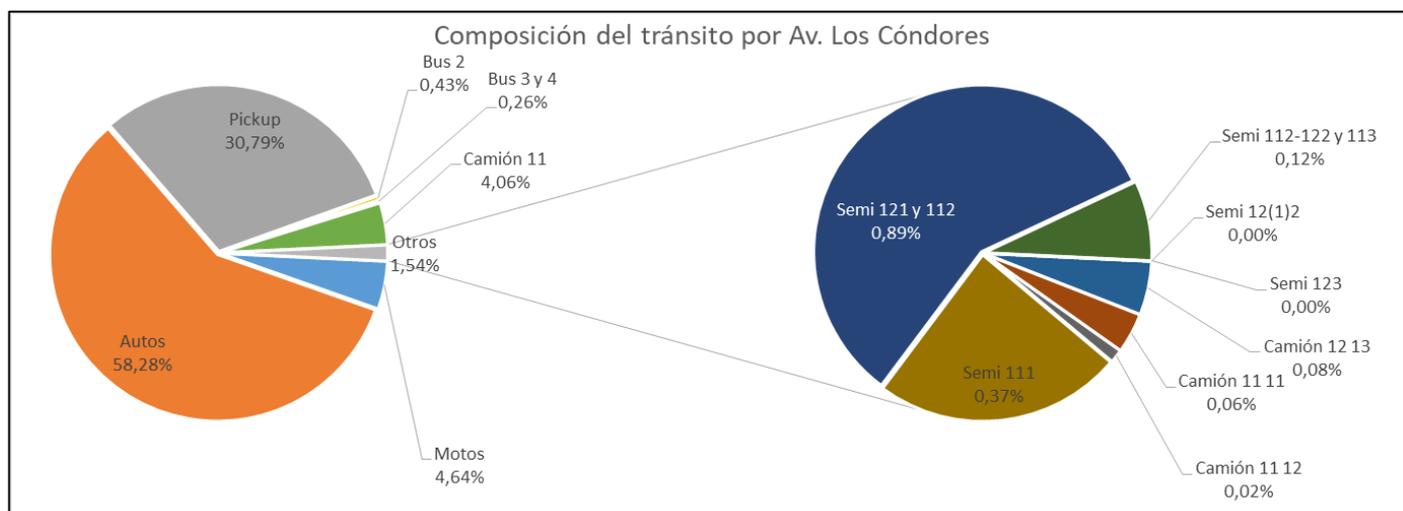


Figura 68: Composición vehicular de la Av. Los Cóndores para el año 2046. Fuente: elaboración propia.

De la Figura 68 se desprende que la gran parte del tránsito es de vehículos livianos, siendo solo un pequeño porcentaje el constituido por vehículos pesados (1,54 %).

Para los alineamientos verticales y horizontales según lo sugiere el proyecto de normas (DNV, 2010), se adoptará como vehículo de diseño el automóvil, conocido por la AASHTO como el tipo

“P” (vehículo liviano de pasajeros), cuyas medidas y detalles se indican a continuación en la Figura 69.

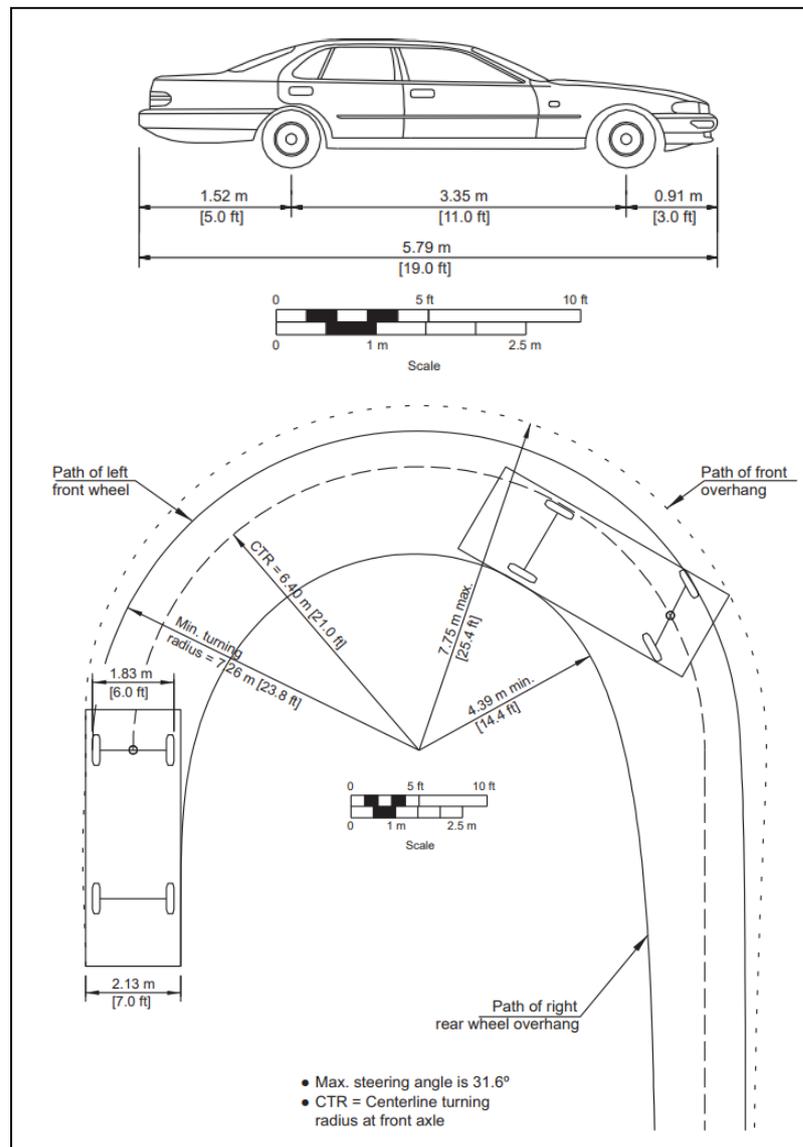


Figura 69: Medidas del vehículo de diseño tipo “P” y medidas mínimas de su trayectoria de giro. Fuente: AASHTO (2011, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets).

De igual manera el vehículo de diseño para las intersecciones será el WB-19 (camión semirremolque grande), cuyas dimensiones y radio de giro se explicitan en la siguiente Figura 70.

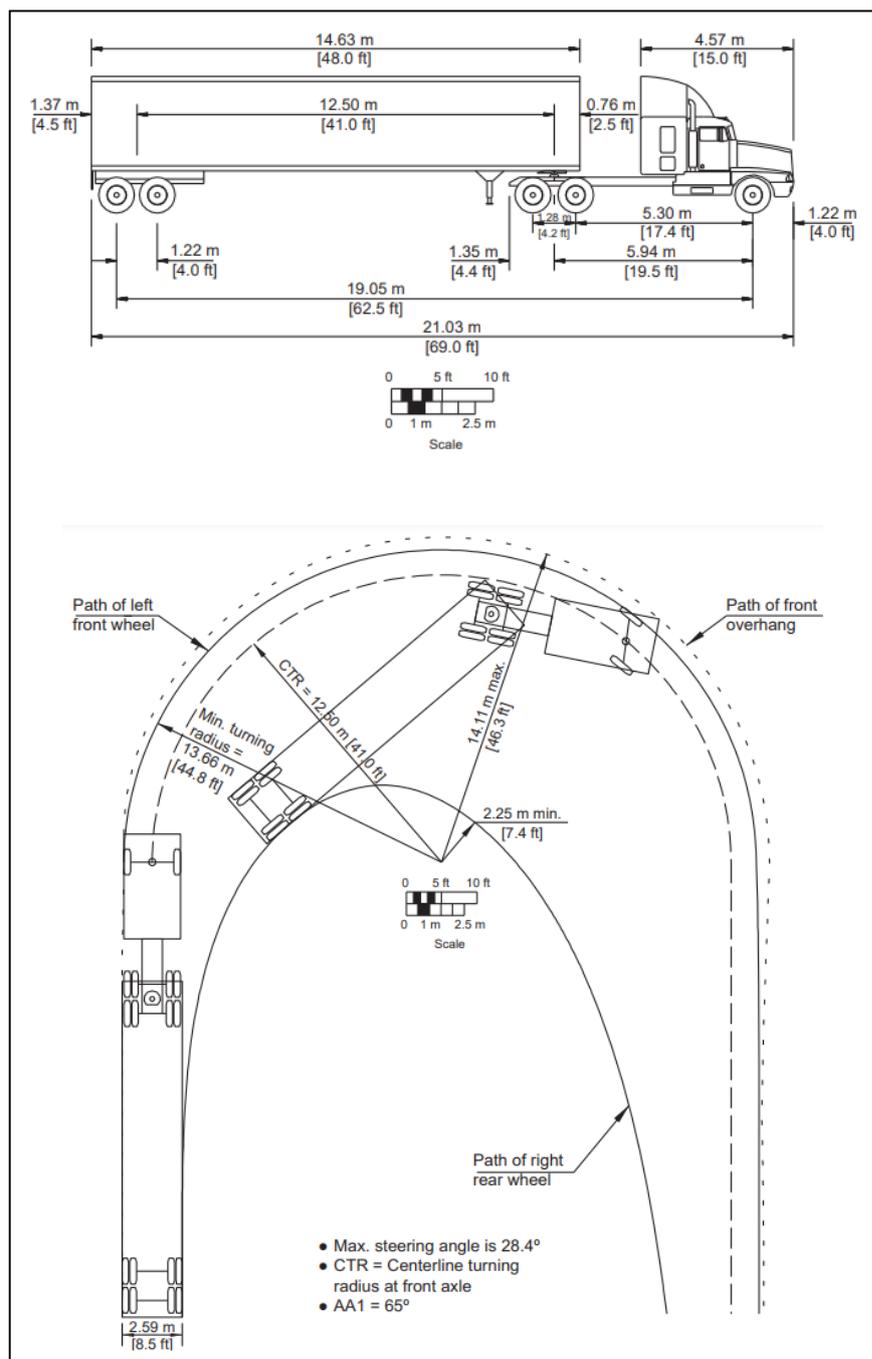


Figura 70: medidas del vehículo de diseño tipo "WB-19" y medidas mínimas de su trayectoria de giro.
 Fuente: AASHTO (2011, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets).

5.3.6 Factores ambientales:

Dentro del proceso de proyecto de una vía, se deben también considerar elementos o criterios que no se sujetan exclusivamente a los de carácter técnico. Entre ellos se pueden nombrar al criterio paisajista, al guiado visual, al clima y a la arquitectura vial.

- **Criterio paisajista:** se plantea que el trazado vial se integre en el paisaje y no lo mutile, buscando así generar una distensión nerviosa en el conductor,

umentando la seguridad en la conducción y reduciéndose entonces el peligro de accidentes.

- **Guiado visual:** se busca lograr una ayuda en la orientación visual al conductor implantando árboles, taludes de desmonte, y otros elementos a los costados de la calzada, que propician una continuidad ante la pérdida de vista de la demarcación horizontal o de la misma calzada detrás de curvas verticales u otros objetos.
- **Clima:** es un factor importante a tener en cuenta para evaluar las formas de disminuir el estrés en el conductor provocado al manejar en situaciones de lluvias intensas. Los “caminos indulgentes” prevén diseños para evitar que el conductor sufra accidentes al tomar decisiones bajo tensión.
- **Arquitectura vial:** se liga a una localidad, precisamente en donde se emplaza la obra, y a las condiciones concretas de diseño técnico, seguridad, visibilidad e iluminación. La implantación de un alineamiento vial se debe planificar en conjunto con el desarrollo a futuro de la zona, como también teniendo en cuenta el uso actual del suelo.

5.3.7 Funciones de los caminos:

Un sistema de diseño funcional completo define una serie de movimientos de viaje. Las seis etapas reconocibles en la mayoría de los viajes incluyen el movimiento principal, transición, distribución, colección, acceso y terminación. Estos movimientos se ilustran en la Figura 71.

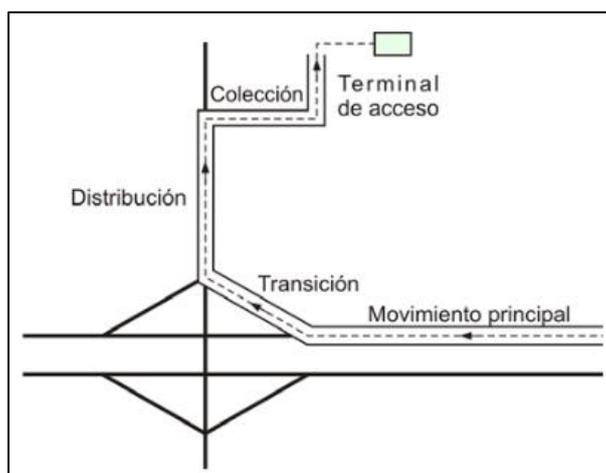


Figura 71: Jerarquía de movimientos. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

Además de la jerarquización funcional presentada se suman dos clasificaciones según la intencionalidad del tránsito circulante en la vía:

- Accesibilidad a la propiedad: requerimiento fijo de la zona definida en función del uso del suelo, desarrollo social y económico, ordenamiento territorial, etcétera.
- Movilidad de viaje: cuyo principal objetivo es una rápida y cómoda conectividad entre puntos de origen y destino de viajes generados.

En el caso de estudio, dado el crecimiento turístico de la zona, la importancia de desarrollos inmobiliarios, recreacionales, de hospedaje y gastronómicos, se entiende que se configura a la Av. Los Cóndores (RP89) como una vía que debe brindar “**accesibilidad a la propiedad**”, lo que tendrá influencia al momento del diseño geométrico, siendo necesario prever intersecciones, accesos a propiedades, estacionamientos, etcétera.

5.3.8 Administración de accesos:

Íntimamente ligado con lo introducido en la sección 5.3.7, el desarrollo residencial y comercial a lo largo de los caminos arteriales (como en su momento lo fue la RP89 en su tramo en estudio) es un fenómeno muy común que genera inconvenientes graves en el uso del camino, especialmente cuando no se han previsto obras que ordenen el tránsito o administren los accesos a las nuevas propiedades instaladas en los costados del camino. En las Figuras 72, 73 y 74 se muestra el impacto que tiene el desarrollo urbano en las márgenes de un camino arterial sobre el flujo del tránsito. Este fenómeno es perfectamente reconocible en la RP89 en su tramo comprendido entre el puente sobre el Río Blanco y las localidades turísticas de Potrerillos, El Carmelo, acceso a El Salto, Las Vegas.

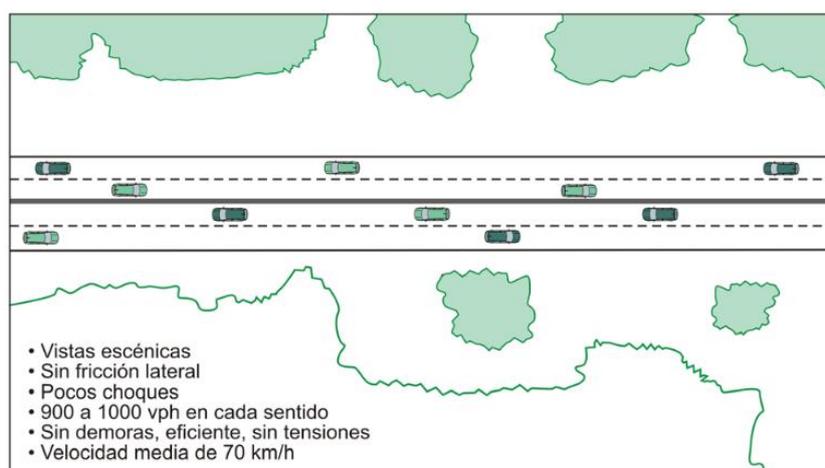


Figura 72: Situación inicial del impacto cumulativo de desarrollo al costado del camino. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

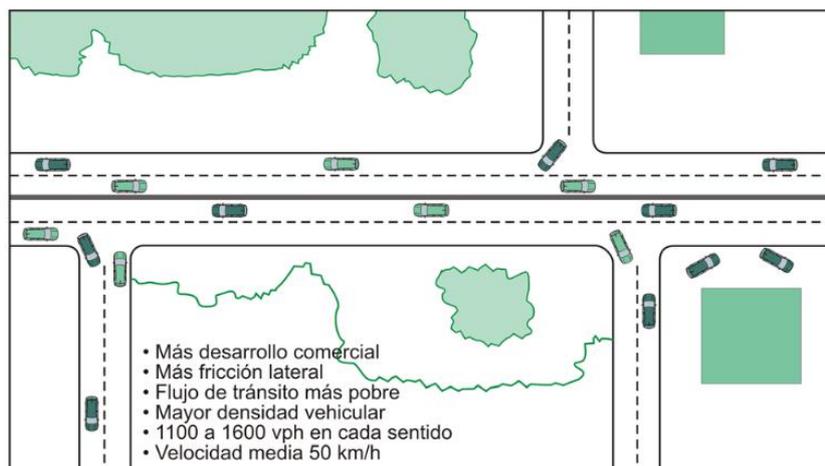


Figura 73: Situación intermedia del impacto cumulativo de desarrollo al costado del camino. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

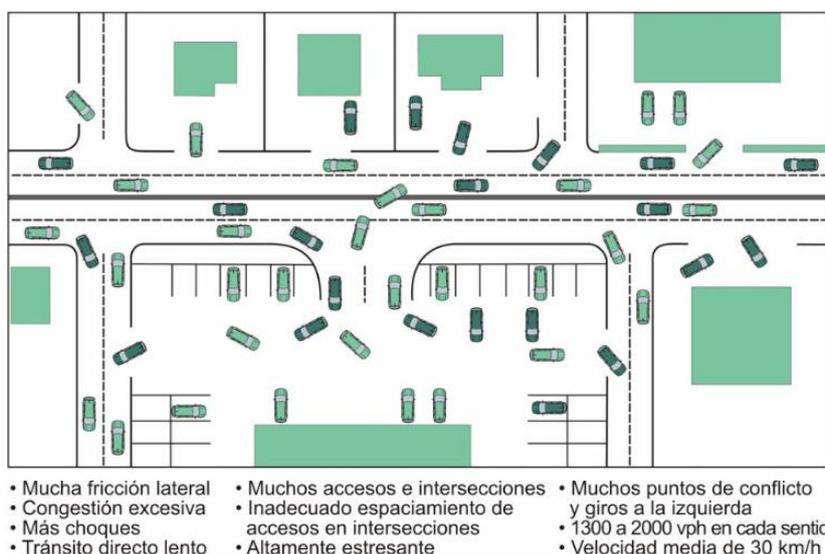


Figura 74: Situación final del impacto cumulativo de desarrollo al costado del camino. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

La ineficiente zonificación y trazado de calles fuerza a los comercios a conectar los accesos a propiedad directamente al camino arterial.

El proceso de **administración de accesos**, como su nombre lo indica, da acceso al desarrollo de la tierra, mientras preserva el flujo de tránsito en el sistema circundante en términos de seguridad, capacidad y velocidad.

En forma práctica, implica administrar el número de accesos a propiedad que un vehículo puede encontrar sin interferir con el flujo principal, y remover los vehículos más lentos y en maniobra de giro del flujo por el camino arterial.

El objetivo de la administración de accesos se logra aplicando tres puntos o principios:

- Reducir los conflictos mediante la limitación del número de “puntos de conflicto”.
- Separar los puntos de conflicto tanto como sea posible.
- Remover los vehículos más lentos que giran para ingresar a los lugares adyacentes desde los carriles de tránsito directo, tan eficientemente como sea posible.

Se muestran a continuación, (en las Figuras 75, 76, 77 y 78) distintas estrategias de administración de accesos y reducción de puntos de conflicto, todas ellas extraídas del Proyecto de Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial (DNV, 2010), que servirán de modo orientativo para la definición de un sistema apropiado en la Av. Los Cóndores.

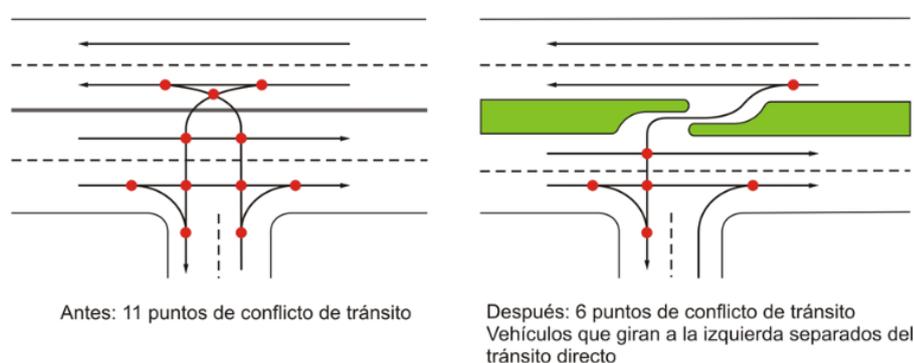


Figura 75: Reducción de puntos de conflicto de tránsito por la conversión de un acceso a propiedad en un camino de cuatro carriles indivisos a un acceso a propiedad en un camino de cuatro carriles con mediana elevada y un carril de giro izquierda restrictivo. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

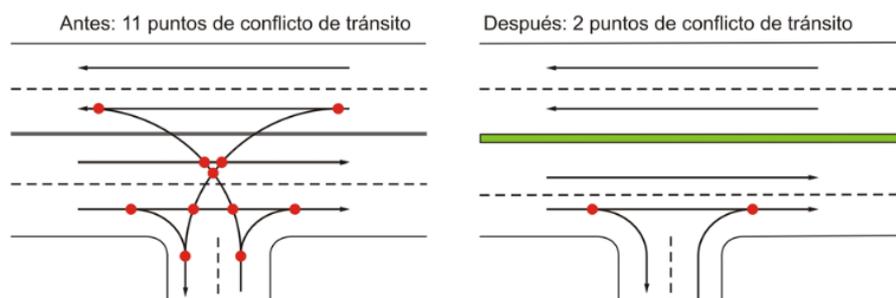


Figura 76: Reducción de puntos de conflicto en calzada indivisa por la conversión de un acceso de cuatro carriles a otro de cuatro carriles con una mediana elevada restrictiva. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

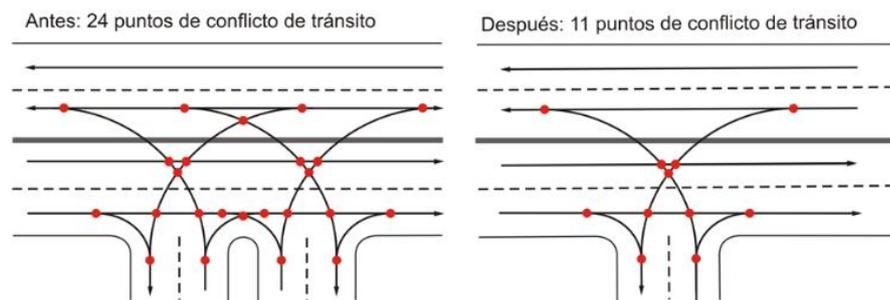


Figura 77: Reducción de puntos de conflicto por la consolidación de accesos de dos accesos cercanamente espaciados en una calzada indivisa de cuatro carriles. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

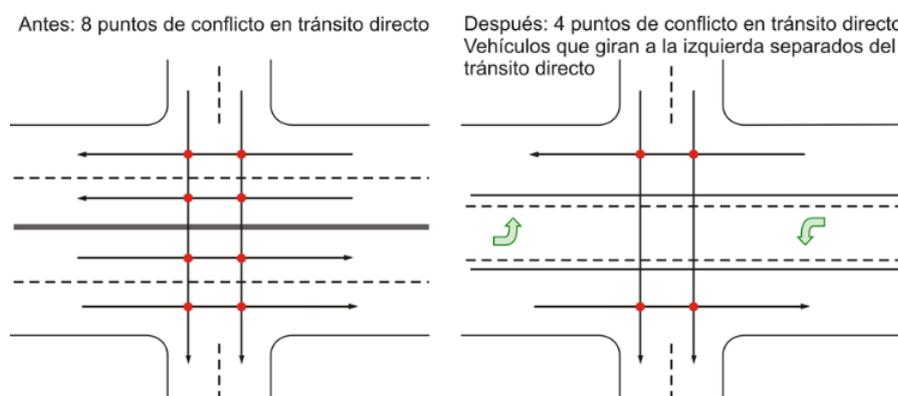


Figura 78: Reducción de puntos de conflicto en tránsito directo por la conversión de una calzada indivisa de cuatro carriles a una sección transversal de tres carriles. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

5.4 Determinación de la categoría del camino

El Proyecto de Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial (DNV, 2010) establece una serie de categorías, desde la especial a la número V, en orden descendente. La categorización depende principalmente del TMDA estimado para la carretera y de la velocidad directriz adoptada. Los requerimientos geométricos tanto planimétricos como altimétricos son mucho más exigentes para las categorías "Especial" o tipo I o II, siendo éstos más reducidos para las categorías inferiores, de menores volúmenes de tránsito y de menores velocidades directrices.

En una primera instancia, se puede categorizar el proyecto sobre la RP89 desde la clasificación de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (DNV, 1980), en donde se dejan explícitos los rangos de TMDA que clasifican los proyectos, según puede observarse en la Tabla 44.

Tabla 44: extracción de la Planilla N°1. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (1980, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, Atlas).

CATEGORIA DEL CAMINO	CARACTERISTICAS BASICAS			TOPOGRAFIA	VELOCIDAD DIRECTRIZ (2) km/h
	VOLUMEN TRANS DIARIO DE DISEÑO (1)	CONTROL DE ACCESOS	Nº DE TROCAS		
ESPECIAL	>15000	TOTAL	>(2+2)	LLANURA	150
				ONDULADA	110
I	5000 A 15000	TOTAL PARCIAL	2+2	LLANURA	130
				ONDULADA	110
				MONTAÑOSA	80
II	1500 A 5000	PARCIAL	2	LLANURA	120
				ONDULADA	100
				MONTAÑOSA	70
III	500 A 1500	PARCIAL O SIN CONTROL	2	LLANURA	110
				ONDULADA	80
				MONTAÑOSA	60
IV	150 A 500	SIN CONTROL	2	LLANURA	100
				ONDULADA	70
				MONTAÑOSA	40
V	<150	SIN CONTROL	2	LLANURA	90
				ONDULADA	50
				MONTAÑOSA	30

Según las notas de la Planilla N°1 del Atlas de las normas DNV 1980, el volumen de tránsito diario de diseño debe ser el calculado para 25 años de vida útil. Para dicho TMDA, que resulta ser de 3361 veh/día⁸, se identifica el rango 1500 a 5000 veh/día, lo que define una Categoría II. Dentro de dicha categoría se especifican tres tipos de topografía, entre las que se indica la montañosa. La topografía montañosa sugiere una velocidad directriz de 70 km/h, 10 km/h menor que la adoptada $V_D = 80$ km/h en la sección 5.3.3.

Por otro lado, se procede también a la clasificación según el Proyecto de Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial (DNV, 2010), según Tabla 45.

⁸ Valor de TMDA al año 2050, n=25 años de vida útil contados desde el año 2026 (apertura al tránsito). Se procede con su cálculo tal como se indica en la sección 3.5 del Capítulo 3.

$$TMDA'_{2050} = TMDA_{2026} * (1+i)^n = 2095 \text{ veh/día} * (1+0,0171)^{25} = 3201 \text{ veh/día.}$$

$$TG = TMDA'_{2050} * 5\% = 3201 \text{ veh/día} * 0,05 = 160 \text{ veh/día.}$$

$$TMDA_{2050} = TMDA'_{2050} + TG = 3201 \text{ veh/día} + 160 \text{ veh/día} = 3361 \text{ veh/día.}$$

Tabla 45: extracción de la Lámina N°1. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas, Atlas).

CAMINOS		CARACTERÍSTICAS BÁSICAS		
TIPOS	CATEGORÍA	CONTROL DE ACCESO	NÚMERO DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ ① km/h
AUTOPISTA	ESPECIAL	TOTAL	≥(2+2)	130
				120
				110
AUTOVÍA	I	TOTAL O PARCIAL	2+2	120
				110
				80
CARRETERA	II	PARCIAL	2	120
				100
				70
				50
COMÚN	III	PARCIAL O SIN CONTROL	2	110
				90
				60
				40
BAJO VOLUMEN	IV	SIN CONTROL	2	100
				70
				50
	V	SIN CONTROL	2	30
				90
				50
				30
				25

En el caso de la Tabla 45 no se discriminan las categorías por TMDA, pero continuando con la Categoría II de las normas de 1980, se tiene una carretera con control parcial de accesos, 2 carriles sugeridos para la circulación y velocidades directrices del orden de los 50 a los 120 km/h.

En ninguno de los casos mostrados en las Tablas 44 y 45 se explicita una velocidad directriz de 80 km/h, pero para una mera clasificación de la facilidad vial, se acepta englobarla dentro de la Categoría II en ambas versiones.

Según el Proyecto de Normas (DNV, 2010), Capítulo 1, en su glosario se indican las siguientes definiciones:

- **Camino:** Vía rural de circulación. Franja angosta de tierra adecuada para viajar entre lugares. Usualmente, los caminos modernos son pavimentados y acomodan vehículos con ruedas. A menudo, se clasifican según su función: arteriales, colectores y locales (vecinales).
- **Carretera:** Camino de Categoría II de la DNV. Sinónimo de camino, excepto que generalmente sólo se aplica a caminos rurales pavimentados de diseño geométrico superior y alto volumen de tránsito; TMDA entre 1500 y 5000 veh/día.

5.4.1 Consideraciones para el proyecto. Normativas de diseño vial urbano:

Como se mencionó anteriormente, la Categoría II que engloba al proyecto en estudio define una facilidad vial tipo carretera. Sin embargo, no existe una coincidencia en las velocidades explicitadas en las planillas de los atlas de cada versión consultada (1980 y 2010) con la adoptada de 80 km/h. Esta situación no se tomará como un impedimento, ya que cada una de las características geométricas que resumen y recomiendan cada atlas se estudiará particularmente para la velocidad directriz adoptada. Es decir, los radios mínimos absolutos y recomendados, las curvaturas verticales, los peraltes, y distancias visuales serán estudiados individualmente para la velocidad de 80 km/h.

Por otro lado, las normas consultadas son explícitas en indicar el tipo de camino al cual regulan su diseño. Tanto las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (DNV, 1980) y el Proyecto de Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial (DNV, 2010) definen parámetros de diseño para **caminos rurales**.

La situación de la Av. Los Cóndores es un caso particular que no puede ser categorizado precisamente como “camino rural”. El desarrollo urbano a los costados de la misma, las actividades habituales de uso de la vía y de sus márgenes y la finalidad de la misma como facilidad de accesos más que de movilidad son causales de concebir a este tramo de la RP89 como una vía cuasi-urbana en prácticamente la totalidad del tramo estudiado.

Es por este motivo que las normas de la DNV serán un material de consulta para adoptar ciertos criterios de diseño, pero al ser destinadas a caminos rurales, deberán ser contrastados con otras normativas específicas de trazados urbanos para optimizar el diseño. Como material complementario se emplearán:

- Manual de Diseño Urbano (Daniel G. Chain, 2015). – 1ra ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Desarrollo Urbano del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. ISBN: 978-987-29897-6-7.
- Manual de Vialidad Urbana - Recomendaciones para el Diseño de Elementos de infraestructura Vial Urbana (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, División de Desarrollo Urbano, República de Chile, 2009).

5.5 Parámetros de diseño geométrico

5.5.1 Distancia Visual de Detención (DVD):

Es la distancia que requiere un conductor de habilidad media manejando a la velocidad directriz un vehículo en condiciones mecánicas aceptables sobre calzada húmeda, desde el instante en que observa un obstáculo imprevisto en el camino hasta el momento en que se detiene

completamente delante del obstáculo por aplicación de los frenos, según el Proyecto de Normas (DNI, 2010).

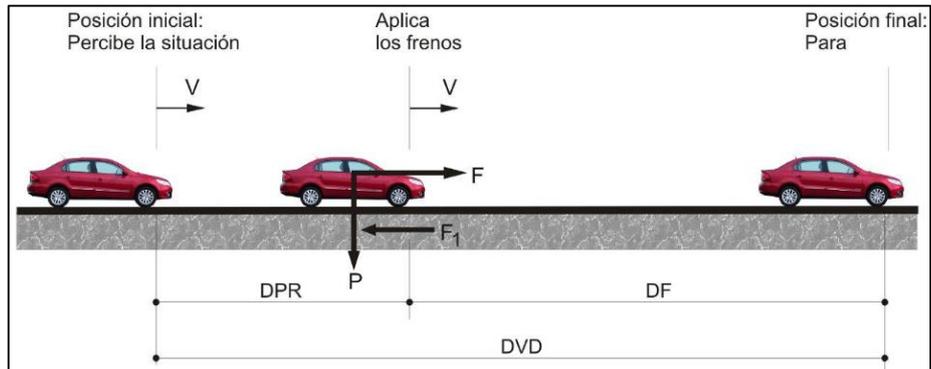


Figura 79: Distancia Visual de Detención. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

Según el modelo de la AASHTO la DVD se compone de dos sumandos dependientes de las operaciones del conductor:

- La Distancia de Percepción y Reacción (DPR): distancia recorrida a velocidad uniforme (V_D) durante el lapso en que el conductor advierte el peligro y reacciona para aplicar los frenos (concepto físico cinemático).
- La Distancia de Frenado (DF): distancia recorrida en movimiento uniformemente desacelerado, durante el frenado en calzada húmeda (condiciones más desfavorables) hasta la detención frente al obstáculo (concepto físico dinámico).

La expresión del modelo resulta ser:

$$DVD = DPR + DF \quad (7)$$

La DPR se calcula con base a la velocidad directriz adoptada y el Tiempo de Percepción y Reacción que el modelo de la AASHTO asume, de 2,5 segundos. Considerando la VD en km/h y el TPR en seg:

$$DPR = V_D * TPR \quad \therefore \quad DPR = \frac{V_D * 2,5}{3,6} = \frac{V_D}{1,44} \quad (8)$$

La DF se desprende de un concepto dinámico en el que interviene el coeficiente de fricción longitudinal "f" entre la calzada húmeda y los neumáticos. Igualando la energía cinética del vehículo que circula a la velocidad directriz, con el trabajo de fricción longitudinal entre neumático y calzada, suponiendo f constante durante el frenado y considerando la pendiente longitudinal del trazado, se obtiene:

$$DF = \frac{V_D^2}{254 * (fl \pm i)} \quad (9)$$

Siendo “i” la pendiente longitudinal en formato decimal.

En calzadas de un solo sentido se considera subidas con valor positivo y bajadas con valor negativo. En calzadas de dos sentidos, se considera la situación más desfavorable, siempre negativa, para subida y para bajada.

Combinando las ecuaciones 8 y 9 según la ecuación 7, se tiene:

$$DVD = \frac{V_D}{1,44} + \frac{V_D^2}{254 * (fl \pm i)} \quad (10)$$

El coeficiente “fl” depende de la velocidad inicial de frenado, aunque luego se lo supone constante durante la operación. Para una velocidad directriz de 80 km/h, el Proyecto de Normas (DNV, 2010) lo define en **fl=0,31**.

Según la ecuación 9, la mayor DVD se dará ante una pendiente longitudinal “i” negativa, es decir, descendente. Del proyecto de la rasante del camino se tendrá en cuenta entonces el mayor valor absoluto para calcular la DVD más desfavorable, el cual será entendido como el mínimo valor de DVD a adoptar.

$$DVD_{\min} = \frac{80}{1,44} + \frac{80^2}{254 * (0,31 - 0,0455)} \quad \therefore \quad \boxed{DVD_{\min} \cong 150 \text{ metros}}$$

5.5.2 Distancia Visual de Adelantamiento (DVA):

En caminos indivisos de dos carriles y dos sentidos, es la mínima distancia visual suficiente y necesaria que, invadiendo el carril de sentido contrario, permita al conductor de un vehículo adelantarse a otro que circula más lentamente por su mismo carril, sin interferir la velocidad y trayectoria de un tercer vehículo que avance en sentido contrario, si apareciera a la vista una vez iniciada la maniobra (DNV, 2010).

Se adopta el modelo de la Figura 80 para explicar las distancias que componen la DVA.

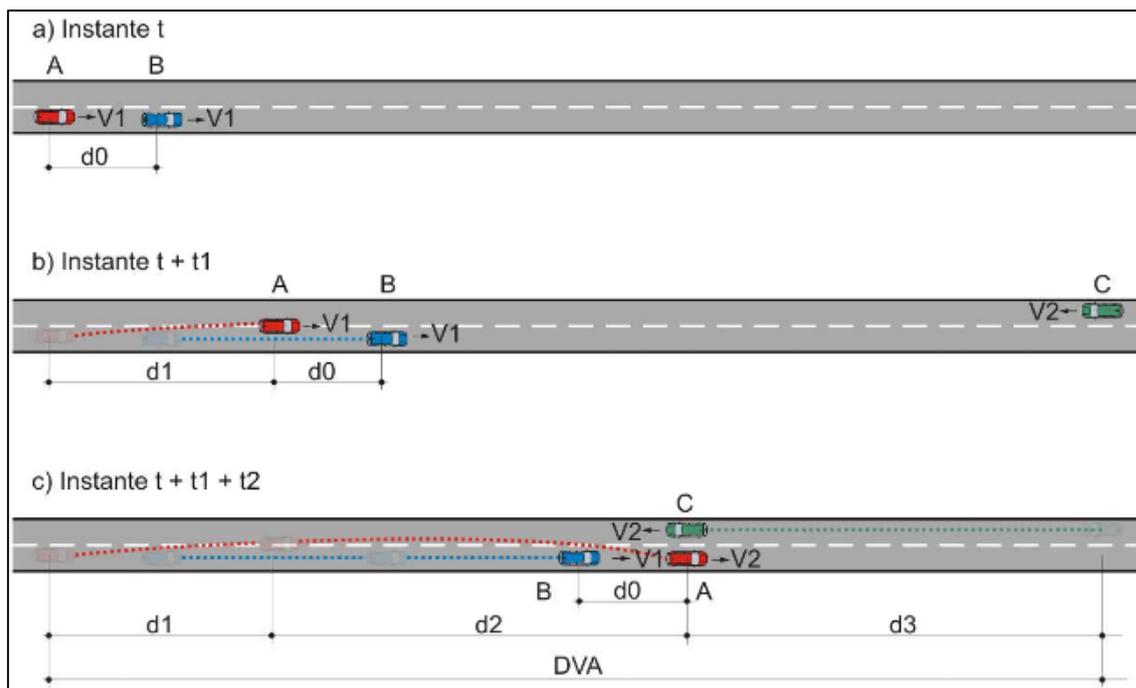


Figura 80: Esquema del modelo para el cálculo de la DVA. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

La DVA mínima para caminos indivisos de dos carriles se determina como la suma de tres distancias, según la Figura 80.

- d_0 : distancia mínima entre vehículos que circulan en la misma dirección, en metros.
- d_1 : distancia recorrida por el vehículo que se adelanta (A) durante el tiempo de percepción, decisión, reacción y comienzo de la maniobra de adelantamiento, en metros.
- d_2 : distancia recorrida por el vehículo que se adelanta (A) desde que se desplaza al carril izquierdo hasta que retoma el derecho, en metros.
- d_3 : distancia recorrida por un vehículo que circula en sentido contrario (C) al que se adelanta, en m, durante el tiempo que tarda el vehículo que se adelanta (A) en recorrer la distancia d_2 .

Cada una de las distancias nace de un cálculo cinemático, el cual se profundiza en el Proyecto de Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial (DNV, 2010), pero para simplificar el procedimiento, se adopta el valor que el mismo recomienda en su Tabla 3.3, del Capítulo 3, para velocidad directriz de 80 km/h:

$$DVA_{\text{mín}} = 540 \text{ metros}$$

5.5.3 Distancia Visual de Decisión (DVDE):

Por lo general, las DVD son suficientes para que los conductores que conducen atentamente puedan frenar ante la aparición de un imprevisto. Sin embargo, cuando las maniobras son complejas o la información es difícil de percibir, se precisan distancias algo mayores. Dicha DVDE o distancia anticipatoria se define para que:

- El conductor detecte una fuente de información difícil de percibir o condición peligrosa en la cercanía de la calzada y estime su potencial.
- Seleccione una nueva velocidad y trayectoria adecuadas e inicie y termine segura y eficientemente la maniobra requerida.

Los lugares críticos en donde se sugiere que el diseño geométrico contemple una DVDE pueden ser:

- Aproximaciones a intersecciones y distribuidores.
- Cambios en la sección transversal, tales como playas de peajes, principio y fin de carriles básicos y auxiliares.
- Variaciones en la velocidad directriz.
- Zonas de demanda concentrada de fuentes de información, que compiten por atención, elevando la “carga mental” del conductor como ser: elementos de calzada, tránsito opuesto, dispositivos de control de tránsito, señales de advertencia, zonas de desvío de tránsito por obras de construcción.

Siguiendo las sugerencias del Proyecto de normas (DNV, 2010), del Capítulo 3, Tabla 3.4, para una velocidad directriz de 80 km/h se tiene:

$$DVDE = 230 \text{ metros}$$

5.5.4 Alineamientos horizontales:

Los arcos de círculo son elementos usados ampliamente en el diseño geométrico vial para producir un correcto empalme entre dos alineaciones rectas que se cortan en un punto llamado “vértice” o quiebre de la alineación. Los elementos geométricos principales de una curva en planta son:

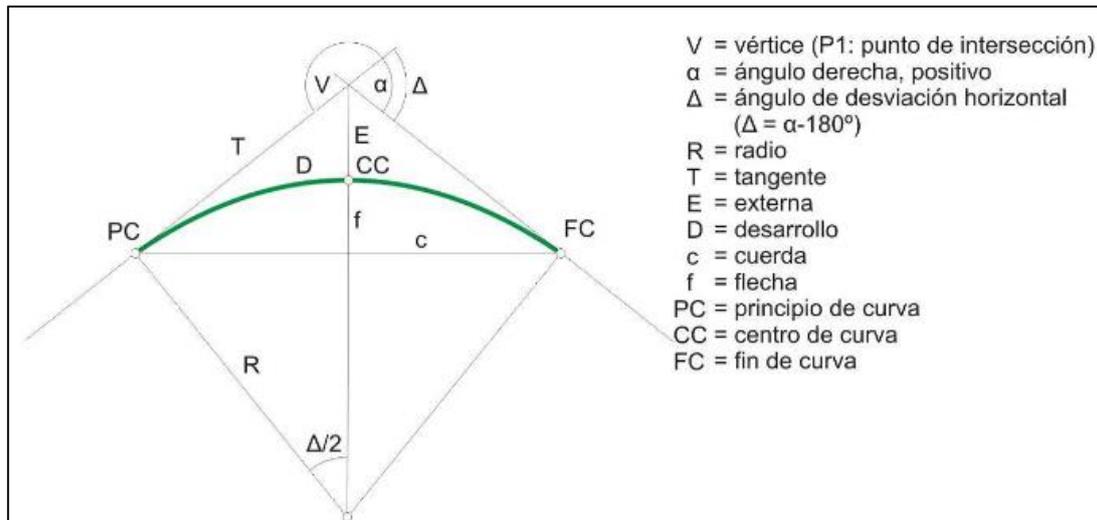


Figura 81: Elementos de una curva circular simple. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

El trazado mediante curvas circulares implica resolver adecuadamente el problema dinámico de un móvil que sigue una trayectoria de esa naturaleza, con un radio “R”, a una velocidad “V_D” (directriz) sobre una superficie que puede tener una cierta inclinación transversal “e” y con la cual está en contacto a través de los neumáticos, lo que determina una cierta fricción transversal que depende de la velocidad y que se expresa a través de un coeficiente “f_t”.

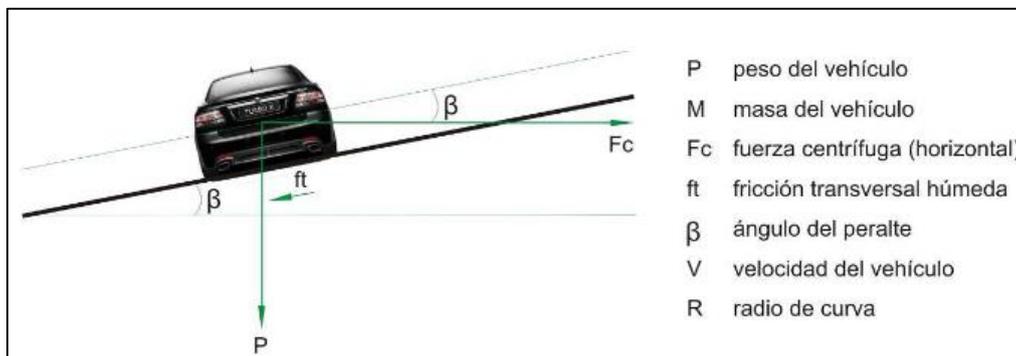


Figura 82: Fuerzas actuantes sobre un vehículo que circula por una curva horizontal. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

El criterio de proyecto de una curva horizontal es la oposición a la fuerza centrífuga desarrollada cuando el vehículo se mueve en una trayectoria curva. Para este criterio el mínimo radio de curvatura puede obtenerse de las leyes de la mecánica como una función de la velocidad del vehículo (V), del peralte (e), y de un adecuado coeficiente de fricción transversal húmedo.

El Proyecto de Normas (DNV, 2010) plantea un modelo matemático que relaciona estas variables y define el radio de la curva.

$$R = \frac{v^2}{127 * (e + ft)} \quad (11)$$

Peralte máximo ($e_{m\acute{a}x}$):

Se adoptan valores máximos de peralte en función de los siguientes factores:

- Condiciones topográficas (llanura o montaña).
- Condiciones climáticas (zonas de heladas y nevadas).
- Condiciones de operación de los vehículos (zonas de bajas velocidades, intersecciones frecuentes, zonas suburbanas o urbanas).

Teniendo en cuenta los factores anteriores, se recomiendan los siguientes valores de $e_{m\acute{a}x}$:

Tabla 46: Peraltes máximos. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

Peralte máximo	Condiciones en que se desarrolla la ruta
10%	En zonas rurales montañosas, con heladas o nevadas poco frecuentes
8%	En zonas rurales llanas, con heladas o nevadas poco frecuentes
6%	En zonas próximas a las urbanas, con vehículos que operan a bajas velocidades, o en zonas rurales, llanas o montañosas, sujetas a heladas o nevadas frecuentes

Para el proyecto en estudio, siendo una configuración sub-urbana, en una topografía montañosa y en una zona de heladas y nevadas frecuentes, el peralte máximo adoptado es:

$$e_{m\acute{a}x} = 6\%$$

Coefficiente de fricción transversal húmeda máxima ($ft_{m\acute{a}x}$):

Es el desarrollado en condiciones de inminente deslizamiento horizontal del vehículo, con un razonable margen de seguridad. Depende de la velocidad, por lo que para una velocidad directriz de 80 km/h, su valor se determina con la ecuación 12.

$$ft_{m\acute{a}x} = 0,188 - \frac{3V}{5000} \quad (12)$$

$ft_{m\acute{a}x} = 0,14$

Radio mínimo absoluto:

Para la velocidad directriz y peralte máximo dados, es el valor del radio correspondiente a la condición límite de seguridad contra el deslizamiento lateral: fricción transversal húmeda máxima. Según la ecuación 13, el valor del radio mínimo absoluto es:

$$R_{m\acute{a}n\ abs} = \frac{v^2}{127 * (e_{m\acute{a}x} + ft_{m\acute{a}x})} \quad (13)$$
$$R_{m\acute{a}n\ abs} = \frac{80^2}{127 * (0,06 + 0,14)} = 252 \text{ metros}$$

Radio mínimo deseable:

Para la velocidad directriz y peralte máximo dados, es el valor del radio calculado con la velocidad media de marcha en flujo libre correspondiente a la velocidad directriz, para el cual el coeficiente de fricción transversal húmeda es nulo. Adaptando la ecuación 11 se tiene:

$$R_{\text{mín des}} = \frac{VMM^2}{127 * (e_{\text{máx}} + 0)} \quad (14)$$

Para una $V_D = 80$ km/h, el Proyecto de Normas (DNV, 2010) indica una $VMM = 70$ km/h. La ecuación 14 resulta en:

$$R_{\text{mín des}} = \frac{70^2}{127 * (0,06 + 0)}$$

$$R_{\text{mín des}} = 643 \text{ metros}$$

Estos radios calculados son indicativos, los radios a adoptarse en el trazado proyectado pueden ser mayores (y deben ser en lo posible siempre mayores que el mínimo absoluto). Un buen diseño geométrico persigue radios amplios, mayores incluso al mínimo deseable, según el terreno lo permita y se justifique económicamente. Además, estos radios han sido calculados con base a un peralte máximo de 6%. Si los radios adoptados superan el valor del mínimo deseable, se debe calcular el peralte necesario para dicho radio despejando la ecuación 11.

El peralte máximo adoptado por recomendación del Proyecto de Normas (DNV, 2010) se mantiene dentro del rango sugerido por el Manual de Vialidad Urbana chileno, según Tabla 47.

Tabla 47: peraltes máximos sugeridos según la categoría de la facilidad vial. Para la vialidad urbana chilena, las vías expresas son equivalentes al concepto de carretera de la DNV. Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile (2009, Manual de Vialidad Urbana).

CATEGORIA	p. MAX. DESEABLE	p. MAX. TOLERABLE
LOCALES Y SERVICIO	4%	4%
COLECTORAS Y TRONCALES	4%	6%
VIAS EXPRESAS	6%	8%

En la Tabla 48 se resumen las curvas horizontales adoptadas para el proyecto, junto con sus parámetros geométricos que las definen. En todos los casos se puede apreciar que el peralte no ha superado el máximo adoptado de 6%, habiéndose redondeado al 4%, y en los casos en los que el radio de la curva tiene un valor que según la ecuación 11 hace el peralte menor a cero, se considera a la pendiente transversal de la calzada como la correspondiente al bombeo normal de 1,5 % hacia cada lado. En otros casos, se adoptó como peralte el valor del bombeo revertido, es decir, 1,5% hacia el borde interno de la curva.

Tabla 48: características geométricas de las curvas horizontales adoptadas para el proyecto. Fuente: elaboración propia

VÉRTICES EJE DE PROYECTO - RP N° 89 - AV. LOS CÓNDORES															
Vértice	Prog.	Norte (Y)	Este (X)	Distancia [m]	α [° ' "]	Δ [° ' "]	Radio [m]	Te 1 [m]	Te 2 [m]	Le 1 [m]	Le 2 [m]	Lc [m]	Desarrollo [m]	p [%]	Sobreechancho [m]
V-00	0+000.00	6354046.44	2481783.68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V-01	0+113.07	6353979.27	2481690.96	114.49	146° 11' 48,90"	33° 48' 11,10"	160.00	48.62	48.62	0.00	0.00	94.4	94.4	4.00%	-
V-02	0+193.42	6353976.24	2481609.22	81.80	173° 38' 45,22"	6° 21' 14,78"	400.00	22.2	22.2	0.00	0.00	44.36	44.36	BN	-
V-03	0+390.27	6353947.16	2481414.03	197.35	162°13'41"	17°46'19"	350.00	80.77	80.77	52.00	52.00	56.56	160.56	B. Rev: 1,50%	-
V-04	0+519.30	6353889.89	2481297.86	129.52	176°2'32"	3°57'28"	770.00	48.61	48.61	44.00	44.00	9.19	97.19	BN	0.70
V-05	0+677.82	6353829.72	2481151.07	158.64	176°34'25"	3°25'35"	3000.00	89.73	89.73	0.00	0.00	179.4	179.4	BN (Ret. 1)	-
V-06	1+002.63	6353688.35	2480857.50	325.83	164°30'42"	15°29'18"	1200.00	163.2	163.2	0.00	0.00	324.39	324.39	BN	-
V-07	1+679.77	6353567.96	2480190.12	678.16	172°9'29"	7°50'31"	206.00	14.12	14.12	0.00	0.00	28.19	28.19	BN	-
V-08	1+704.52	6353566.93	2480165.33	24.81	169°12'30"	10°47'30"	113.00	10.67	10.67	0.00	0.00	21.28	21.28	BN (Ret. 2)	-
V-09	1+765.89	6353552.92	2480105.52	61.43	169°14'54"	10°45'06"	113.00	10.63	10.63	0.00	0.00	21.2	21.2	BN (Ret. 2)	-
V-10	1+790.56	6353542.90	2480082.92	24.72	172°13'20"	7°46'40"	206.00	14	14	0.00	0.00	27.96	27.96	BN	-
V-11	2+180.61	6353434.40	2479708.23	390.08	177°33'00"	2°27'00"	3020.00	64.58	64.58	0.00	0.00	64.58	64.58	BN	-
V-12	2+324.29	6353400.30	2479568.33	144.00	160°50'32"	19°09'28"	194.00	32.74	32.74	0.00	0.00	64.87	64.87	BN (Ret. 3)	-
V-13	2+412.15	6353352.39	2479494.15	88.31	164°48'19"	15°11'41"	194.00	25.88	25.88	0.00	0.00	51.45	51.45	BN (Ret. 3)	-
V-14	2+783.31	6353076.06	2479245.79	371.53	167°3'39"	12°56'21"	400.00	67.88	67.88	45.00	45.00	45.33	135.33	BN	1.00
V-15	3+039.00	6352928.90	2479036.50	255.85	173°56'59"	6°03'01"	740.00	61.11	61.11	32.00	32.00	17.07	81.07	BN	0.70
V-16	3+155.08	6352872.45	2478934.91	116.22	176°51'11"	3°08'49"	1100.00	52.22	52.22	32.00	32.00	16.42	80.42	BN	-
V-17	3+345.00	6352771.33	2478774.40	189.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Se puede observar que, en algunos casos de la Tabla 48, los radios adoptados son menores al radio mínimo absoluto calculado para una velocidad de diseño de 80 km/h (252 metros). Estos casos son de situaciones particulares, tales como la intersección de la RP89 con la antigua traza de la RN7, en donde comienza el proyecto en estudio (vértice 1), y luego en los retornos previstos (vértices 7 a 10 y 12 a 13).

Planimétricamente, acomodar radios de valor mayor o igual al mínimo absoluto resulta prácticamente imposible, de modo que afectaría notablemente el trazado de la RP89. Ante tal situación, admitir radios de menor magnitud que el mínimo absoluto supone modificar dos variables: aumentar el peralte o disminuir la velocidad. En el caso del peralte, adoptar valores superiores al establecido de 6% para una zona montañosa y con heladas y nevadas frecuentes presupone una condición de inseguridad al usuario. Por el caso de la velocidad, se la considera como una variable fácilmente “controlable” ya que se puede advertir previamente al conductor que la reduzca, ya sea por señalización y demarcación del camino.

Sumado a la mayor facilidad de lograr una reducción de velocidad del usuario de manera coercitiva, se considera que dicha reducción es realmente necesaria. Como se indicó anteriormente, estos radios de menor magnitud coinciden con singularidades en el camino como acceso a intersecciones y en los retornos. Es de esperar que el usuario responda con mayor cautela ante estos casos, lo que se acompaña de una disminución de su velocidad.

Por lo expuesto, para los vértices 1, 7, 8, 9, 10, 12 y 13 se adoptan velocidades de diseño de entre 50 y 60 km/h según la Tabla 43. Esto conlleva a que luego se realice la correspondiente señalización vertical y demarcación horizontal en el proyecto para indicar al usuario que reduzca la velocidad.

Curvas de transición, clotoides:

La clotoide es una curva de transición tal que al recorrerla a velocidad constante, se consigue una variación lineal de la aceleración centrífuga experimentada por el vehículo en función del tiempo o del espacio.

El uso de clotoides tiene las siguientes ventajas:

- La transición evita invadir el carril adyacente y mantiene la trayectoria en el propio carril.
- Facilita un andar cómodo y seguro a los conductores, evitando una aparición brusca de aceleración centrífuga al iniciar la curva.
- La variación del radio es gradual, desde un infinito en la recta hasta el propio de la curva circular al ingresar, y lo contrario al egresar de la curva.

- Mejora la apariencia estética del trazado.

Se plantean longitudes mínimas y máximas para las clotoides según distintos criterios:

- Criterio de comodidad: la longitud mínima es:

$$Le_{mín1} = \frac{V^3}{28 * R} \quad (15)$$

- Criterio de apariencia general: la longitud mínima es:

$$Le_{mín2} = \frac{V}{1,8} \geq 30 \text{ m} \quad (16)$$

- *Criterio de apariencia de borde*: dependiente de la longitud de desarrollo del peralte “Des”.

$$Des = \frac{c * e}{ib} \quad (17)$$

Donde: Des= longitud del desarrollo del peralte [m]; c= ancho del carril [m]; e: peralte [%]; ib: pendiente relativa del borde respecto del eje de rotación, $ib=0,85-(V/253)$.

Luego:

$$Le_{mín3} = Des \quad (18)$$

- *Longitud máxima*: se limita la longitud de las clotoides para evitar zigzagueos en la conducción.

$$Le_{máx} = 1,25 * Le_{mín} \text{ (adoptada)} \quad (19)$$

En la Tabla 49 se indican los valores obtenidos como sugerencias para las longitudes mínimas de espira, en función del radio de la curva y su velocidad directriz. Cabe aclarar que el criterio de apariencia de borde arroja valores nulos dado que para dichas curvas no se prevé el desarrollo de peralte, por ende el valor “e” en la ecuación 17 se vuelve cero, anulando la ecuación 18.

Cabe destacar que las longitudes de espira adoptadas en los vértices 15 y 16 son menores que los mínimos recomendados para los parámetros con los que se calculaban en los demás casos. Esto se debe a una imposibilidad planimétrica de acomodar tales curvas de transición con el largo mínimo recomendado. Nuevamente, se apela a un correcto abordaje desde el señalamiento para instar al conductor a reducir su velocidad en las cercanías de dichas curvas.

Tabla 49: valores de longitudes de espira mínimos recomendados, según el Proyecto de norma de diseño de la DNV 2010, y los adoptados. Fuente: elaboración propia.

CURVA N°	PROGRESIVA VÉRTICE	VELOCIDAD DE DISEÑO [km/h]	RADIO [m]	CRITERIOS DE LONGITUDES DE ESPIRA O CLOTOIDE			LONGITUD MÍNIMA DE ESPIRA SUGERIDA [m]	LONGITUD DE ESPIRA ADOPTADA [m]	LONGITUD DE ESPIRA MÁXIMA [m]
				Criterio comodidad [m]	Criterio apariencia general [m]	Criterio apariencia de borde [m]			
3	0+390.27	80.00	350	52.24	44.44	0	52	52	65
4	0+519.30	80.00	770	23.75	44.44	0	44	44	55
14	2+783.31	80.00	400	45.71	44.44	0	45	45	56
15	3+039.00	80.00	740	24.71	44.44	0	44	32	55
16	3+155.08	80.00	1100	16.62	44.44	0	44	32	55

Sobreanchos:

Es recomendable introducir sobreanchos de calzada en curvas horizontales para garantizar las mismas condiciones de seguridad que en las rectas, ya que:

- Al describir una curva, el vehículo ocupa mayor ancho, debido a que sus ruedas traseras recorren una trayectoria ubicada en el interior de las descritas por las ruedas delanteras. Además, el extremo lateral delantero externo del vehículo describe una trayectoria que resulta exterior a la de las ruedas delanteras.
- La dificultad que experimentan los conductores para mantenerse en el centro de su carril por la menor facilidad para apreciar la posición relativa de sus vehículos en la curva.

En el Proyecto de Normas (DNV, 2010) se adopta como vehículo representativo para el cálculo de los sobreanchos al camión semirremolque cuyas dimensiones son las indicadas en la Figura 83.

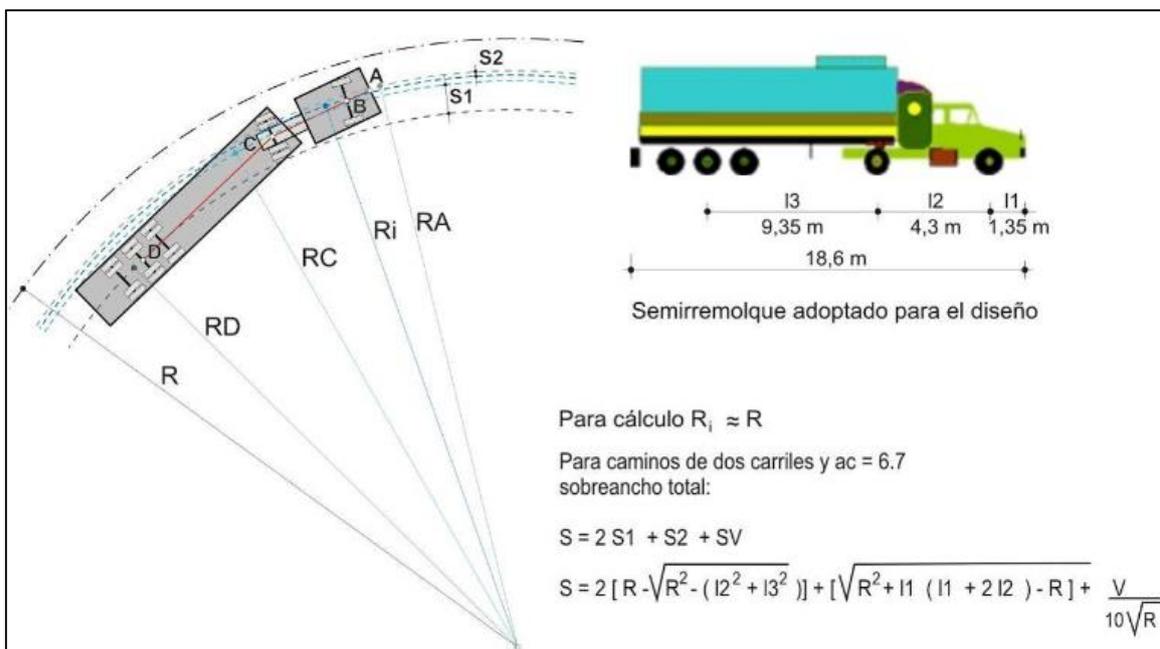


Figura 83: trayectoria del vehículo semirremolque adoptado por la DNV. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

El valor del sobreancho sugerido para las curvas según su radio, velocidad directriz y vehículo de diseño se indica en la Tabla 3-26a (indicada como Tabla 25) extraída de “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (AASHTO, 2011).

Dicha tabla se ha confeccionado para un vehículo de diseño tipo WB-19, el mismo adoptado para este proyecto, por ende no se precisan aplicar factores de corrección a los valores sugeridos de sobreancho.

La distribución del sobreebanco “S” en general se hace en partes iguales a ambos lados del eje, desarrollándose desde cero al valor S/2 de cada lado de la calzada a lo largo de la curva de transición (en caso de contar con clotoide).

Por razones prácticas, cuando el valor calculado $S < 0,50$ metros, no se proporciona sobreebanco a la curva.

Tabla 50: Valores calculados y de diseño para el ensanchamiento de la calzada en curvas de carretera de dos carriles, un sentido o dos sentidos. Fuente: AASHTO (2011, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets).

Metric																		
Radius of Curve (m)	Roadway width = 7.2 m						Roadway width = 6.6 m						Roadway width = 6.0 m					
	Design Speed (km/h)						Design Speed (km/h)						Design Speed (km/h)					
	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100
3000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
2500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
2000	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
1500	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
1000	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9
900	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9
800	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0
700	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0
600	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
500	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
400	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
300	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6
250	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1		1.2	1.3	1.3	1.4	1.4		1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	
200	1.1	1.2	1.3	1.3			1.4	1.5	1.6	1.6			1.7	1.8	1.9	1.9		
150	1.5	1.6	1.7	1.8			1.8	1.9	2.0	2.1			2.1	2.2	2.3	2.4		
140	1.6	1.7					1.9	2.0					2.2	2.3				
130	1.8	1.8					2.1	2.1					2.4	2.4				
120	1.9	2.0					2.2	2.3					2.5	2.6				
110	2.1	2.2					2.4	2.5					2.7	2.8				
100	2.3	2.4					2.6	2.7					2.9	3.0				
90	2.5						2.8						3.1					
80	2.8						3.1						3.4					
70	3.2						3.5						3.8					

Partiendo de la Tabla 49, para un ancho de calzada entre 6,60 m y 7,20 m y según la velocidad directriz, se obtienen los valores de sobreebanco sugeridos listados en la Tabla 50. En dicha tabla se han desestimado sobreebanco para las curvas comprendidas en la rotonda y en los retornos.

Tabla 51: valores de sobreebanco sugeridos y adoptados para cada curva según el Greenbook 2011 de la AASHTO.
 Fuente: elaboración propia.

CURVA N°	RADIO [m]	VELOCIDAD DISEÑO [km/h]	SOBREEBANCO SUGERIDO [m]	SOBREEBANCO ADOPTADO [m]
1	160	60	No aplica sobreebanco	
2	400	80	(rotonda)	
3	350	80	1.10	1.10
4	770	80	0.63	0.70
5	3000	80	No aplica sobreebanco (retorno N° 1)	
6	1200	80		
7	206	60		
8	113	50	No aplica sobreebanco (retorno N° 2)	
9	113	50		
10	206	60		
11	3020	80	0.30	0.00
12	194	60	No aplica sobreebanco	
13	194	60	(retorno N° 3)	
14	400	80	1.00	1.00
15	740	80	0.66	0.70
16	1100	80	0.48	0.00

NOTA: los valores sugeridos mostrados en esta tabla han sido extraídos e interpolados desde la Tabla 3-26a del Greenbook 2011. Cuando el valor sugerido es menor e igual a 0,50 metros, se adopta un sobreebanco nulo.

Tal como está indicado en el Proyecto de Normas (DNV, 2010), se sugiere distribuir el valor adoptado “S” como S/2 en el borde externo e interno de la curva.

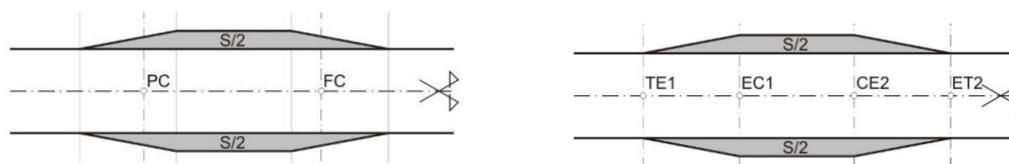


Figura 84: distribución del sobreebanco en curvas horizontales sin y con espirales de transición. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

Distancia visual de detención (DVD) en curvas horizontales:

Para proporcionar una adecuada seguridad en las curvas, muchas veces es necesario rever el planteo de la sección transversal o del alineamiento cuando no es posible suministrar una distancia entre el borde interior de la curva y cualquier objeto que bloquee la visibilidad.

En el diseño de una curva horizontal, la línea de visión es una cuerda de la curva, y la DVD aplicable se mide a lo largo del carril interior de la curva, según la ecuación 20.

$$m1 = Rci * \left[1 - \cos \left(28,65 * \frac{DVD}{Rci} \right) \right] \quad (20)$$

Siendo Rci: el radio del eje del carril interior [m], DVD: la distancia visual de detención [m] según la ecuación 9; m1: la ordenada medida desde el obstáculo al eje del carril interior [m]. El modelo corresponde a la situación mostrada en la Figura 85.

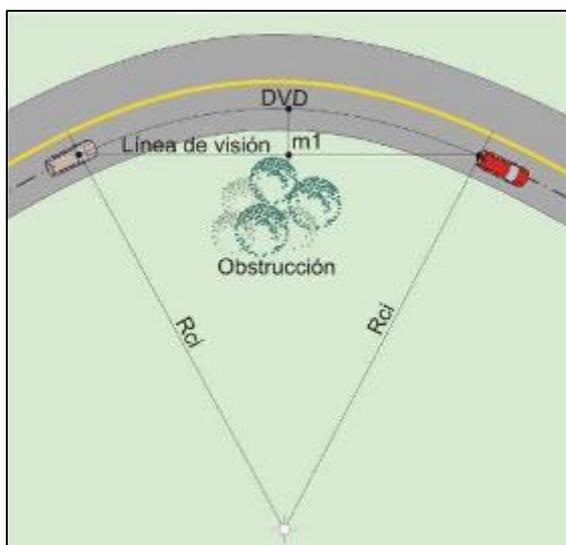


Figura 85: ordenada m1 libre de obstáculos en curvas horizontales para garantizar la DVD. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

Al ser función del radio de la curva y de la DVD (empleando la DVD_{min} calculada con la ecuación 9), las ordenadas m1 mínimas en este proyecto serán las indicadas en la Tabla 52.

Tabla 52: valores de ordenada m1 para cada curva según proyecto de normas de la DNV 2010. Fuente: elaboración propia.

CURVA N°	RADIO [m]	Rci [m]	DVD [m]	m1 [m]
1	160	158.33		18.60
2	400	398.33		7.52
3	350	348.33		8.59
4	770	768.33		3.91
5	3000	2998.33		1.00
6	1200	1198.33		2.51
7	206	204.33		14.52
8	113	111.33	155	25.91
9	113	111.33		25.91
10	206	204.33		14.52
11	3020	3018.33		1.00
12	194	192.33		15.41
13	194	192.33		15.41
14	400	398.33		7.52
15	740	738.33		4.06
16	1100	1098.33		2.73

5.5.5 Alineamiento altimétrico:

El eje del proyecto queda definido en planta por las coordenadas del plano horizontal (x,y) de puntos singulares y tantos como se quiera para su correcta interpretación y replanteo. Además, para completar la descripción, el eje deberá asociarse una secuencia de elevaciones o cotas sucesivas, principalmente en puntos característicos, lo que conformará la rasante del proyecto.

La rasante estará construida por tramos rectos que representan pendientes constantes de distinta magnitud, empalmándose entre sí mediante parábolas de segundo grado, las que suavizan los cambios de dirección.

Según el atlas del Proyecto de Normas (DNV, 2010), para la categoría de camino adoptada en la sección 5.4, se definen las pendientes máximas sugeridas de entre 5%, la deseable, a un 7% la máxima absoluta, para una velocidad de 70 km/h. Siendo adoptada una velocidad directriz de 80 km/h, lo que exige mayores bondades en el diseño geométrico planimétrico como altimétrico, una rápida interpolación lineal entre los valores sugeridos en el atlas define:

Tabla 53: interpolación lineal aproximada entre pendientes sugeridas por el atlas del Proyecto de Norma (DNV, 2010). Fuente: elaboración propia.

Velocidad directriz	Pendiente máxima deseable	Pendiente máxima absoluta
70 km/h	5%	7%
80 km/h	4,33%	6,33%
100 km/h	3%	5%

Tomando como orientación la Tabla 53, se puede adoptar que las pendientes longitudinales para el proyecto, con una velocidad directriz de 80 km/h, **serán de 4,5% la máxima deseable, y de 6,5% la máxima absoluta.**

Consultando el Manual de Vialidad Urbana (Chile, 2009), en la sección 5.01.302 se sugieren las siguientes pendientes, donde para una vía expresa (equivalente a la categoría de “carretera” de la DNV) la pendiente máxima es de 6,5% para una velocidad de diseño de 80 km/h, lo que respalda a la aproximación anterior.

Tabla 54: pendientes verticales máximas. Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile (2009, Manual de Vialidad Urbana).

V (km/h)	PENDIENTES POSITIVAS MAXIMAS SEGUN CATEGORIA (SIN SEMAFOROS)				
	EXPRESAS	TRONCALES	COLECTORAS	SERVICIO	LOCALES
25	---	---	---	---	12,0
30	---	---	---	11,0	12,0
35	---	---	---	10,5	---
40	---	---	10,0	10,0	---
45	---	---	9,5	---	---
50	---	8,0	9,0	---	---
55	---	8,0	---	---	---
60	---	7,5	---	---	---
65	---	7,5	---	---	---
70	---	7,5	---	---	---
75	---	7,0	---	---	---
80	6,5	7,0	---	---	---
85	6,5	---	---	---	---
90	6,0	---	---	---	---
95	6,0	---	---	---	---
100	5,5	---	---	---	---

En lo que respecta a las pendientes mínimas, tanto la norma argentina como la chilena sugieren que, para un trazado urbano con cordón cuneta que sirva de drenaje a los carriles adyacentes, la pendiente mínima absoluta es del orden del 0,4%, siendo recomendable el 0,5%.

Curvas verticales:

La diferencia algebraica “ i_o ” entre dos tramos rectos que se cortan, con pendientes i_1 e i_2 respectivamente (en valor numérico decimal y con su signo correspondiente), queda definida como:

$$i_o = |i_1 - i_2| \tag{21}$$

Cuando i_o es mayor al 0,5%, se deberá proyectar una curva vertical, que será una parábola de segundo grado, la cual suavizará el quiebre imponiendo un cambio gradual de la pendiente.

En la práctica vial se acepta el uso de la parábola cuadrática ya que la misma tiene una propiedad muy práctica: “el punto de intersección PIV de las tangentes extremas de cualquier arco de curva equidista de las verticales trazadas por los puntos extremos del arco”. Es decir, una vez que se establece el punto de intersección de las pendientes, PIV, basta sumar y restar el valor $L/2$ (la mitad de la longitud de la parábola) a la progresiva del PIV para obtener las progresivas de inicio y fin de la curva vertical.

La longitud de la curva vertical queda definida por:

$$L [m] = K \left[\frac{m}{\%} \right] * i_o [\%] \tag{22}$$

Siendo K el valor del parámetro básico dividido por 100. El parámetro básico se define, como “... para una cierta velocidad directriz, es el parámetro o radio del círculo osculador en el vértice de una parábola de eje vertical que proporciona como mínimo la distancia visual hasta pendiente media $\pm 2\%$, necesaria para esa velocidad, cualquiera sea la diferencia algebraica de pendientes”, Proyecto de Normas (DNV, 2010).

Los valores de K básico han sido tabulados en el Proyecto de Normas (DNV, 2010), para curvas verticales cóncavas y convexas, en función de la velocidad directriz y de las DVD y DVA (definidas en las secciones 5.5.1 y 5.5.2 respectivamente).

Tabla 55: valores K básicos para curvas verticales convexas y cóncavas (DVD y DVA). Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

V km/h	Detención			Adelantamiento	
	DVD m	Valor Kbásico (m/%)		DVA m	K (m/%)
		Convexa	Cóncava		Convexa
25	24	4	4	188	37
30	30	4	4	220	51
40	45	4	8	284	85
50	63	8	12	348	127
60	85	15	18	412	178
70	110	24	24	476	237
80	138	38	32	540	305
90	170	57	41	604	381
100	206	84	51	668	466
110	246	119	62	732	560
120	290	165	75	796	662
130	339	226	88	-	-
140	391	300	103	-	-

NOTA: la Ley Nacional de Tránsito (N° 24.449), en su artículo 48 j), prohíbe las maniobras de adelantamiento en zonas peligrosas, entre ellas, curvas verticales, por lo que se desalienta el uso de las últimas columnas de la Tabla 55 (DVA).

Las longitudes de las curvas verticales a aplicar en el proyecto se muestran en la Tabla 56, en función de la diferencia algebraica de pendientes “ i_o ” y del K básico dependiente de si son curvas cóncavas o convexas. Según la expresión 21 se calcula la longitud mínima, pudiendo adoptarse mayores.

Cuando la $i_o [\%] \leq 40/V_D = 0,5$ (para $V_D \geq 80$ km/h), **no se requiere introducir curva vertical.**

Tabla 56 (inicio): parámetros geométricos y resumen de curvas verticales adoptadas en el proyecto. Fuente: Elaboración propia.

VÉRTICE N°	COTA [m]	DISTANCIA ENTRE VÉRTICES [m]	PENDIENTE ENTRE VÉRTICES [%]	PENDIENTE ENTRADA A VÉRTICE [%]	PENDIENTE SALIDA DE VÉRTICE [%]	io [%]	TIPO DE CURVA VERTICAL	K BÁSICO [m/%]	LONGITUD MÍNIMA DE CURVA V. [m]	LONGITUD ADOPTADA [m]	PROGRESIVA INICIO CV	PROGRESIVA VÉRTICE CV	PROGRESIVA FIN CV
1	1385.85			0	1.75%	-	-	-	-	-	-	0+000.00	-
2	1387.25	80.00	1.75%	1.75%	2.75%	1.00%	CÓNCAVA	32	32.00	32.00	0+064.00	0+080.00	0+096.00
3	1390.00	100.00	2.75%	2.75%	4.29%	1.54%	CÓNCAVA	32	49.14	50.00	0+155.00	0+180.00	0+205.00
4	1393.00	70.00	4.29%	4.29%	2.50%	1.79%	CONVEXA	38	67.86	70.00	0+215.00	0+250.00	0+285.00
5	1397.50	180.00	2.50%	2.50%	3.75%	1.25%	CÓNCAVA	32	40.00	40.00	0+410.00	0+430.00	0+450.00
6 (1)	1403.50	160.00	3.75%	3.75%	2.73%	1.02%	CONVEXA	38	38.86	40.00	0+570.00	0+590.00	0+610.00
7	1406.50	110.00	2.73%	2.73%	3.89%	1.16%	CÓNCAVA	32	37.06	40.00	0+680.00	0+700.00	0+720.00
8 (2)	1410.23	96.00	3.89%	3.89%	3.38%	0.50%	CONVEXA	38	19.03	20.00	0+786.00	0+796.00	0+806.00
9	1413.75	104.00	3.38%	3.38%	3.95%	0.57%	CÓNCAVA	32	18.09	40.00	0+880.00	0+900.00	0+920.00
10	1417.70	100.00	3.95%	3.95%	4.36%	0.41%	CÓNCAVA	32	13.12	40.00	0+980.00	1+000.00	1+020.00
11	1422.06	100.00	4.36%	4.36%	4.58%	0.22%	CÓNCAVA	32	7.04	20.00	1+090.00	1+100.00	1+110.00
12	1424.35	50.00	4.58%	4.58%	2.58%	2.00%	CONVEXA	38	76.12	80.00	1+110.00	1+150.00	1+190.00
13	1427.70	130.00	2.58%	2.58%	3.36%	0.79%	CÓNCAVA	32	25.17	30.00	1+265.00	1+280.00	1+295.00
14	1435.10	220.00	3.36%	3.36%	3.66%	0.29%	CÓNCAVA	32	9.37	40.00	1+480.00	1+500.00	1+520.00
15 (3)	1439.30	114.87	3.66%	3.66%	3.63%	0.03%	CONVEXA	38	1.15	0.00	-	1+614.87	-

Continúa en la próxima página

Tabla 56 (fin): parámetros geométricos y resumen de curvas verticales adoptadas en el proyecto. Fuente: Elaboración propia.

VÉRTICE N°	COTA [m]	DISTANCIA ENTRE VÉRTICES [m]	PENDIENTE ENTRE VÉRTICES [%]	PENDIENTE ENTRADA A VÉRTICE [%]	PENDIENTE SALIDA DE VÉRTICE [%]	io [%]	TIPO DE CURVA VERTICAL	K BÁSICO [m/%]	LONGITUD MÍNIMA DE CURVA V. [m]	LONGITUD ADOPTADA [m]	PROGRESIVA INICIO CV	PROGRESIVA VÉRTICE CV	PROGRESIVA FIN CV
15 (3)	1439.30			3.66%	3.63%	0.03%	CONVEXA	38	1.15	0.00	-	1+614.87	-
16	1444.20	135.13	3.63%	3.63%	3.33%	0.29%	CONVEXA	38	11.16	40.00	1+730.00	1+750.00	1+770.00
17 (4)	1447.67	104.13	3.33%	3.33%	3.38%	0.05%	CÓNCAVA	32	1.52	0.00	-	1+854.13	-
18	1452.60	145.87	3.38%	3.38%	4.00%	0.62%	CÓNCAVA	32	19.85	40.00	1+980.00	2+000.00	2+020.00
19	1458.20	140.00	4.00%	4.00%	4.38%	0.37%	CÓNCAVA	32	12.00	60.00	2+110.00	2+140.00	2+170.00
20 (5)	1461.70	80.00	4.38%	4.38%	5.13%	0.76%	CÓNCAVA	32	24.27	40.00	2+200.00	2+220.00	2+240.00
21	1464.78	60.00	5.13%	5.13%	2.66%	2.47%	CONVEXA	38	93.85	80.00	2+240.00	2+280.00	2+320.00
22 (6)	1470.64	220.00	2.66%	2.66%	3.47%	0.80%	CÓNCAVA	32	25.70	40.00	2+480.00	2+500.00	2+520.00
23 (7)	1478.96	240.00	3.47%	3.47%	2.42%	1.04%	CONVEXA	38	39.69	40.00	2+720.00	2+740.00	2+760.00
24	1480.05	45.00	2.42%	2.42%	3.56%	1.14%	CÓNCAVA	32	36.49	40.00	2+765.00	2+785.00	2+805.00
25	1482.90	80.00	3.56%	3.56%	3.37%	0.19%	CONVEXA	38	7.38	40.00	2+845.00	2+865.00	2+885.00
26	1486.10	95.00	3.37%	3.37%	4.44%	1.08%	CÓNCAVA	32	34.43	40.00	2+940.00	2+960.00	2+980.00
27 (8)	1488.90	63.00	4.44%	4.44%	3.23%	1.22%	CONVEXA	38	46.21	50.00	2+998.00	3+023.00	3+048.00
28 (9)	1493.00	127.00	3.23%	3.23%	4.55%	1.32%	CÓNCAVA	32	42.19	140.00	3+080.00	3+150.00	3+220.00
29	1499.82	150.00	4.55%	4.55%	0.00%	4.55%	CONVEXA	38	172.77	-	-	3+300.00	-

Notas a la Tabla 56:

Dada la relación mutua entre el posicionamiento en cotas de la rasante y la ubicación altimétrica de cada una de las alcantarillas, la Tabla 56 es resultado de un proceso iterativo de modificaciones de vértices de la rasante en función del diseño geométrico adecuado y del posicionamiento de las alcantarillas. Respecto a un planteo original que responde solamente al diseño geométrico, y luego profundizándose el estudio hidrológico en el Capítulo 8, se presentaron modificaciones necesarias a la rasante de proyecto. Estos cambios pueden ser tanto elevaciones o depresiones de la cota de rasante o la incorporación de nuevos vértices verticales. A continuación se enlistan las referencias indicadas en la Tabla 56:

- (1): Se provoca un aumento de cota en una magnitud de 0,50 metros para dar lugar a la alcantarilla Alc_02 y no provocar una excavación de cauce excesiva (ver Capítulo 8).
- (2): Se establece este vértice en la rasante para dar lugar a la alcantarilla Alc_03 y no provocar una excavación de cauce excesiva (ver Capítulo 8).
- (3): Se establece este vértice para fijar la cota de inicio del retorno N°2 (ver Capítulo 6).
- (4): Se establece este vértice para fijar la cota de salida del retorno N°2 (ver Capítulo 6).
- (5): Se provoca una disminución de cota en una magnitud de 0,52 metros para fijar la cota de salida del retorno N°3 (ver Capítulo 6).
- (6): Se provoca un aumento de cota en una magnitud de 0,04 metros para fijar la cota de salida del retorno N°3 (ver Capítulo 6).
- (7): Se establece este vértice en la rasante para dar lugar a la alcantarilla Alc_06 y no provocar una excavación de cauce excesiva (ver Capítulo 8).
- (8): Se establece este vértice en la rasante para dar lugar a la alcantarilla Alc_08 y no provocar una excavación de cauce excesiva (ver Capítulo 8).
- (9): Se provoca un aumento de cota en una magnitud de 0,20 metros para dar lugar a la alcantarilla Alc_08 y no provocar una excavación de cauce excesiva (ver Capítulo 8).

5.6 Sección Transversal del Proyecto

Según el Proyecto de Normas (DNV, 2010), la sección transversal del camino es “su intersección con un plano vertical perpendicular a la proyección horizontal del eje”.

Las características de la sección transversal pueden ser geométricas (visibles) o estructurales (invisibles).

- Las características geométricas comprenden las formas, posiciones y dimensiones de los elementos superficiales necesarios para el cumplimiento de su específica función y completan, con la planimetría y altimetría el sistema racional práctico de representación del proyecto vial.
- Las características estructurales se refieren a las cualidades de resistencia y estabilidad que deben poseer los elementos superficiales y los inferiores que le dan sustento, para oponerse a la acción disgregante de las cargas del tránsito y de los agentes ambientales.

Las secciones transversales típicas dependen del tipo de camino al cual pertenecen. El tipo y diseño general del camino a su vez están influenciado por la zona que atraviesa – urbano o rural- y el volumen de tránsito.

El determinar el ancho de la calzada de una calle cualquiera por lo general se basa en la capacidad requerida para el tránsito.

Como normas de carácter general, según sugiere Sierra et al (1997) en los “Apuntes de Diseño Vial Urbano”, se pueden mencionar las siguientes:

- Para calles de muy escaso movimiento local en zona residencial suburbana, se acepta un ancho mínimo de 5,50 metros, de los cuales 3,00 se destinan a la circulación y 2,50 a estacionamiento.
- Para calles residenciales comunes dentro de la ciudad, siendo una calle de una sola mano, se recomienda un ancho de 8,00 metros, de los cuales 3,00 son para circulación y dos bandas de 2,50 a cada lado para estacionamiento.
- En zona comercial local, se puede adoptar un diseño de 11,00 metros de ancho, con dos vías centrales de 3,00 metros y dos estacionamientos laterales de 2,50 metros.
- Para avenidas urbanas, con importantes volúmenes de vehículos de todo tipo, se sugiere un ancho mínimo de calzada de 12,00 metros, excluyendo una posible zona de refugio de peatones o cantero central, lo cual aumentaría el ancho a un sugerido de 16,00 metros.

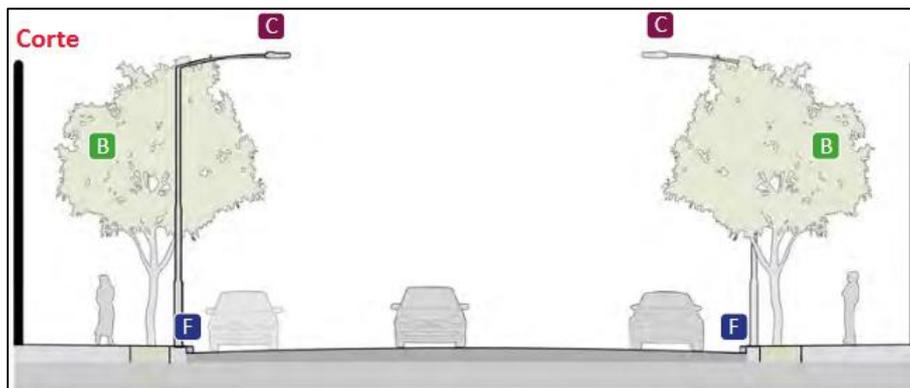
Es claro que en este proyecto en estudio se pretenden alcanzar dimensiones como las propuestas en los dos últimos ítems o casos.

Por su parte, Chain (2015) en el Manual de Diseño Urbano de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, reconoce entre varias configuraciones dos tipos que pueden ser aplicables en este proyecto, el de “Avenida Tipo” y “Avenida con Bulevar”.

Para el caso de las “Avenidas Tipo”, el manual reconoce los siguientes beneficios:

- Reducción del tiempo de viaje: los recorridos en avenidas alivian la circulación en las calles angostas y agilizan los traslados en transporte público.
- Puede albergar todos los sistemas de transporte.
- Permite interconexión a escala barrial e interbarrial.

Dimensionalmente, sugiere un ancho mínimo de veredas de 1,50 metros exclusivo para circulación y extensible a 5,00 metros para considerar arbolado y equipamiento urbano. Para la calzada, se recomiendan 13,00 metros de ancho, con un ancho mínimo de carril de 3,00 metros.



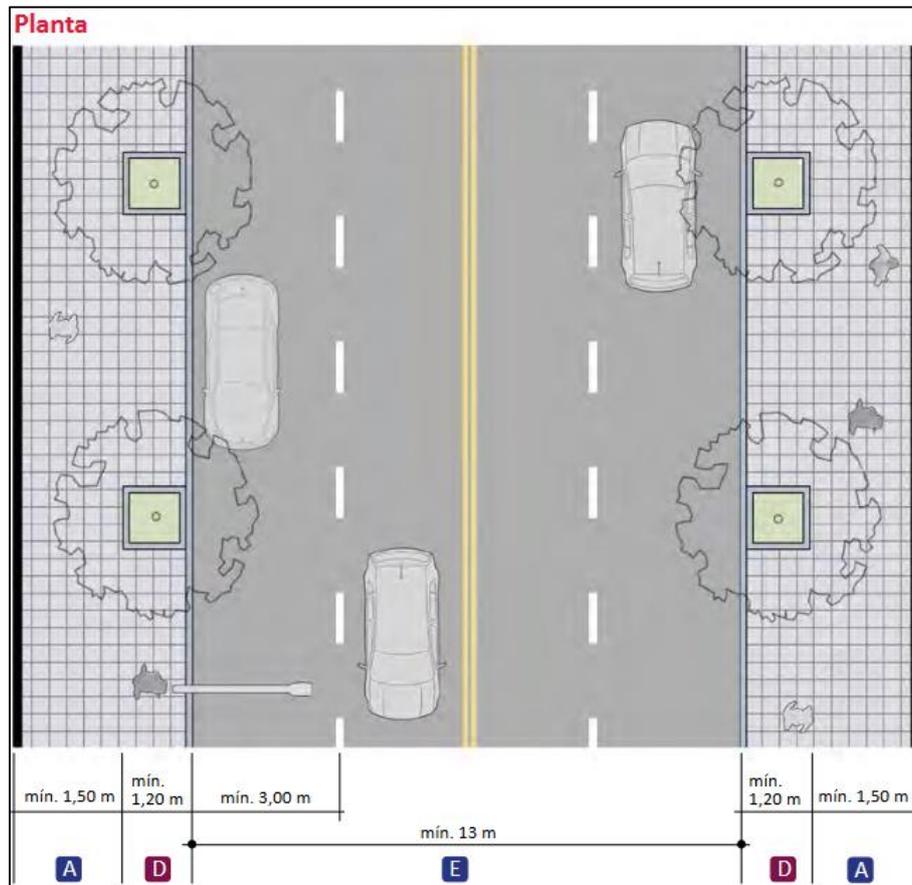


Figura 86: perfil transversal de "Avenida Tipo". A: acera; B: arbolado; C: iluminación; D: franja de equipamiento urbano; E: calzada; F: cordón. Fuente: Chain, D. G (2015, Manual de Diseño Urbano).

Para el caso de las "Avenidas con bulevar", los beneficios planteados, sumados a los de la avenida tipo, son:

- Mejora el paisaje urbano y la calidad ambiental.
- Aumenta la biodiversidad.
- Reduce el impacto acústico del tránsito y la contaminación del aire.
- Ofrece descanso o zona de refugio al peatón.
- Prioriza la incorporación de superficies drenantes.

Dimensionalmente, sugiere un ancho mínimo de bulevar de 1,50 metros, como divisor de tránsito y espacio de arbolado. Las veredas con un ancho mínimo de 1,50 metros exclusivo para circulación y extensible a 4,00 metros para considerar arbolado y equipamiento urbano. Para la calzada, se recomiendan 13,50 metros de ancho, con un ancho mínimo de carril de 3,00 metros.

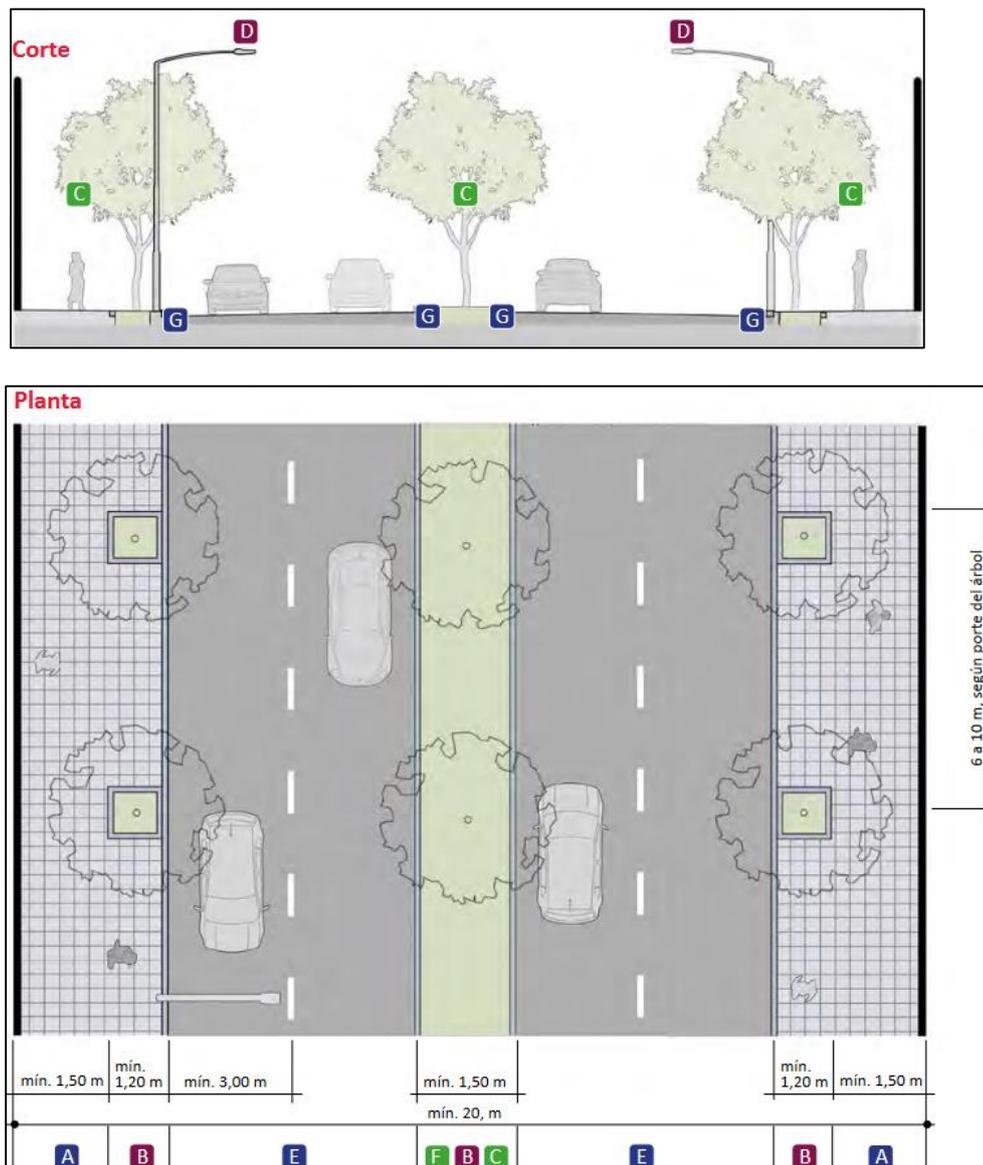


Figura 87: perfil transversal de “Avenida con bulevar”. A: acera; B: franja de equipamiento urbano; C: arbolado; E: calzada; F: bulevar; G: cordón. Fuente: Chain, D. G (2015, Manual de Diseño Urbano).

La situación de usar una disposición de “Avenida Tipo” o de “Avenida con bulevar” dependerá de las necesidades que se encuentren con el desarrollo progresivo del proyecto, lo cual definirá luego los perfiles transversales tipo. Para este capítulo, se busca solamente definir la forma genérica a adoptar y las dimensiones básicas de los componentes de la sección transversal.

5.6.1 Ancho de la calzada:

A los criterios especificados anteriormente en las Figuras 86 y 87, del Manual de Diseño Urbano (Chain, 2015), y a los Apuntes de Diseño Vial Urbano (Sierra et al, 1997), se suman los criterios sugeridos por el Capítulo 3 del Proyecto de Normas (DNV, 2010) y los del Manual de Vialidad Urbana (Chile, 2009).

La propuesta argentina, por su parte, recomienda que los carriles básicos tengan un ancho en función de la velocidad de diseño o directriz:

- Para $V_D \geq 80$ km/h, se recomienda un ancho de carril de 3,65 metros.
- Para $V_D < 80$ km/h, se recomienda un ancho de carril de 3,35 metros.

Se vuelve a repetir que dicha propuesta de normas, en su concepción, están destinadas al diseño geométrico de caminos rurales, por lo que se contrastan sus valores sugeridos con los de manuales específicos del tema de otras fuentes.

Por otro lado, el manual chileno, en su concepto de Pistas Normales⁹, recomienda los siguientes valores para el ancho del carril, en función de la velocidad de proyecto:

Tabla 57: anchos de pista mínimos recomendables y absolutos en recta, en metros. Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile (2009, Manual de Vialidad Urbana).

V (km/H)	N (1) (2)	
	M.REC	M.ABS
30	2,75	2,50
40	3,00	2,75
50	3,25	3,00
60	3,25	3,00
70	3,50	3,25
80	3,50	3,25
90	3,50	3,25
100	3,50	3,25

Entre las recomendaciones recabadas de 4 fuentes, se adopta como ancho de carril el valor de:

Ancho de carril adoptado= 3,35 metros

5.6.2 Ancho de los estacionamientos:

Las bandas de estacionamiento, en caso de proyectarse, es conveniente que sean ubicadas en secciones planas y rectas de la vía, y deben ser visibles a una buena distancia desde ambas direcciones.

Para determinar su ancho se debe tener en cuenta la situación del tránsito en la vía y la posición en la que se pretende permitir el estacionamiento.

⁹ Pistas Normales: Son aquellas destinadas al tránsito en general, sin más restricciones a éste que las impuestas por el diseño. Fuente: Manual de Vialidad Urbana (Recomendaciones para el Diseño de Elementos de infraestructura Vial Urbana), Chile, 2009.

El Manual de Vialidad Urbana (Chile, 2009), en su apartado 5.02.203(1) recomienda los siguientes anchos para las bandas de estacionamiento en función del ángulo previsto para tal efecto:

Tabla 58: anchos de pista mínimos de bandas de estacionamiento, en metros (*: mínimo absoluto). Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile (2009, Manual de Vialidad Urbana).

ANGULO (°)	0	35	50	70	90
ANCHO (m)	2,00*	5,00	5,50	5,50	5,00

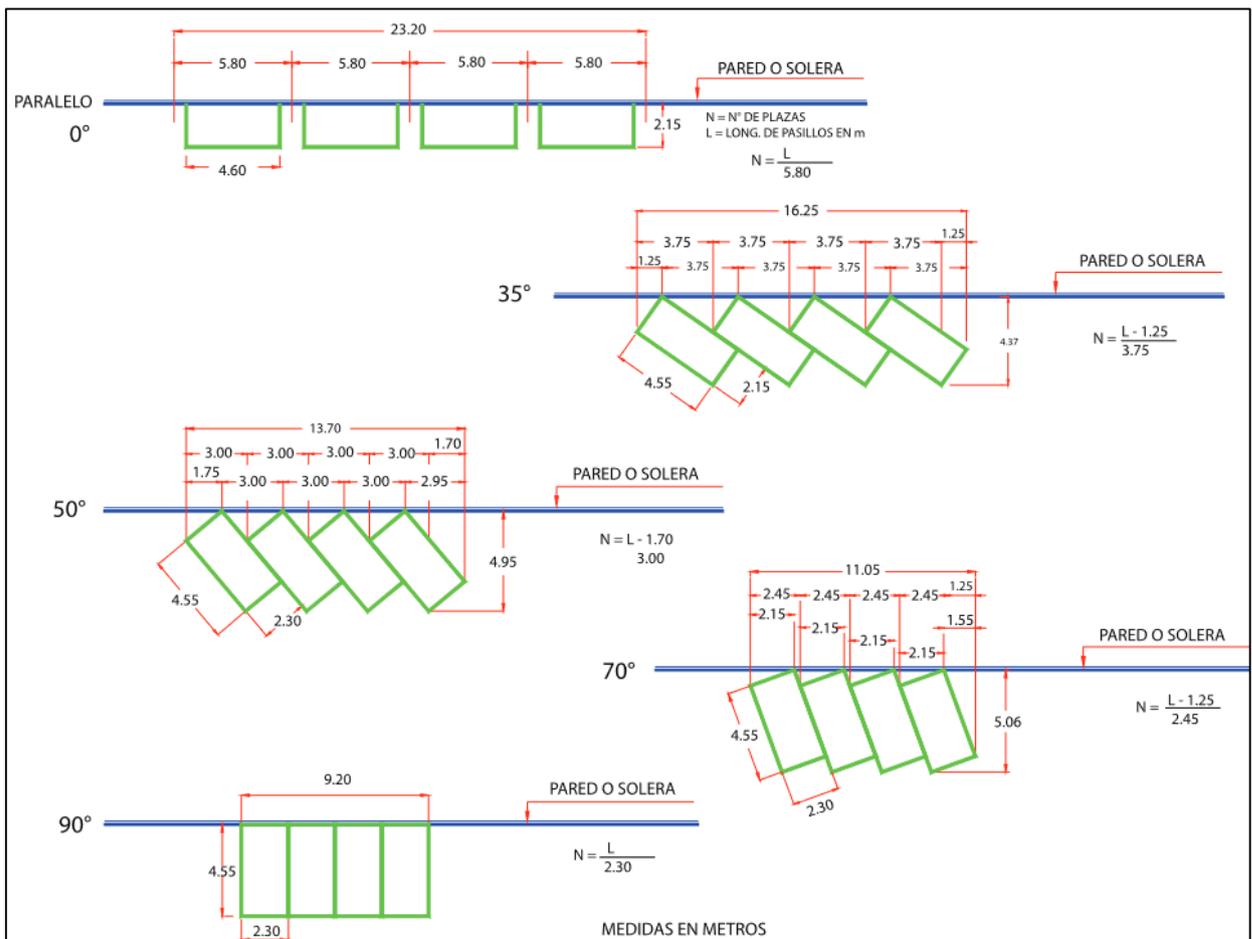


Figura 88: dimensiones de las bandas y "box" de estacionamiento según su disposición. Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile (2009, Manual de Vialidad Urbana).

Se adopta, con referencia a las recomendaciones del manual chileno, un ancho de la banda de estacionamientos de:

Ancho de carril o banda de estacionamiento= 2,65 metros

Estas medidas adoptadas tanto entre el ancho del carril exclusivo de circulación y del carril o banda de estacionamiento, previendo una disposición de tipo "Avenida Tipo" con un solo carril de circulación y un espacio de estacionamientos a cada lado, suma un ancho de:

Ancho de calzada para cada sentido de circulación= 6,00 metros

Lo que define luego un ancho total de la sección transversal destinada a la circulación en ambos sentidos y al estacionamiento de:

Ancho de calzada total para ambos sentidos de circulación= 12,00 metros

5.6.3 Perfil transversal genérico:

Según las dimensiones anteriormente establecidas para los elementos de la sección transversal, se puede definir un primer planteo del perfil transversal del proyecto. Se presenta como “planteo” o “perfil transversal genérico” ya que es el primer esquema representativo de la obra vial. Los perfiles transversales tipo luego representarán con mayor fidelidad la forma de la sección transversal, sus dimensiones y sus elementos constituyentes debidamente referenciados. Es decir, se establecerán los perfiles tipo a aplicar en los distintos tramos de progresivado según sea necesario. Véase el apartado de ANEXOS para consultar los planos de los Perfiles Transversales Tipo empleados en el proyecto.

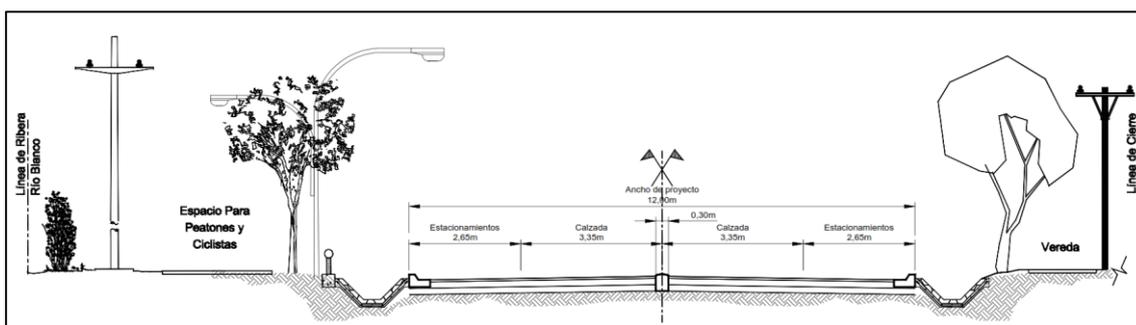


Figura 89: perfil transversal genérico del proyecto. Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 6 – DISEÑO DE INTERSECCIÓN Y RETORNOS

6.1 Introducción:

Según se define en el Capítulo 5 del Proyecto de Normas (DNV, 2010), las intersecciones son áreas de uso compartido donde dos o más caminos se encuentran o cruzan. Incluye este concepto a las calzadas propiamente dichas y a las zonas laterales. Para evitar los conflictos entre vehículos, estos pueden separarse al momento de abordar la intersección en forma temporal, por reglamentación de prioridad de paso, señalización y/o semaforización; o separarse espacialmente, a través de intersecciones a distinto nivel¹⁰ o por distribuidores¹¹.

En este proyecto, la intersección a estudiar será la definida entre la Ruta Provincial N°89 (Av. Los Cóndores) y la antigua traza de la Ruta Nacional N°7, que bordea al lago del Dique Potrerillos. Una intersección tipo a nivel se considera suficiente para dar solución al ordenamiento de las maniobras del tránsito en dicho punto de conflicto.

6.1.1 Tipos básicos de intersección:

En general, el Capítulo 5 del Proyecto de Normas (DNV, 2010) define 4 tipos básicos de intersecciones a nivel, a saber:

- De tres ramales en T o en Y:



Figura 90: intersecciones de tres ramas. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

- De cuatro ramales en X:

¹⁰ Separaciones de nivel: cruce puro, sin ramas de conexión.

¹¹ Distribuidores: intersecciones sin necesidad de detención en el cruce principal. Priorizan comodidad, seguridad y fluidez del tránsito.

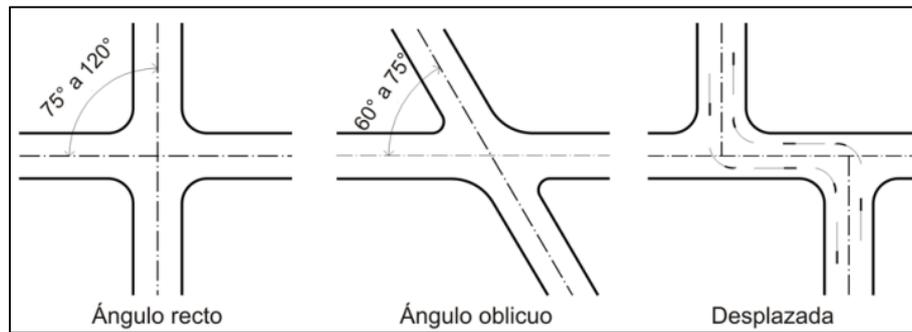


Figura 91: intersecciones de cuatro ramales. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

- Multirramales: que no son recomendadas.

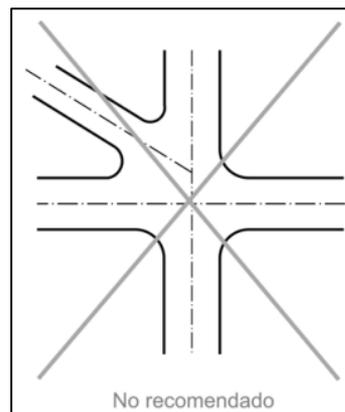


Figura 92: intersecciones multirramal. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

- Rotondas: los vehículos entran en una calzada anular siguiendo la regla general de ceder el paso a los que circulan por el anillo o corona. La cantidad de ramales varía entre tres y cinco.

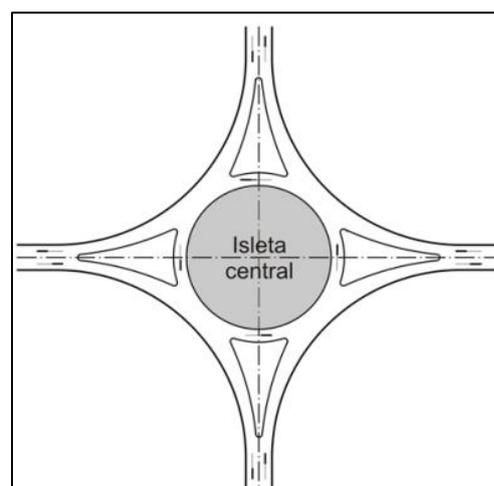


Figura 93: intersecciones tipo rotonda. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

6.1.2 Factores que intervienen en la elección del tipo de intersección:

Tránsito: es el factor fundamental. El volumen de cada ramal que entra en la intersección define el tipo de intersección a emplear. Junto con el volumen de tránsito, se debe tener en cuenta la distribución, si el mismo es tipo “tránsito directo” (continúa por la vía de llegada luego de pasar la intersección) o tipo “tránsito de intercambio” (continúa por la vía que no es prolongación de aquella por la que llegó a la intersección). Otros factores del tránsito que deben considerarse son: composición vehicular, velocidad y movimiento peatonal o de ciclistas.

Entorno físico: afectando a la elección de la intersección factores como la topografía, la jerarquía de las rutas o caminos que se intersectan, el uso y disponibilidad del suelo, las distancias visuales.

Factores económicos: a considerar el costo de construcción, el costo del terreno necesario, el costo de operación de los usuarios del cruce y el costo de los accidentes.

Factores humanos: influyen los hábitos de manejo de los conductores, los tiempos de percepción y reacción, la capacidad para tomar decisiones y el efecto que produce la sorpresa de encontrarse la intersección en el camino.

6.1.3 Principios de diseño:

Conceptualmente, el diseño de una intersección debe abordarse con la idea de ser empleada por un conductor inexperto y no familiarizado con ella, prevaleciendo los criterios de:

- **Sencillez:** los movimientos permitidos deben resultar evidentes y sencillos, dificultando aquellos que se busca prohibir.
- **Uniformidad:** para corresponder a las expectativas del conductor, el diseño de la intersección debe contar con elementos que acompañen los movimientos o maniobras esperables, al igual que debe evitar cambios bruscos de direccionalidad (por ejemplo: distribuidores con una sola salida a la derecha donde de repente se introduce una salida a la izquierda).

En lo relativo al encuentro planimétrico de los ejes de la intersección, el ángulo formado por ambos se sugiere que sea, por lo menos, de 60°, siendo el valor deseable de 90°. Esto asegura una adecuada visibilidad en el cruce para facilitar las decisiones que deba tomar el conductor.



Figura 94: Ángulo entre ejes existentes de las trazas de la ex RN N°7 y la RP N°89. Fuente: elaboración propia.

Puntos de conflicto:

Los puntos de conflicto surgen de la interacción entre vehículos que no posean una circulación paralela. Un nudo o intersección bien proyectada está conformado por un conjunto organizado de ellos.

Los puntos de conflicto representan potencialidad de accidentes, derivada de:

- La configuración de la intersección,
- La ordenación de la circulación, y
- El comportamiento de los usuarios que resultan de ello.

El número de puntos de conflicto aumenta rápidamente con el número de ramales que a la intersección confluyen. Por ende, las condiciones de circulación mejorarán ante menor cantidad de ramales, tratando de no superar el valor de cuatro, según recomienda el Proyecto de Normas (DNV, 2010).

En la Figura 95 se indica la posición y número de los puntos de conflicto en distintas configuraciones de intersecciones y rotondas modernas.

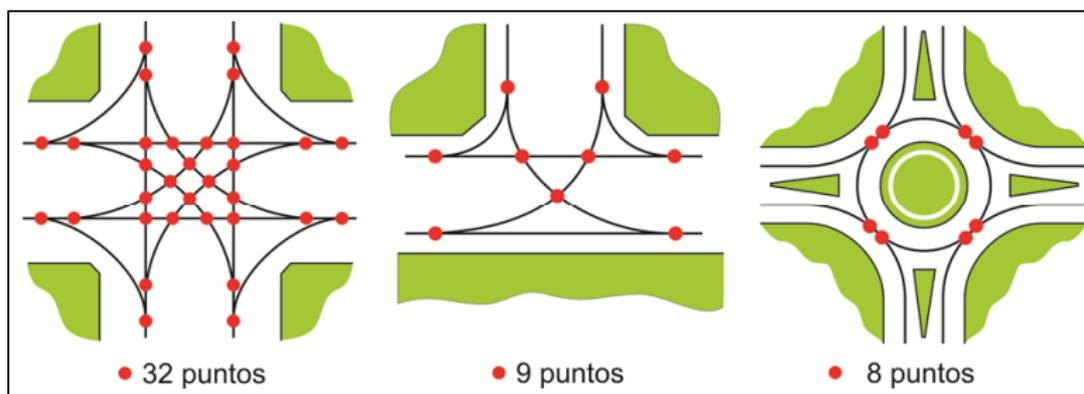


Figura 95: puntos de conflicto en intersecciones y rotondas modernas. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

De la Figura 95 se entiende que las rotondas modernas implican una disposición más ordenada de puntos de conflicto, incluso reduciendo su número, para una situación de 4 ramales.

El Proyecto de Normas (DNV, 2010) sugiere el uso de soluciones que reduzcan el número de puntos de conflicto, sobre todo los generados por las trayectorias de cruce. A su vez, recomienda establecer una circulación giratoria (rotonda) si, como es frecuente en zonas urbanas, todos los tramos son de parecida importancia y no es factor decisivo la reducción de la velocidad al acceder a la intersección.

Otro factor de importancia en la elección de la solución es el concepto de “velocidad relativa” entre dos vehículos que potencialmente se encuentran en un punto de conflicto, lo que afecta directamente a la gravedad de los accidentes. En una convergencia, interesa que el vehículo que se inserta tenga una velocidad paralela a la del vehículo circulante de valor similar, y una velocidad perpendicular lo menor posible. Esto se logra con un ángulo entre trayectorias lo menor posible, con velocidades análogas, situación común en las rotondas modernas.

De igual modo, en las maniobras de divergencia, se busca que las velocidades cuyas trayectorias se separan sean similares, para evitar las colisiones por alcance. Ésta es otra situación común en rotondas modernas.

En la Figura 96 se esquematiza la concepción de la velocidad relativa entre dos trayectorias que se intersectan en un nudo.

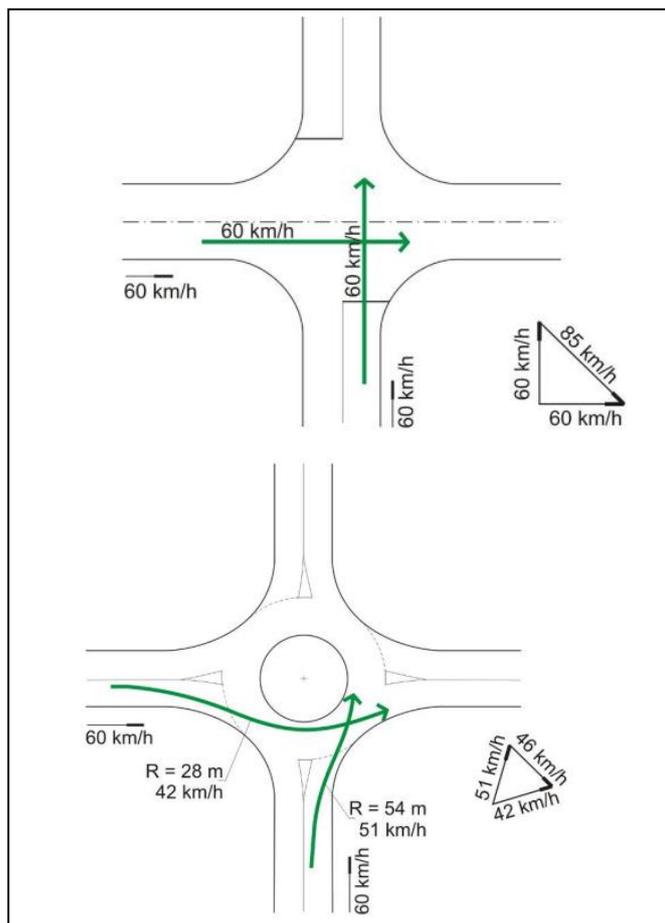


Figura 96: Comparativa de velocidades de llegada y velocidad relativa en una intersección y una rotonda moderna.
Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

Es fácilmente deducible a partir de la Figura 96 que una rotonda moderna genera velocidades relativas mucho menores que una intersección sin elementos de deflexión que adecúen las velocidades y trayectorias de ingreso al nudo. El diseño de dicha curvatura de entrada a la rotonda es clave, ya que si se impone una trayectoria tangencial de entrada al vehículo, la velocidad de ingreso es alta, y por ende mayor será la velocidad relativa, generando accidentes de mayor peligrosidad.

Movimientos de paso y movimientos de giro:

A menos que sean restringidas o imposibles, los vehículos que ingresan a una intersección pueden describir tres trayectorias:

- Un **movimiento de paso**, con una trayectoria que cruza a las demás para continuar una prolongación del tramo de acceso.
- Un **giro a la derecha**, que normalmente describe una trayectoria que no cruza a alguna otra. Según el volumen de giro, su relación con el tránsito principal, la velocidad deseada y el espacio disponible, se puede adoptar un carril de giro sin canalizar, canalizado

(encauzamiento de trayectoria con isletas partidoras, velocidades de hasta 25 km/h), rama de giro (para velocidades mayores a 30 km/h, trayectoria separada de la zona del cruce, en distribuidores), cuñas de transición o carriles de cambio de velocidad.

- Un **giro a la izquierda**, en el que resulta imposible evitar el cruce con alguna otra trayectoria.

La forma de resolver este tipo de conflictos caracteriza a la intersección. Un elevado porcentaje de giros a la izquierda puede estorbar a los movimientos directos, por ende puede tratarse con distintas soluciones en función de los volúmenes de giro: entre no canalizadas, canalizadas con isleta lágrima, canalizada con carril central para espera y giro a la izquierda, carril de giro semidirecto o rotondas.

6.1.4 Tipos de intersección según los valores de TMDA:

Ante la falta de homogeneidad de criterios para la clasificación de intersecciones sugeridas en función del TMDA de las vías intersectadas, se aborda esta sección según lo expuesto por Ruiz et al (2016) en el Trabajo Técnico “Criterios de Prefactibilidad para Diseños de Intersecciones Viales”.

El objeto de dicho estudio es el resumen gráfico del funcionamiento de intersecciones según el TMDA o, conociendo el TMDA futuro, sugerir la tipología de solución para el nudo. Estas tipologías se resumen en la Figura 97.

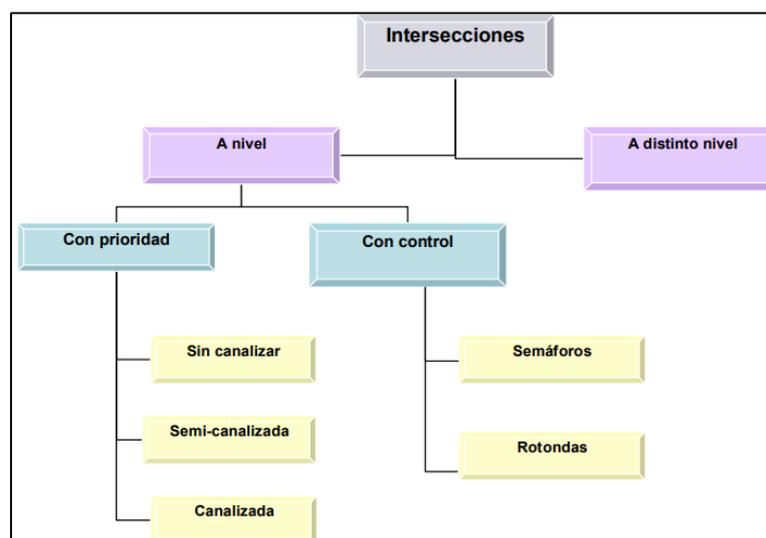


Figura 97: Tipologías de intersecciones. Fuente: Ruiz et al (2016, Criterios de Prefactibilidad para Diseños de Intersecciones Viales).

Según el Trabajo Técnico citado, la metodología de elección se basa en dos pasos:

- Seleccionar la categoría de la intersección, es decir, si será de tipo “con prioridad” o “con control”.

- Seleccionar el tipo de intersección en función de los TMDA de las vías principal y secundaria.

La selección se basa en los siguientes supuestos:

- Las intersecciones prioritarias pueden ser seguras y dar capacidad suficiente para la circulación de determinados volúmenes y límites de velocidad.
- Si una intersección de prioridad no es suficiente para la seguridad y la capacidad, se declina por una intersección controlada.
- Dependiendo de la ubicación, las condiciones de tránsito y los límites de velocidad, se seleccionan los diferentes tipos de intersecciones: con prioridad o controladas.

De las investigaciones de Ruiz et al (2016), se adjunta la Figura 98 que resume las sugerencias de intersecciones para una zona urbana o semi-urbana en función del TMDA de la vía principal y la vía secundaria.

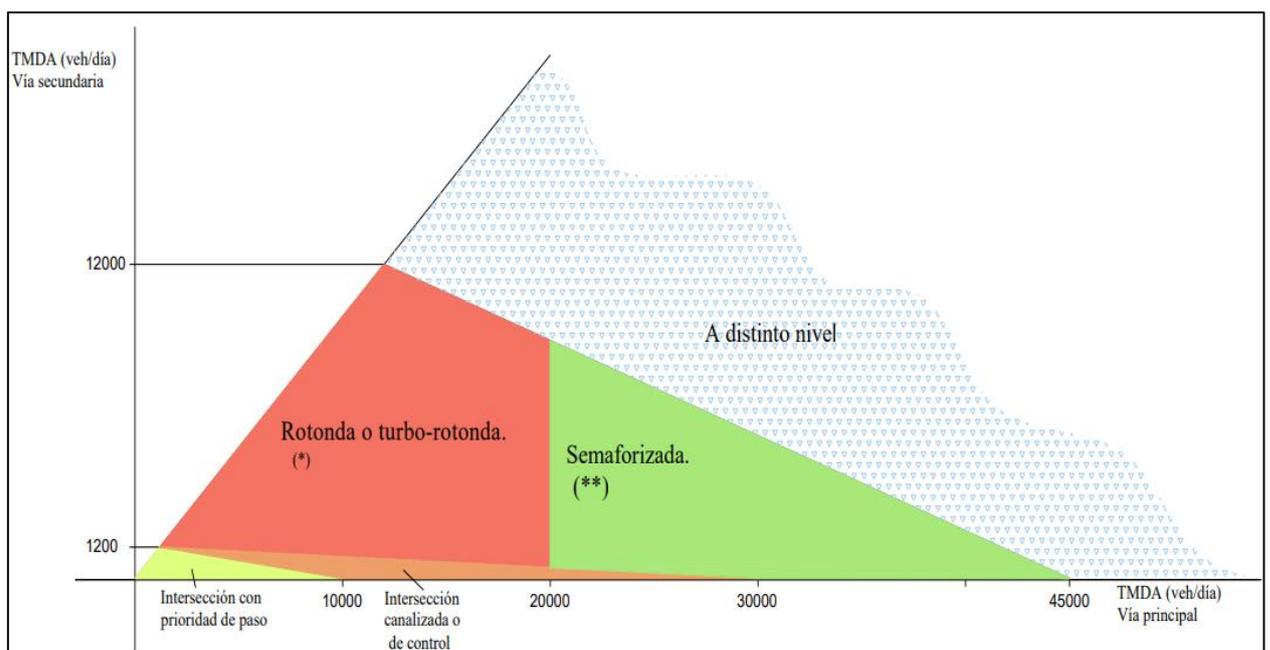


Figura 98: Prefactibilidad de intersecciones en función del TMDA, para zonas urbanas o semi-urbanas. Fuente: Ruiz et al (2016, Criterios de Prefactibilidad para Diseños de Intersecciones Viales).

Es importante destacar que la confección de la Figura 98 responde a un análisis basado en valores de TMDA en vehículos equivalentes, es decir, suponiendo que todo el tránsito está compuesto por vehículos livianos. Este tránsito o “volumen equivalente” se determina aplicando al volumen horario censado o pronosticado una serie de factores correctivos según la homogeneidad del volumen en las horas pico, según el número de carriles de la carretera, y según el porcentaje de vehículos pesados y el conocimiento de los conductores sobre el camino,

es decir, si son usuarios habituales o no. Dentro de dichos factores influyen otros parámetros como la topografía, pendientes de rasante, velocidad de flujo libre, etcétera.

Dicho estudio de un tránsito equivalente excede los alcances y objetivos de esta determinación de la tipología de intersección, pero de forma general, analizando la composición del tránsito en la Av. Los Cóndores (RP89) del Capítulo 3, siendo un porcentaje de livianos de aproximadamente 90%, y de pesados del 10%, se adopta que la transformación teórica de los vehículos pesados en livianos supone un aumento de estos últimos en por lo menos un 40%.

Por otro lado, se requiere estimar el TMDA en la vía principal y en la vía secundaria. Entendiéndose como vía principal a la Av. Los Cóndores (RP89), el valor de TMDA estimado para fin del periodo de diseño es el calculado en el Capítulo 3, con la modificación indicada en el párrafo anterior para ser vehículos equivalentes. Es decir:

$$TMDA_{principal} = 3088 \frac{veh}{día} * 1,40 \cong 4323 \frac{veh}{día}$$

Para estimar el TMDA de la vía secundaria, se procederá a obtener un promedio de los porcentajes de vehículos que circulan por la ex R.N. N°7 – R.P. N°82 (camino del perillago), según los gráficos resumen de maniobras elaborados por el departamento de Planeamiento, de la Dirección Provincial de Vialidad (Mendoza), para la intersección existente.

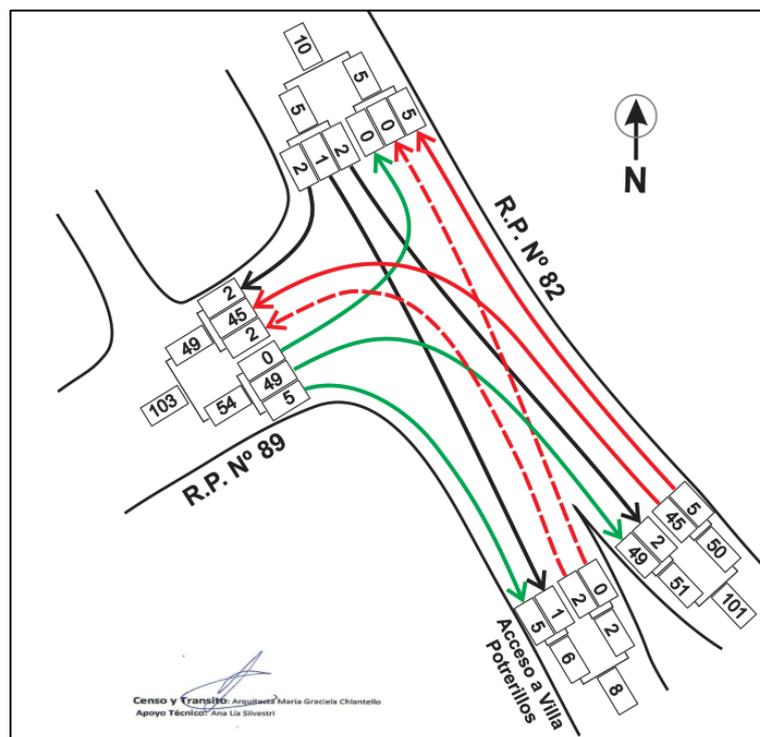


Figura 99: cantidad de vehículos pasantes y con giro a derecha e izquierda en la intersección RP 89 - ex RN 7, viernes 10 de Agosto de 2018. Fuente: Departamento de Planeamiento, DPV (2018).

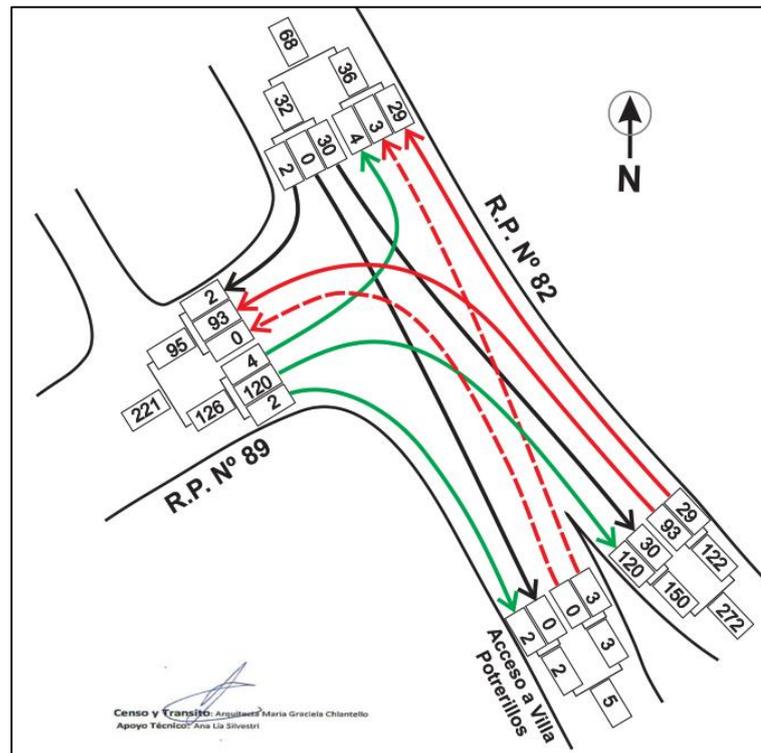


Figura 100: cantidad de vehículos pasantes y con giro a derecha e izquierda en la intersección RP 89 - ex RN 7, sábado 11 de Agosto de 2018. Fuente: Departamento de Planeamiento, DPV (2018).

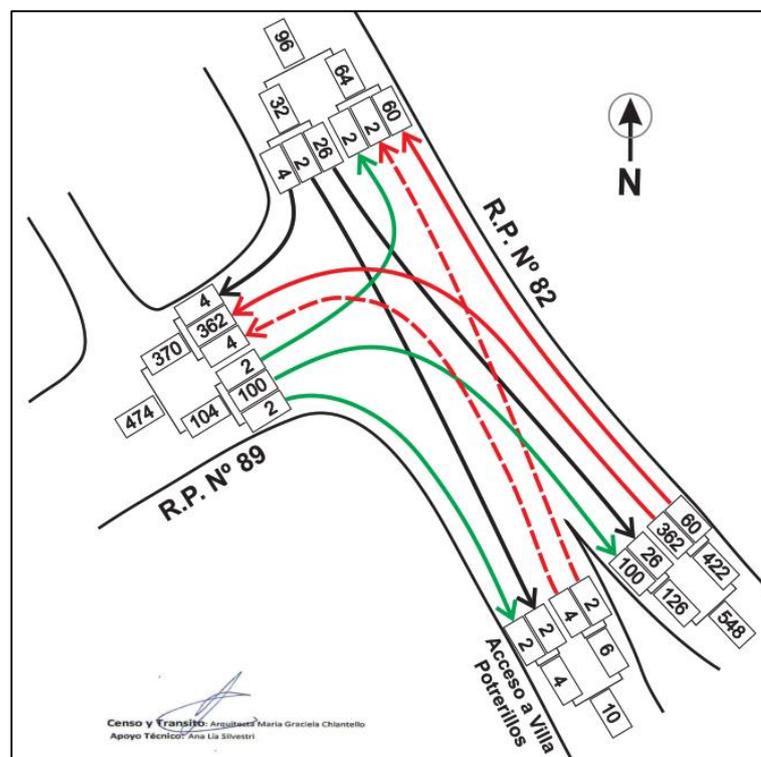


Figura 101: cantidad de vehículos pasantes y con giro a derecha e izquierda en la intersección RP 89 - ex RN 7, domingo 12 de Agosto de 2018. Fuente: Departamento de Planeamiento, DPV (2018).

Las Figuras 99, 100 y 101 corresponden a un conteo visual efectuado un fin de semana del mes de agosto de 2018, durante un periodo de una hora. Se resalta la importancia que se hayan realizado en tal momento de la semana, dado que es cuando el circuito del perilago del Dique Potrerillos y la zona turística de Potrerillos, El Salto, Las Vegas y Vallecitos reciben mayor cantidad de turistas.

En la Figura 99, se observa del conteo que 103 veh/h circulan por la RP 89 y, en sumatoria, 110 veh/h lo hacen por la ex RN 7. Esto hace que el porcentaje relativo entre el segundo tránsito y el primero sea de $(110/103) \times 100 = 107\%$.

En la Figura 100, se observa del conteo que 221 veh/h circulan por la RP 89 y, en sumatoria, 340 veh/h lo hacen por la ex RN 7. Esto hace que el porcentaje relativo entre el segundo tránsito y el primero sea de $(340/221) \times 100 = 154\%$.

En la Figura 101, se observa del conteo que 474 veh/h circulan por la RP 89 y, en sumatoria, 644 veh/h lo hacen por la ex RN 7. Esto hace que el porcentaje relativo entre el segundo tránsito y el primero sea de $(644/474) \times 100 = 136\%$.

En promedio, el porcentaje relativo entre el tránsito de la ex RN 7 y el de la RP 89 es de **132%**.

Aplicando dicho porcentaje al TMDA principal obtenido para la RP 89, se tiene que el TMDA de la vía secundaria es:

$$TMDA_{secundaria} = 4323 \frac{veh}{día} * 1,32 \cong 5706 \frac{veh}{día}$$

Dichos valores estimados de TMDA definen un punto en la Figura 98 de coordenadas (4323; 5706) veh/día. Tal punto se encuentra en la zona de **Rotonda o Turbo-rotonda**.

A modo de complemento, se adjunta una figura similar a la Figura 98 cuyo fin es orientar en la elección del tipo de intersección según los TMDA de las vías principal y secundaria. Esta Figura 102 se ha conformado para el Highway Design Report (SWE Road, 2000).

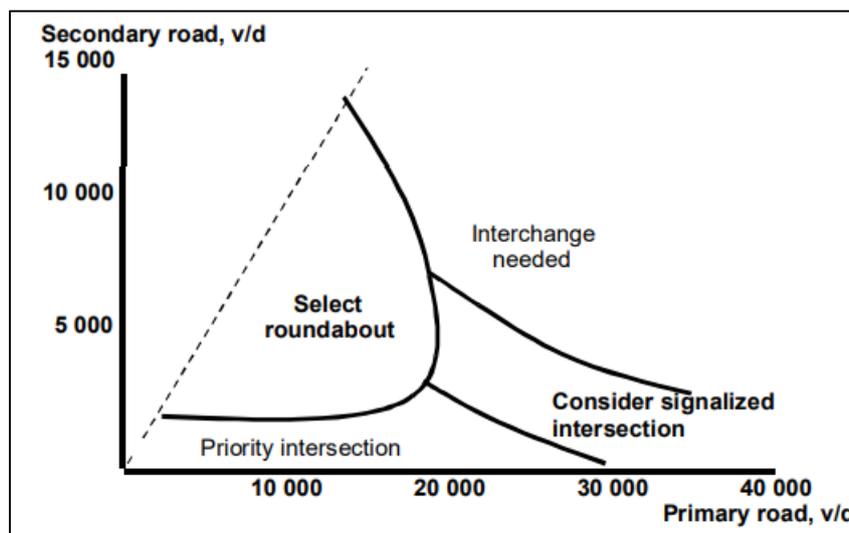


Figura 102: diagrama para la selección de intersecciones señalizadas o giratorias (rotondas) en función del TMDA.
Fuente: SWE Road (2000, Highway Design Report).

Nuevamente, en la Figura 102 se define el punto de coordenadas (4323; 5706) veh/día, resultando en la zona de “seleccionar u optar por rotonda”.

Con la información recabada y el sustento de dichos reportes técnicos, se procede entonces a definir como **prefactibilidad de intersección a una rotonda en la confluencia de la Av. Los Cóndores (RP N° 89) con la ex RN N°7**.

6.2 Diseño de intersección tipo rotonda moderna:

Según el Proyecto de Normas (DNV, 2010), las rotondas modernas son una forma altamente refinada de intersección circular, con diseño y características específicas de control de tránsito. Estas características incluyen el control de Ceda el Paso al tránsito entrante, las aproximaciones canalizadas, las curvas geométricas restrictivas y los anchos de calzada. Se diseñan para controlar la velocidad de viaje, facilitar el intercambio eficaz de los flujos de tránsito y reducir al mínimo el número y gravedad de los choques y conflictos entre vehículos.

En general, una rotonda bien diseñada es el tipo más seguro de una intersección, dada la ventaja que las velocidades relativas de los vehículos son considerablemente más bajas respecto a otro tipo de intersecciones a nivel, tal como se indicaba en la Figura 96.

Las rotondas modernas se caracterizan, en sus generalidades, por:

- Reducir las velocidades relativas de los vehículos conflictivos.
- Implicar requerimientos simples y claros para la toma de decisiones de los conductores.
- Reducir los puntos de conflicto a solo 8 (ver Figura 95, aplicada a una rotonda de 4 ramales).

- Imponer dos “estorbos” deliberadamente diseñados a los conductores que entran en ella: uno reglamentario, que es ceder el paso, y uno geométrico, materializado en la deflexión de la entrada y la trayectoria.

Las deflexiones impuestas limitan físicamente las velocidades de los vehículos, por lo que, de ocurrir un choque, será a baja velocidad y con bajo ángulo de impacto.

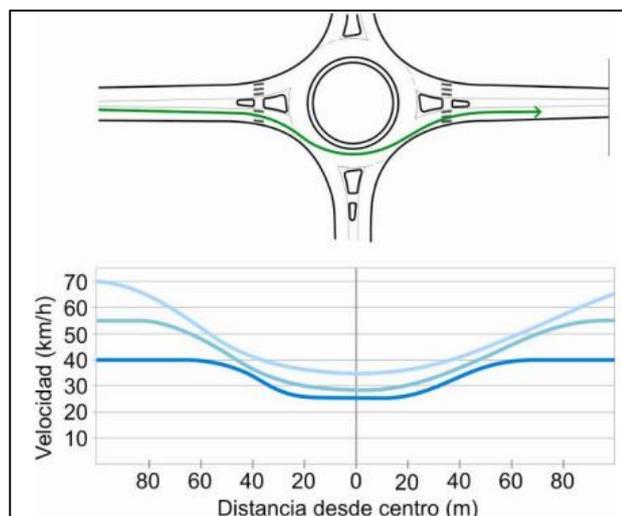


Figura 103: perfiles de velocidades de los vehículos al circular por una rotonda moderna. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

Además de las características anteriormente nombradas, las rotondas modernas suman otras ventajas como:

- Resuelven todos los movimientos posibles en una intersección, incluso los cambios de sentido, y permiten rectificar errores de destino.
- Permiten altos volúmenes de tránsito sin regulación semafórica.
- Resuelven satisfactoriamente las intersecciones de más de 4 ramales.
- Facilitan, por su sencillez y uniformidad de funcionamiento, la comprensión por parte del usuario.
- Son el diseño idóneo para resolver el peligroso giro a la izquierda en las intersecciones.

Aun así, presentan desventajas como:

- No son recomendables en situaciones donde un sistema coordinado de semáforos pueda dar mayor nivel de servicios.
- No son recomendables para trabajar junto con intersecciones previas semaforizadas.
- Los conductores de vehículos pesados de mayor tamaño (WB-20 y mayores), tardan en adaptarse a la forma de circular por ellas cuando son de dos o más carriles.

6.2.1 Criterios generales sobre la ubicación de rotondas modernas:

Medio en que se ubican: resultan especialmente adecuadas para intersecciones en medios suburbanos o periurbanos, transicionando caminos primarios y secundarios.

Número y tipo de ramales: buena adaptación para resolver intersecciones de más de tres ramales.

Condiciones de tránsito: las rotondas modernas están especialmente indicadas en intersecciones donde los giros, sobre todo a la izquierda, suponen un porcentaje importante de todos los movimientos. Según las Figuras 99, 100 y 101, los giros a derecha y a izquierda, según procedan de la Av. Los Cóndores o de la ex RN N°7 respectivamente, son totalmente preponderantes.

Condiciones topográficas: dado que debe prevalecer la visibilidad sobre la intersección, las rotondas modernas deben evitar ubicarse detrás de curvas verticales convexas (o sobre ellas). Se recomiendan en zonas llanas o con leve concavidad.

6.2.2 Diseño geométrico de la rotonda:

Previo a comenzar a definir los parámetros geométricos de la rotonda, se considera necesario aclarar un punto importante respecto a la ubicación de la misma.

Ya que el proyecto de “Reconstrucción de la Ruta Provincial N°89 – Av. Los Cóndores” incluye la construcción de un nuevo puente carretero sobre el Río Blanco, tarea a abordar en forma generalizada en el Capítulo 7, se debe estudiar la nueva traza de aproximación a la intersección que genera dicho proyecto de puente.

Se citará en el mencionado capítulo el informe técnico que la Dirección Provincial de Vialidad de la Provincia de Mendoza ha realizado y elevado al Departamento General de Irrigación sobre el proyecto del puente. En dicho informe, se explicita la planimetría y la altimetría de la obra, que, en conjunto con el planteo planialtimétrico de la Av. Los Cóndores, constituyen una nueva localización de la intersección que actualmente existe entre la avenida y la ex RN N°7.

Dada esta consideración, junto con la necesidad de generar espacio para implantar la rotonda a proyectar, es que se provoca una deflexión en el empalme de la Av. Los Cóndores con la rotonda, la cual surge de un proceso iterativo de ubicación de la intersección.

De la misma manera que la ubicación de la rotonda surge de un proceso iterativo, el proceso de diseño geométrico de la misma así también lo es. La finalidad del diseño es controlar la velocidad del tránsito que entra y circula por la rotonda mediante la deflexión de la trayectoria, y de

umentar la capacidad de entrada mediante el abocinamiento de las ramas de ingreso, por ende se deben proveer los recursos tácticos para lograr tales objetivos.

- **Forma de la rotonda:** se recomiendan isletas de forma circular o ligeramente ovaladas (de excentricidad 0,75 a 1), para evitar inestabilidades en las trayectorias de los vehículos.

Se procede con una rotonda circular

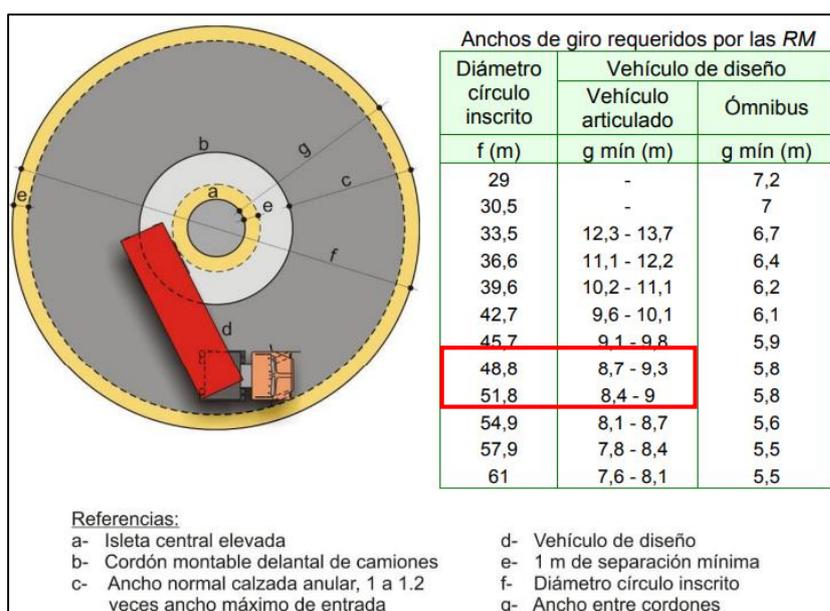
- **Tamaño de la rotonda:** se recomiendan rotondas modernas de tamaño medio, donde los radios se fijan con el objetivo de conseguir una geometría segura de las entradas y evitar excesos de velocidad por trayectorias tangenciales, eso gracias a una clara deflexión. Se adoptan:

Diámetro externo= 51,00 metros

Diámetro interno (de cantero central)= 32,00 metros

- **Ancho de la plataforma circulatoria (calzada anular):** el ancho de circulación se basa en el tamaño de la rotonda y en el vehículo de diseño. Típicamente es 1 a 1,2 veces el ancho de la entrada más ancha. Se condiciona principalmente por la capacidad, y por el sobreaancho necesario en la trayectoria de los camiones. Suponiendo un radio de giro como el radio medio entre el radio exterior y el interior, es decir, $R_{giro} = 21$ metros, con el objeto de permitir el giro de un vehículo articulado, se preadopta según la Tabla 59 extraída del Capítulo 5 del Proyecto de Normas (DNV, 2010):

Tabla 59: Anchos de giro requeridos por la plataforma circulatoria de las rotondas modernas. Recuadrado en rojo, el intervalo donde se encuentra el diámetro externo adoptado. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).



Ancho de calzada anular (sin considerar delantal para camiones)= 8,00 metros

- **Delantal para camiones:** cuando la ampliación del diámetro inscripto está impedida o limitada, puede agregarse un delantal montable en el borde exterior de la isleta central. Esto aporta una superficie pavimentada adicional que admite la sobrehuella de los semirremolques, sin comprometer la deflexión de los vehículos menores. El diseño del delantal debe permitir ser traspasables para los camiones, pero desalentar su uso para los vehículos livianos.

Según el ancho de calzada adoptado en el ítem anterior, y considerando las recomendaciones de la Tabla 59, se adopta:

Ancho de delantal para camiones= 1,50 metros

Que sumado al ancho de la calzada anular da un valor de **g=9,50 metros**, mayor al g_{\min} de la Tabla 59.

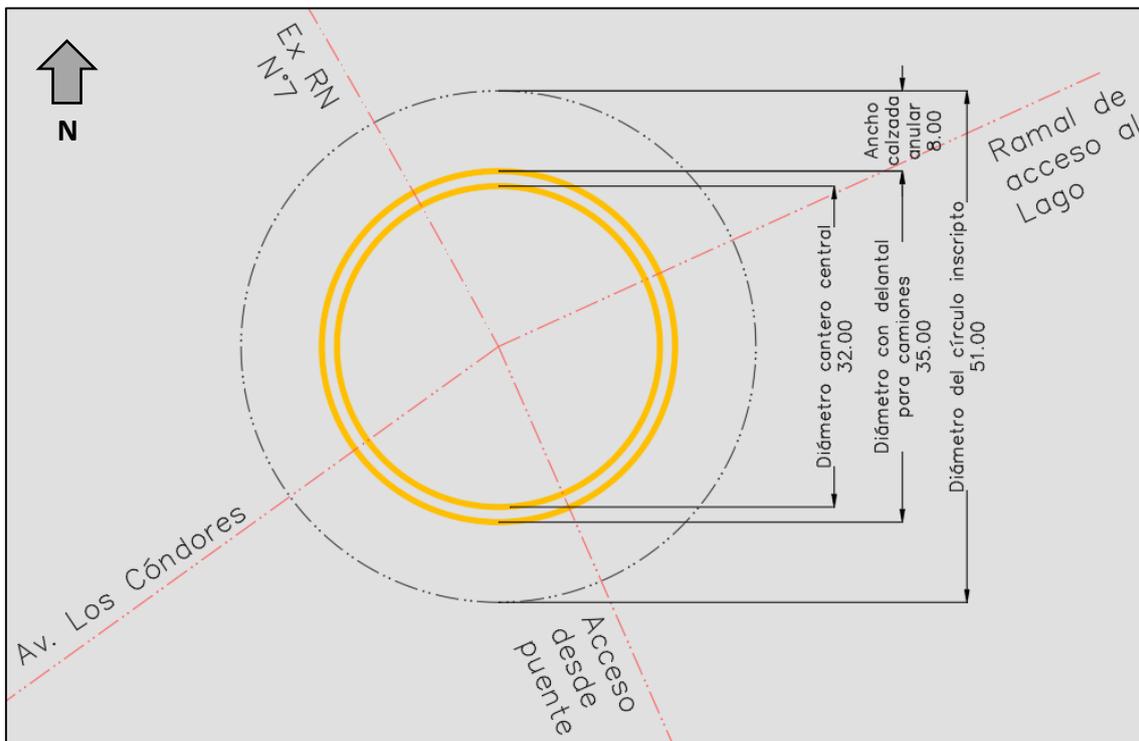


Figura 104: Planteo de anillo de rotonda. En líneas de trazos y puntos rojas, los ejes de las vías que se intersectan en el centroide del anillo. Fuente: elaboración propia.

- **Geometría de las ramas de salida, radios externos de los ramales, ancho de carril:** la disposición equidistante de ramales de entrada y salida es la más recomendada, ya que supone una secuencia repetida y rítmica para las maniobras, favoreciendo su comprensión por parte del conductor. Por otra parte, es recomendable que los ejes de dichos ramales coincidan en el centro de la isleta central, o levemente desviados hacia la izquierda, para aumentar la desviación de entrada.

La geometría de la salida debe tener como objetivo el facilitar que los vehículos abandonen la calzada circular, permitiendo que aceleren por el ramal de salida hasta la velocidad recomendada para el camino al cual se integran. Una medida es el plantear anchos de carril mayores a los de entrada, reduciéndose hasta el ancho de carril tipo del camino. Es habitual plantear anchos de 5,00 metros para un carril de salida. Los radios se recomiendan amplios, para promover la fluidez, de no menos de 20 metros, y de 40 metros o más si el espacio lo permite.

Los radios externos de los ramales de salida deben unir tangencialmente el borde externo del anillo de la rotonda y el borde de calzada. Según el rango de radios anteriormente dicho y los anchos de calzada de las vías que a la rotonda confluyen, se plantean los radios de la Figura 105.

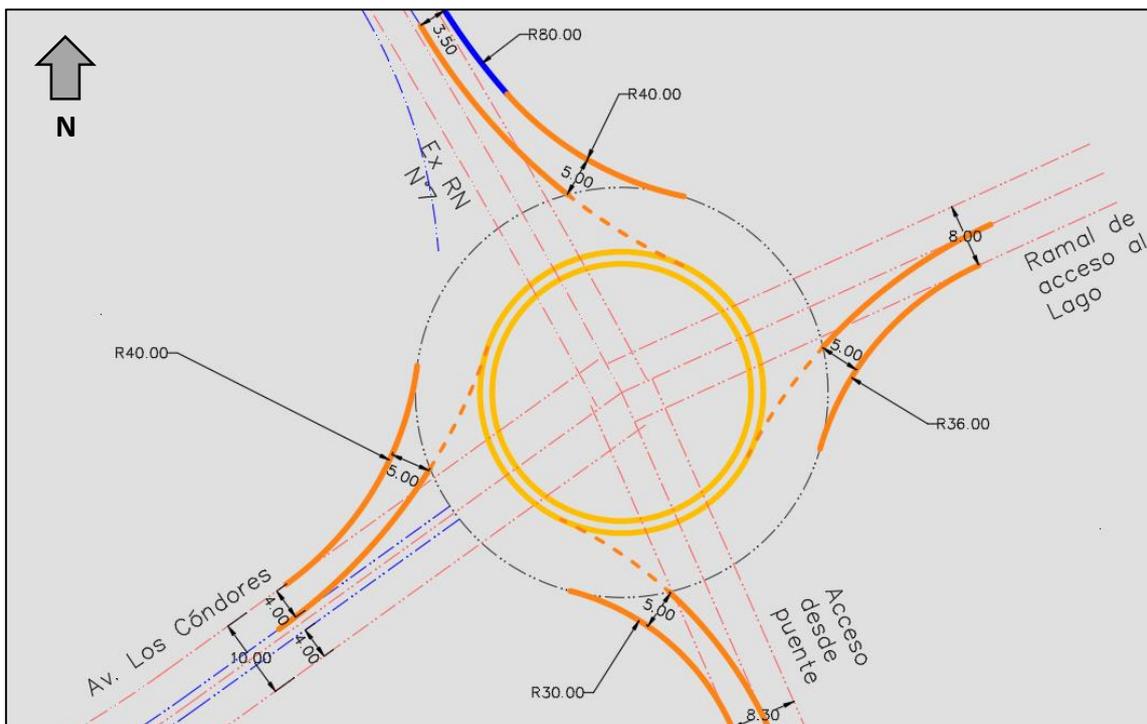


Figura 105: Ramales de salida de la rotonda. Fuente: elaboración propia.

Siguiendo las recomendaciones del Proyecto de Normas (DNV, 2010), para el carril de salida se adopta:

Ancho de carril de salida= 5,00 metros

Este ancho es medido desde el punto de contacto del anillo, desde donde se diseña el borde interno de la rama de salida, tangente al eje de la calzada normal (según corresponda) y al borde interno del anillo. No siempre el borde interno de la rama de salida es tangente al eje de la calzada. En los casos como la salida oeste hacia la Av. Los Cóndores y la salida norte hacia la ex RN N°7, el borde interno se desarrolla hasta lograr

un ancho de 4,00 y 3,50 metros, respectivamente, medidos desde el borde externo de la calzada.

- **Geometría de las ramas de entrada, radios externos de los ramales, ancho de carril:** para advertir al conductor de la presencia de la intersección, conviene que la isleta partidora se inicie con suficiente anticipación y marque un cambio en la alineación del ramal. Esto se recomienda cuando la vía de acceso permite que los conductores desarrollen mayores velocidades previo al ingreso a la rotonda, como es el caso de la Av. Los Cóndores y del tramo de la ex RN N°7.

El Proyecto de Normas (DNV, 2010) sugiere que el ángulo formado entre el eje de la calzada (en carriles indivisos) o el borde interno de la calzada (calzadas divididas) y el punto de contacto con el anillo se forme un ángulo de por lo menos 10°.

La curva circular a la derecha de la rama de entrada impone un ángulo de desviación requerido para disminuir la velocidad. Además, el Proyecto de Normas (DNV, 2010), recomienda anchos de carriles de entrada de entre 4,00 y 4,50 metros.

Siguiendo las citadas recomendaciones, para el carril de entrada se adopta:

Ancho de carril de entrada= 4,20 metros

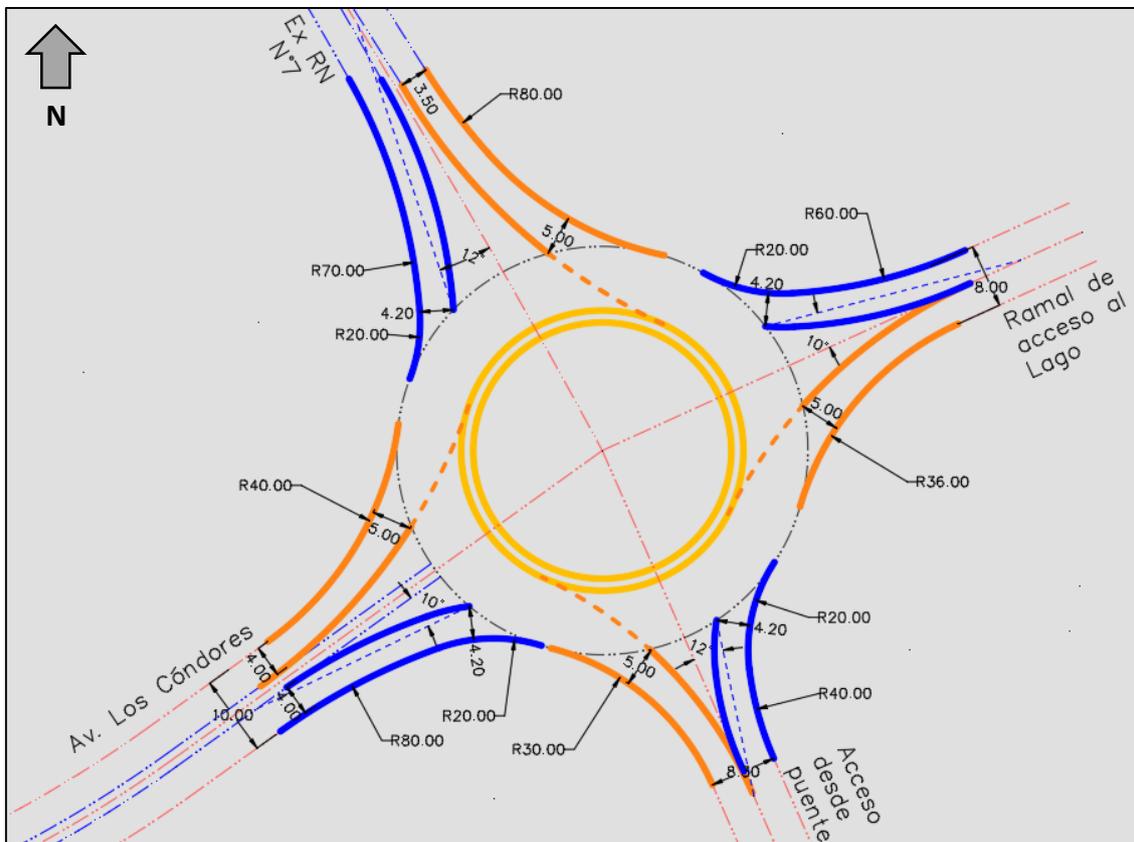
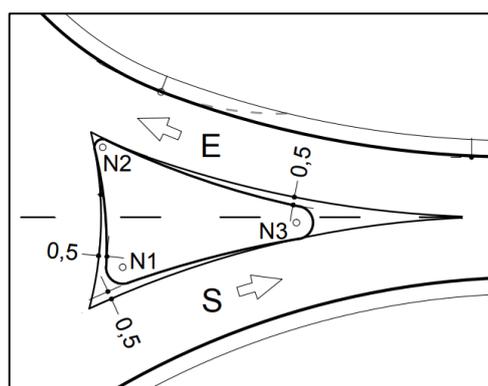


Figura 106: Ramales de entrada a la rotonda, en azul. Fuente: elaboración propia.

- **Isletas partidoras:** estos elementos canalizan la entrada, advierten al conductor de la proximidad de una intersección, aseguran una mínima distancia de separación entre la salida y la entrada de un mismo ramal, sirven de soporte a la señalización vertical, y facilitan refugio para el cruce de peatones. Se debe respetar el mínimo retranqueo del borde de la isleta respecto al borde de calzada de 1,00 metros, en el ingreso a la calzada dividida. Dicho retranqueo se reducirá a 0,50 metros cuando el vértice de la isleta corresponda al fin de la misma, en el sentido que se la recorre. El retranqueo se plantea como una zona neutral para los vehículos (que no pueden emplear), demarcada con pintura amarilla, construida idénticamente a la calzada.

Los vértices de la isleta serán redondeados, con radios de entre 0,50 y 1,00 metros, según lo recomendado en el Proyecto de Normas (DNV, 2010), esquematizado en la Figura 107.

En la Figura 108 se muestran las isletas partidoras proyectadas para canalizar el tránsito ingresante y saliente de la rotonda en cada ramal.



NARIZ	RADIO (m)
N1	1
N2	0,5
N3	1

Figura 107: Esquema en planta de retranqueos de narices de isletas y radios. Los retranqueos de 0,50 metros son los valores mínimos a adoptar, al igual que los radios. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

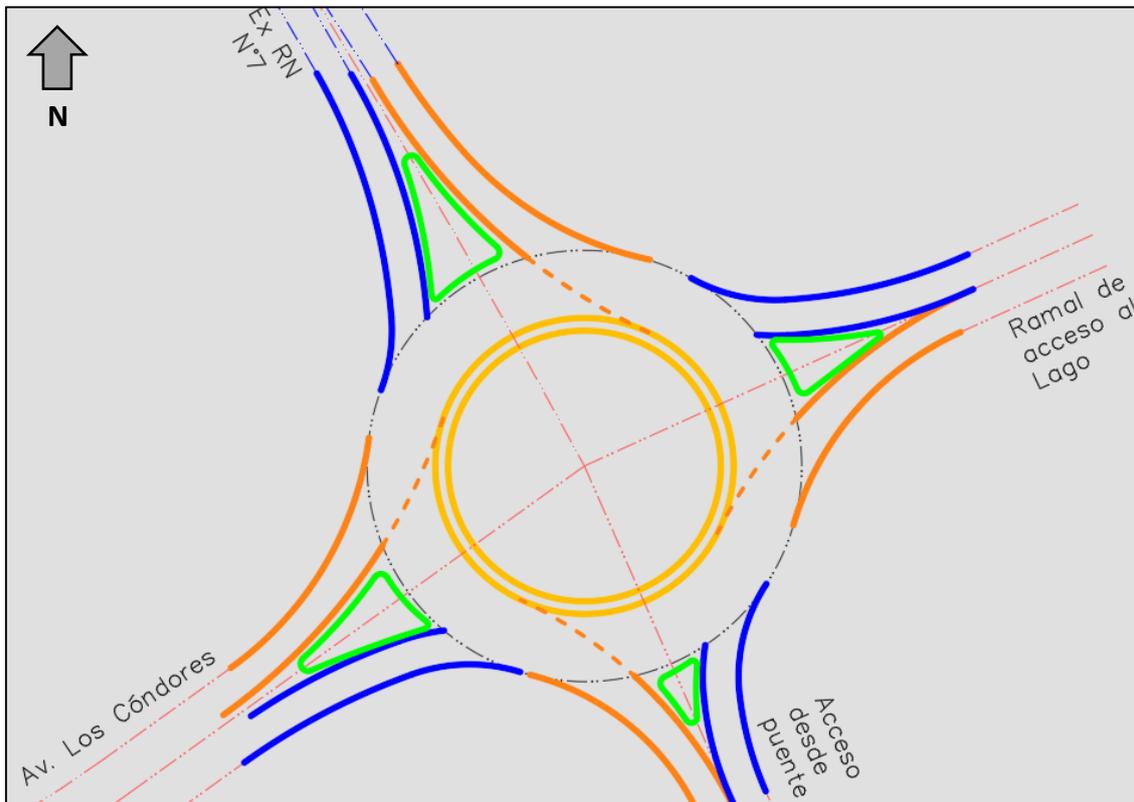


Figura 108: isletas divisorias en los ramales de la rotonda proyectada. Fuente: elaboración propia.

- **Curvas de aproximación:** En las rotondas anticipadas por tramos rectos largos, las velocidades de aproximación son más altas que en calles urbanas o locales, y muchas veces los conductores no esperan encontrar reducciones importantes de velocidad. Es necesario, entonces, que ellos perciban la presencia de la rotonda con buena anticipación como para desacelerar cómodamente. Además de la señalización extra, donde las velocidades de aproximación sean altas, se recomienda un diseño que aliente a los conductores a lentificar su desplazamiento antes de llegar al Ceda el Paso. Se evitará así que toda la reducción de velocidad se logre por medio de la curvatura en la rotonda misma. Una forma para lograr una gradual reducción de velocidad que reduzca los choques traseros en las entradas y minimice las salidas de vehículo en el anillo es usar curvas sucesivas con curvatura creciente (por ende, radios decrecientes hacia la rotonda) en las aproximaciones. Se recomienda limitar a 20 km/h el cambio en la velocidad de operación en sucesivos elementos geométricos.

En orden de aproximación hacia la rotonda se encuentran dos curvas, en los vértices V-2 y V-1, cuyos parámetros geométricos son:

- **V-2:** radio= 400 metros, peralte= 0,00% (bombeo normal); $f_t = 0,14$; lo que admite una velocidad de 80 km/h. **Se adopta una Velocidad Máxima Señalada de 40 km/h.**

- **V-1:** radio= 160 metros, peralte= 4%; ft= 0,14; lo que admite una velocidad de 60 km/h. **Se adopta una Velocidad Máxima Señalizada de 40 km/h.**

- **Velocidad de operación en el anillo de la rotonda:** despejando el valor de la velocidad de la expresión 11 del Capítulo 5 (expresión para el radio de una curva), con los parámetros: radio medio del anillo de la rotonda= 21,50 metros; peralte= -2%; ft= 0,17¹²; se obtiene una velocidad de operación de 20,65 km/h. **Se adopta una Velocidad Máxima Señalizada de 20 km/h.**

- **Perfil longitudinal, altimetría:** para la plataforma circulatoria, el Proyecto de Normas (DNV, 2010) recomienda una pendiente no mayor al 3% y superior al 0,5% para favorecer el drenaje (ver ANEXO de planos). Es preferible situar toda la calzada sobre un mismo plano, es decir, todos los puntos que conforman el anillo exterior de la plataforma deben ser coplanares. Esto evitaría una sucesión de curvas verticales alrededor de todo el anillo, lo que haría incómodo e inseguro el manejo.

Los puntos que gobiernan el plano en donde se debe desarrollar el anillo externo de la rotonda son los de intersección entre tal anillo y los ejes de la calzada que a la intersección convergen.

6.3 Retornos para giros en “U”

6.3.1 Consideraciones generales de diseño

Las carreteras de calzadas divididas necesitan aperturas o interrupciones en las medianas para tanto el tránsito que las necesite cruzar (en caso de intersecciones) como para el tránsito que necesite realizar movimientos de retorno o giro en “U”. Existen numerosos métodos de diseño para acomodar estos movimientos acordes al ancho de la mediana.

Para el caso en estudio, se abordarán consideraciones de diseño para medianas cuya finalidad es proveer el espacio necesario para las maniobras de retorno, y no para movimientos transversales a la calzada como en una intersección.

¹² ft= 0,17.

El valor de “ft” es el que logra hacer congruentes los valores de velocidad entre las expresiones 11 y 12 del Capítulo 5. Despejando de cada ecuación el término del coeficiente “ft” en función de la variable velocidad e igualándolos, se obtiene una ecuación lineal de la que se halla el valor de la variable; los datos fijos son el radio R= 21,50 m y el peralte e= -2%.

De dicha ecuación, se obtiene que la velocidad solución es de V= 20,65 km/h, que define un ft=0,17 según la expresión 12 del Capítulo 5.

Los factores que deben recibir especial consideración en el diseño de los movimientos hacia la izquierda y en los movimientos de retorno son las trayectorias de giro de los diversos vehículos de diseño, en conjunto con la existencia de medianas angostas. Las demandas de las maniobras de giro en “U” en sectores urbanos o de considerable desarrollo comercial también presentan problemas con respecto a la operación eficiente.

En muchas situaciones de trazados urbanos, una de las estrategias más prácticas es la de determinar un movimiento de retorno a través de rodear una manzana. Esta alternativa no siempre es aplicable, especialmente en casos donde no hay un patrón establecido de carreteras como el citado, sin calles existentes que se sitúen paralelas a la vía principal. Incluso cuando existe una red vial que se ajuste a un posible trayecto para rodear la manzana, esta maniobra es en general resistida por la gran mayoría de los conductores. Los volúmenes de tránsito que pasan por cuatro intersecciones y el movimiento hacia la izquierda cruzando la vía principal podría obstaculizar la libre circulación del flujo pasante.

En el proyecto sobre la Av. Los Cóndores (RP 89), se han previsto 3 retornos a ubicarse en las progresivas 1+000, 1+730 y 2+370. La necesidad de emplear estas facilidades recae en algunos aspectos como:

- Prohibición de realizar giros en U sobre la calzada.
- Permitir a los frentistas Norte dirigirse hacia el Este de manera ordenada, desalentando el cruzar el eje de la calzada.
- Brindar accesos puntuales y controlados a espacios recreativos en las márgenes del Río Blanco.
- Acomodar la maniobra de retorno, cada ciertas distancias específicas, en una infraestructura acorde a los vehículos de diseño.

6.3.2 Medianas anchas con cruces para giros en “U”

Los cruces de giro en “U” en la mediana eliminan los giros a la izquierda en las intersecciones y los trasladan fuera de ellas de ser necesario. En dichos cruces, situados en la carretera principal, los conductores giran a la izquierda desde la vía primaria hacia la mediana, haciendo un giro en “U” en una interrupción proyectada a la misma, y luego se incorporan nuevamente a la carretera con una maniobra hacia la derecha (cuando la mediana tiene un ancho tal que admite carriles de giro exclusivo hacia la izquierda y hacia la derecha).

En la Figura 109 se muestra el caso de una intersección entre una vía norte-sur y una oeste-este, siendo meramente ilustrativa para la explicación. Sin embargo se recuerda que el caso a abordar en el proyecto no presenta una intersección, es decir, la vía norte-sur debe ser desestimada.

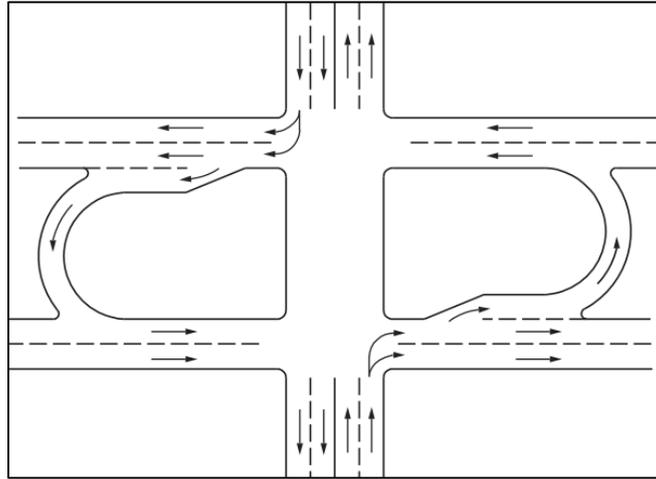


Figura 109: arreglo típico de carriles para maniobras de giro en U con giros indirectos hacia la izquierda en carreteras arteriales con medianas anchas. Fuente: AASHTO (2011, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets).

Debido a su diseño, los cruces con giro en U necesitan una mediana ancha para permitir el movimiento de giro. Pueden ser apropiados en las intersecciones con movimientos importantes a través de la calle principal, con giros a la izquierda bajos a moderados desde la calle principal, giros a la izquierda bajos a moderados desde la calle secundaria (en intersecciones) y cualquier volumen de cruce desde la calle secundaria (en intersecciones).

A continuación se resumen las principales características de diseño de las vías con giro en “U” en la mediana:

- Las vías de giro en “U” en la mediana deben ser diseñadas para acomodar el vehículo de diseño.
- Las longitudes de los carriles de desaceleración y de espera deben ser previstos en base al volumen de diseño y el control de tráfico previsto en la vía de giro en “U” de la mediana.
- La ubicación óptima del carril de giro en “U” es a 200 m de la intersección principal, cuando sea el caso.
- Para acomodar un camión mixto tractor-semirremolque como vehículo de diseño, la mediana en una arteria de cuatro carriles debe tener 18 m de ancho. Si los vehículos de diseño no tienen suficiente espacio para girar, debe añadirse un sobrancho fuera del carril de circulación para que estos vehículos puedan completar la maniobra.

6.3.3 Localización y diseño de carriles para giros en “U”

En algunas carreteras de calzadas divididas se necesitan aperturas en la mediana diseñadas para dar cabida a los vehículos que giran en “U”, además de las aperturas previstas para los

movimientos de cruce y giro a la izquierda (en intersecciones). Las aberturas en la mediana para giros en U se sugieren en las siguientes ubicaciones:

- Ubicaciones más allá de las intersecciones para acomodar los movimientos de giro menores que no están previstos en la zona de intersección. La zona de la intersección principal se mantiene libre para los movimientos de giro importantes, evitando en algunos casos costosas rampas o estructuras adicionales.
- Ubicaciones justo antes de una intersección para acomodar los movimientos de giro en “U” que interferirían con los movimientos de paso y otros giros en la intersección. Cuando una mediana bastante ancha en la carretera que se aproxima a la intersección tiene pocas aberturas, los giros en “U” son necesarios para que los automovilistas accedan a las zonas del borde de la calzada. Adelantar las aberturas para acomodarlos fuera de la intersección propiamente dicha reducirá las interferencias.
- Lugares que se encuentran junto a cruces menores en los que no se permite al tráfico cruzar la carretera principal, sino que debe girar a la derecha, entrar en el flujo de tráfico de paso, girar a la izquierda, girar en U y regresar (como se puede entender en la Figura 109).
- Lugares en los que las aberturas espaciadas regularmente facilitan las operaciones de mantenimiento, la vigilancia, el servicio de reparación de vehículos parados u otras actividades relacionadas con la carretera. Las aberturas con este fin pueden ser necesarias en las carreteras de acceso controlado y en las divididas que atraviesan zonas no urbanizadas.
- Ubicaciones que ocurren en autovías sin control de acceso en las que se proporcionan aberturas de mediana con un espaciado óptimo para servir a los desarrollos de las propiedades frentistas y al mismo tiempo minimizar la presión para futuras aberturas de mediana. En la mayoría de los casos se prefiere una separación de 400 a 800 metros. No es necesario un espaciamiento fijo, ni tampoco es adecuado en todos los casos debido a las variaciones del terreno y las necesidades locales de servicios.

Para un diseño satisfactorio de las maniobras de giro en U, la anchura de la carretera, incluida la mediana, debe ser suficiente para permitir que el vehículo de diseño gire desde un carril auxiliar de giro a la izquierda en la mediana hacia el carril contiguo a la banquina exterior o al cordón exterior de los carriles de tráfico opuestos.

Las medianas de 5 m y 15 m o más de ancho son necesarias para permitir que el tráfico de pasajeros y de camiones de una sola unidad (SU), respectivamente, gire desde el carril interior

(junto a la mediana) de una calzada hacia el carril exterior de una calzada opuesta de dos carriles. Además, es muy conveniente que haya un carril de giro a la izquierda en la mediana antes de la apertura del giro en “U” para evitar que se detenga en los carriles de paso. Este esquema aumentaría la anchura de la mediana en aproximadamente 3,60 m (dependiendo del ancho de carril adoptado).

Cuando se propongan aperturas de giro en U para el acceso al lado opuesto de una calle dividida de varios carriles, deberán situarse entre 15 y 30 metros antes del siguiente carril de giro a la izquierda.

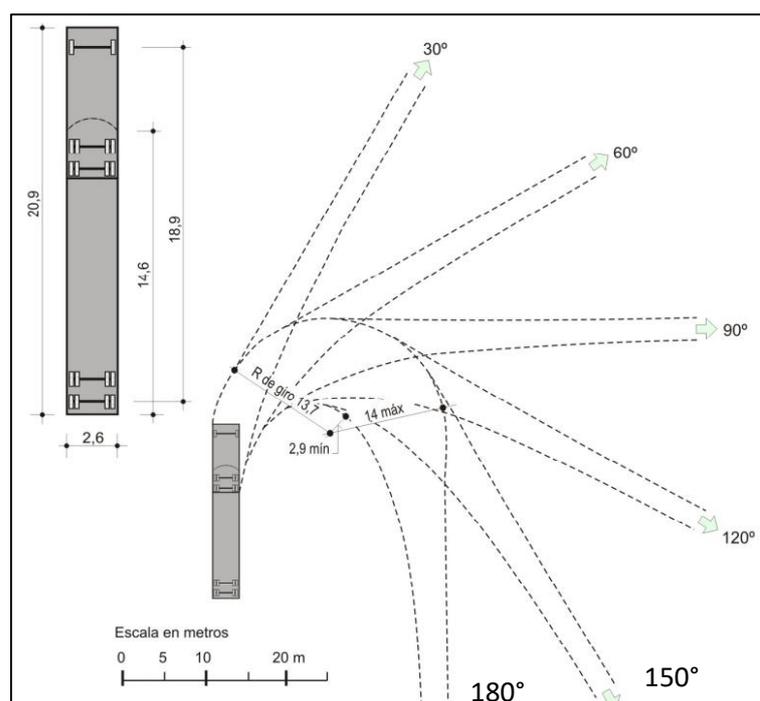
Normalmente, los giros en “U” no deberían permitirse desde los carriles de paso (carril izquierdo). Sin embargo, cuando las medianas tienen una anchura adecuada para proteger a un vehículo detenido en la apertura de la mediana, los volúmenes de paso son bajos y los giros a la izquierda/en “U” son poco frecuentes, este tipo de diseño puede permitirse. Los anchos mínimos de la mediana para acomodar los giros en U de los diferentes vehículos de diseño que giran desde el carril adyacente a la mediana se dan en la Tabla 60. Estas dimensiones son para una instalación de cuatro carriles divididos. Si el giro en U se realiza desde un carril de giro a la izquierda/giro en “U”, el ancho necesario es el del separador; el ancho total de la mediana necesario incluiría 3,6 m adicionales para un solo carril de giro en la mediana.

Tabla 60: medidas geométricas mínimas para el diseño de giros en U en medianas. Fuente: AASHTO (2011, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets).

		Metric						
		M—Minimum Width of Median (m) for Design Vehicle						
		P	WB-12	SU-9	BUS	SU-12	WB-19	WB-20
Type of Maneuver		Length of Design Vehicle (m)						
		5.7	15.0	9.0	12.0	12.0	21.0	22.4
Inner Lane to Inner Lane		9	18	19	19	23	21	21
Inner Lane to Outer Lane		5	15	15	16	19	17	17
Inner Lane to Shoulder		2	12	12	12	16	14	14

En la Tabla 60 se observan los valores mínimos recomendados para el ancho de la mediana cuando en ella se practica la apertura de un carril para giros en “U”. La condición más crítica es la de giro en “U” desde un carril interno a otro carril interno de la calzada de sentido opuesto, donde para vehículos de diseño del tipo WB-19 o WB-20 se precisan anchos de mediana de 21 metros como mínimo.

En el capítulo 5 se definió como vehículo de diseño para el proyecto de reconstrucción de la Av. Los Cóndores, en intersecciones, el WB-19. Según la Tabla 60 el ancho de mediana para vehículos de carga WB-19 es de $M= 21$ metros. Las dimensiones de la unidad y las mínimas de giro correspondientes a cada caso se indican en la Figura 110.



Unidad WB-19

Figura 110: Trayectorias mínimas para vehículo tipo WB-19. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (2010, Proyecto de Normas).

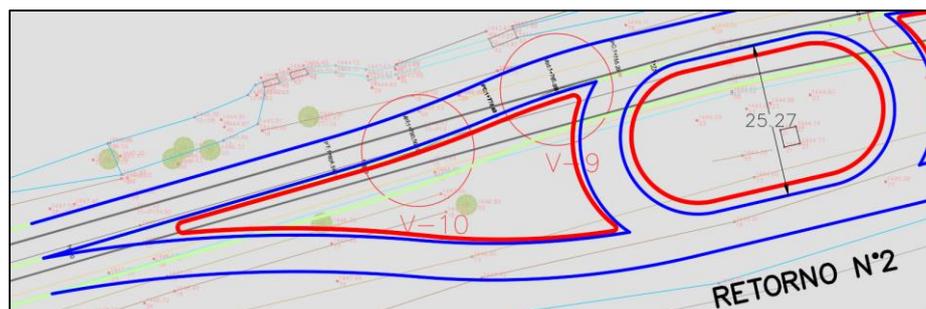
En la Figura 110 se indican las trayectorias mínimas que realizan las ruedas del vehículo de diseño ante el giro en ciertos ángulos. Siendo el caso estudiado el de la maniobra para giro en U, se entiende que dicho ángulo será 180°, el de mayor exigencia dimensional para el carril que acomode dicha maniobra.

Adoptando como medida mínima de ancho de mediana la indicada en Tabla 60, para el vehículo WB-19 se definen los retornos a ser ubicados en las progresivas 1+000, 1+730 y 2+370. Para

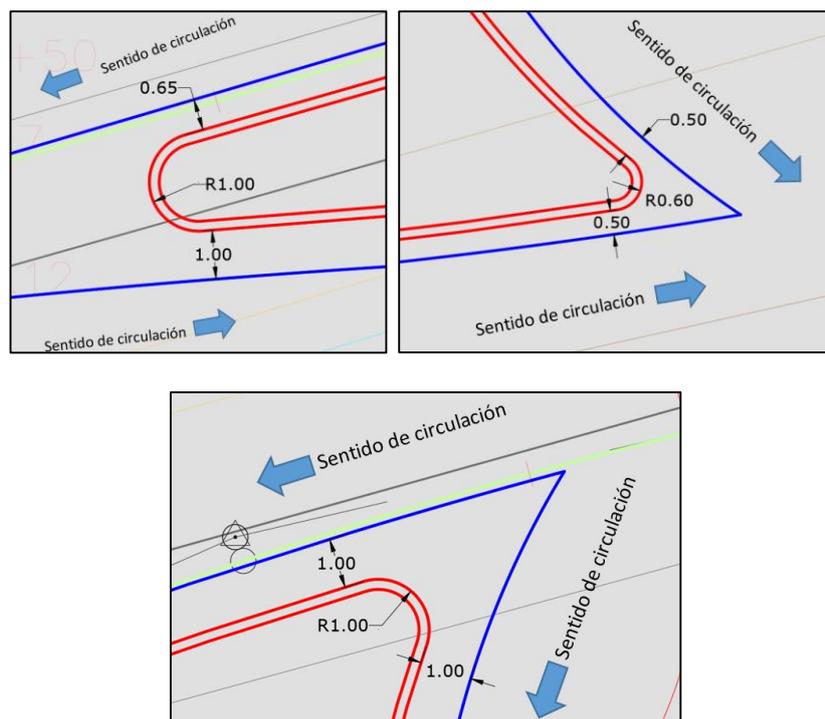
poder practicar la apertura en la mediana donde alojar el carril de giro en U, se debe realizar una separación de las calzadas, instalando entre ellas una isleta partidora¹³.

La configuración geométrica de las isletas partidoras respeta las condiciones explicadas para la intersección rotonda, a inicios de este capítulo

En las Figuras 112 se ilustra el diseño de las isletas partidoras, que dividen a las calzadas en un ancho correspondiente a la mediana que alojará el carril de giro en U.



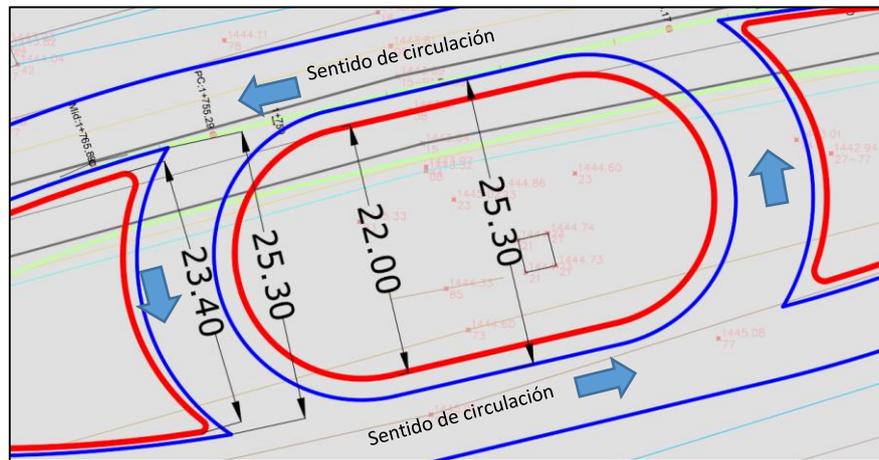
En rojo, el borde del cordón que conforma la isleta. En azul, el borde de calzada desde el cual se retranquean los bordes de la isleta, para definir su geometría.



Retranqueos y radios de vértices para los cordones de borde de las isletas partidoras.

Figura 111: Diseño de las isletas partidoras. Fuente: Elaboración propia

¹³ Isletas partidoras: según define el Green Book de la AASHTO (2011), las isletas partidoras se introducen en calzadas no divididas para alertar a los conductores sobre la presencia de cruces de calzada, control de tráfico en las intersecciones u ordenamiento del flujo. Son muy ventajosas para ubicar giros en U.



Dimensiones en planta del ancho logrado por la división de calzadas a través de la isleta partidora. Se define una mediana de ancho 22,00 metros, incrementado a 25,30 metros al considerar la zona neutral para vehículos (que luego será demarcada con pintura amarilla).

Figura 112: Dimensiones básicas en planta para las isletas partidoras y mediana en el Retorno N°2, progresiva 1+730 aproximadamente. Fuente: elaboración propia.

Verificación de dimensiones:

Como parte del diseño de los retornos, se procede a realizar la verificación de las dimensiones adoptadas. Para este proceso, se empleará la extensión "Vehicle Tracking" del software Civil 3D de Autodesk. Dicha extensión posee en su biblioteca los diversos vehículos tipo de la normativa AASHTO, como el WB-19, adoptado para el diseño de las intersecciones y retornos. Gracias al dinamismo de Vehicle Tracking, se puede realizar el barrido de las trayectorias de las ruedas del WB-19 al realizar la maniobra de retorno, estudiando si dicha trayectoria se acomoda en los carriles dispuestos.

En la Figura 113 se indican representativamente las dimensiones a tener en cuenta durante la verificación:

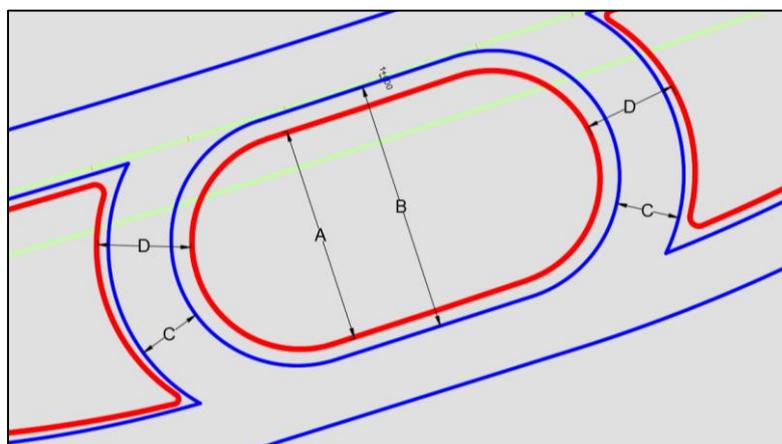


Figura 113: Dimensiones a verificar por las trayectorias del vehículo WB-19 en Vehicle Traking, al realizar la maniobra de giro en U en cada retorno. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 113:

- A: ancho físico de la mediana.
- B: ancho de circulación restringida. Al ancho A de la mediana se suman los anchos de la zona neutral para vehículos, zona que restringe su uso solamente como sobrecancho.
- C: ancho libre del carril de giro en U, comprendido entre las demarcaciones horizontales de borde.
- D: ancho útil, que comprende el libre más las extensiones de zonas neutrales para vehículos, concebidas como sobrecanchos de uso ocasional.

En la Tabla 61 se resumen las dimensiones anteriormente indicadas en la Figura 113, para cada uno de los retornos. Se indica también si las dimensiones han verificado ante la maniobra de giro en U, el problema detectado, y la solución adoptada. Finalmente, se detallan las nuevas medidas y su verificación.

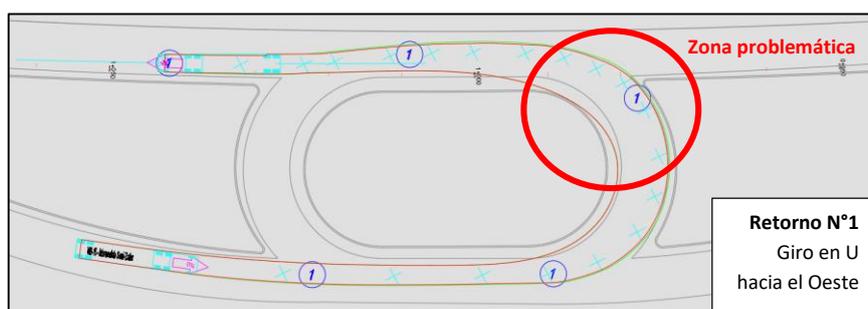
Tabla 61: Verificación y redimensionado de los carriles de giro en U para cada retorno. Fuente: elaboración propia.

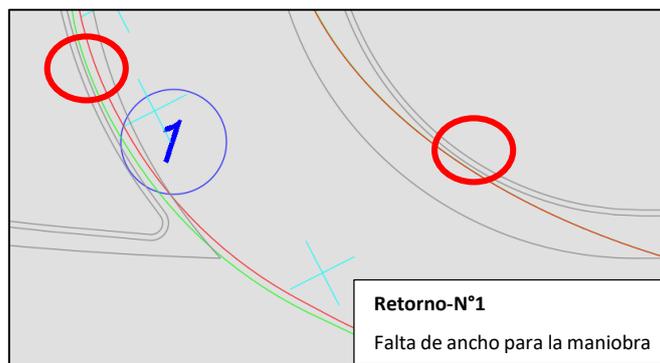
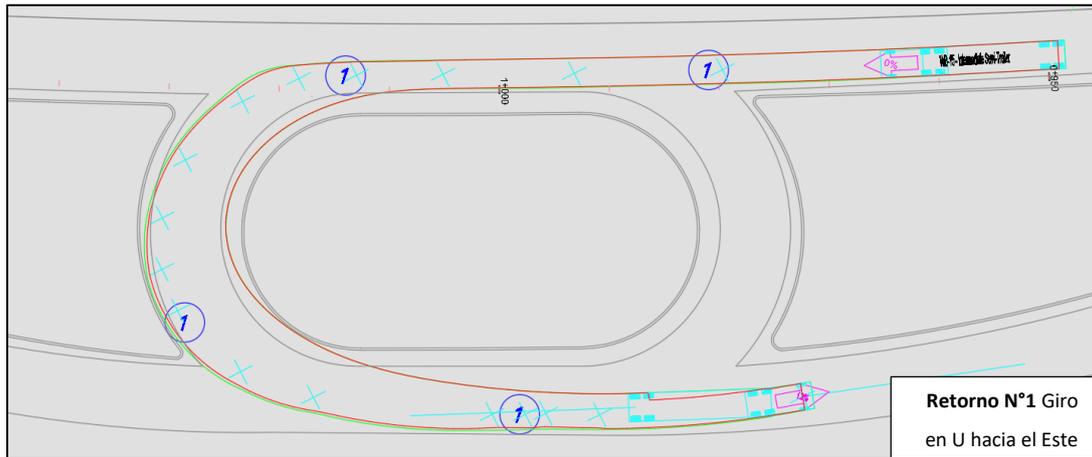
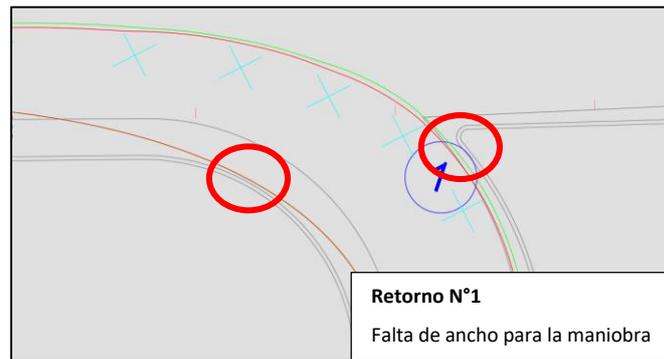
RETORNO N°	PROGRESIVA	DIMENSIONES INICIALES								PROBLEMÁTICA	PROPUESTA
		A [m]	¿Verifica?	B [m]	¿Verifica?	C [m]	¿Verifica?	D [m]	¿Verifica?		
1	1+000.00	22	SÍ (1)	25	SÍ (1)	6.15	SÍ	8.9	NO	Trayectoria de ruedas traseras muy limitada por el cordón de la isleta central.	Retranqueo de 0,50 metros del borde de la isleta central.
2	1+730.00	22	SÍ (1)	25	SÍ (1)	6.45	SÍ	9	SÍ		
3	2+370.00	22	SÍ (1)	25	SÍ (1)	6.6	SÍ	9	SÍ		
RETORNO N°	PROGRESIVA	DIMENSIONES MODIFICADAS									
		A [m]	¿Verifica?	B [m]	¿Verifica?	C [m]	¿Verifica?	D [m]	¿Verifica?		
1	1+000.00	22	SÍ (1)	25	SÍ (1)	6.15	SÍ	9.3	SÍ		

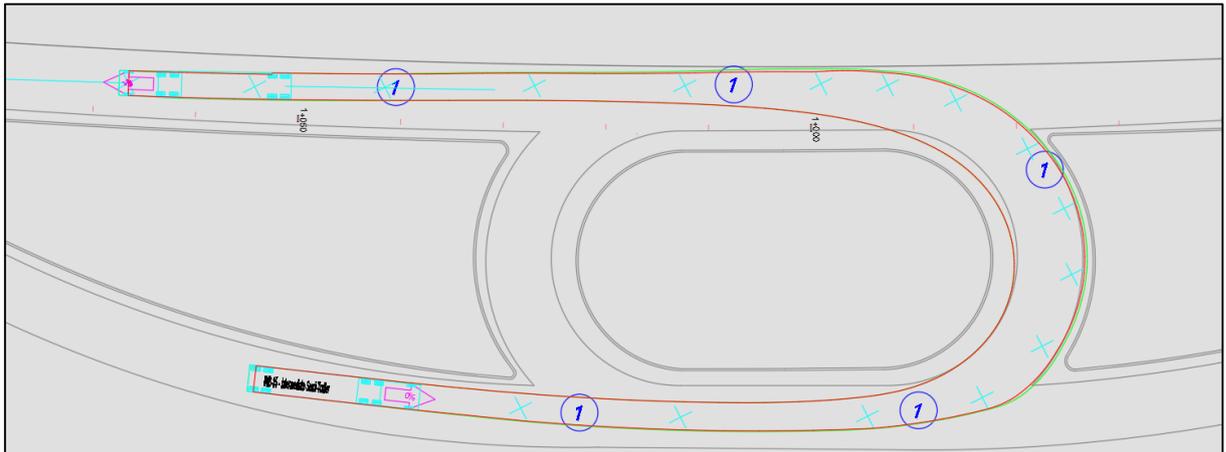
REFERENCIAS

(1) - Medida según requerimientos mínimos para el diseño de giros en U en medianas, Green Book, AASHTO, 2011.

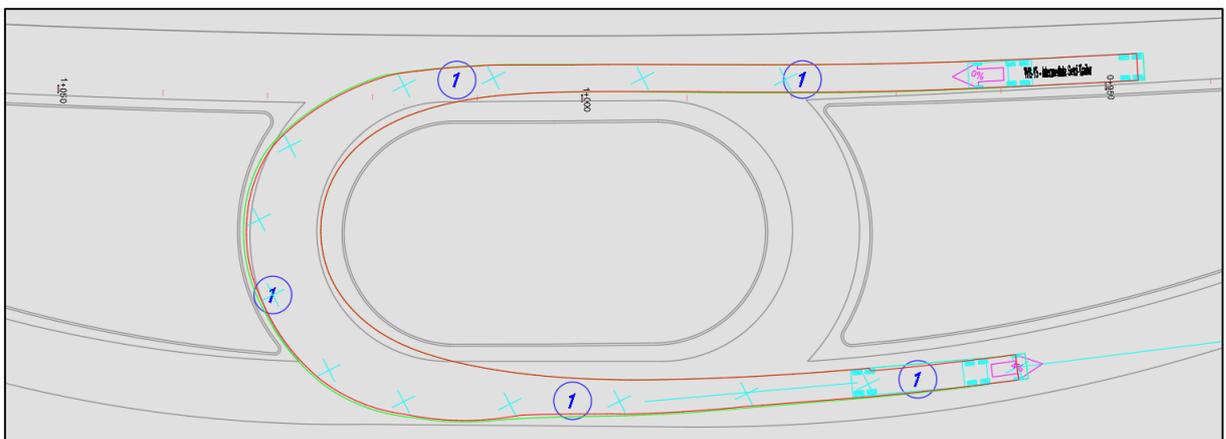
Se adjuntan en las Figuras 114 una serie de imágenes que detallan la trayectoria de giro del vehículo de diseño WB-19 en cada retorno, diseñadas con la extensión Vehicle Tracking, que facilitan la comprensión de cada verificación y su posterior redimensionado.



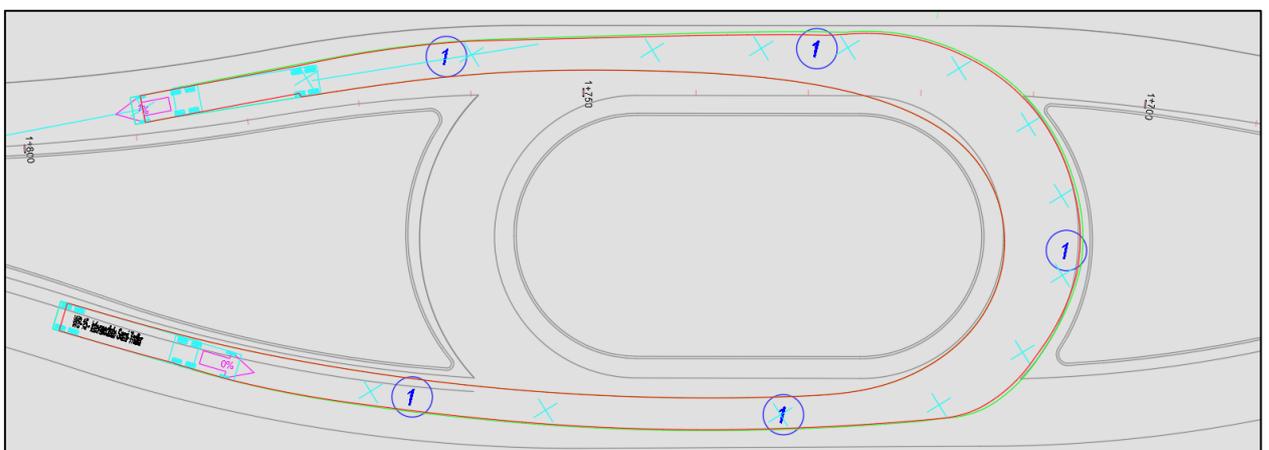




Retorno N°1 Redimensionado - Giro en U hacia el Oeste – borde de isleta retranqueado – ya no se observan problemas en la maniobra.



Retorno N°1 Redimensionado - Giro en U hacia el Este – borde de isleta retranqueado – ya no se observan problemas en la maniobra.



Retorno N°2 - Giro en U hacia el Oeste – no se observan problemáticas en la maniobra

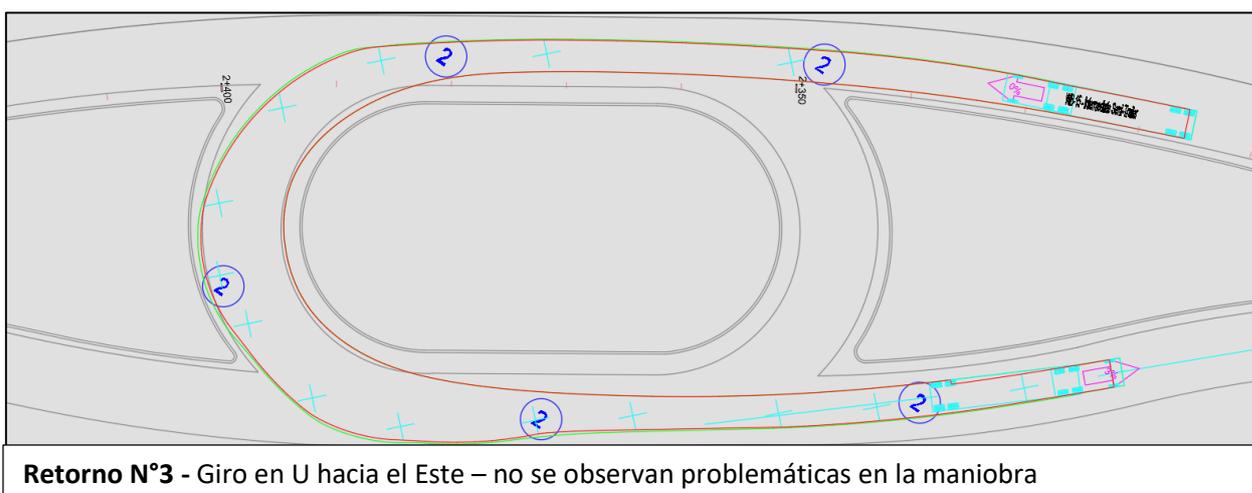
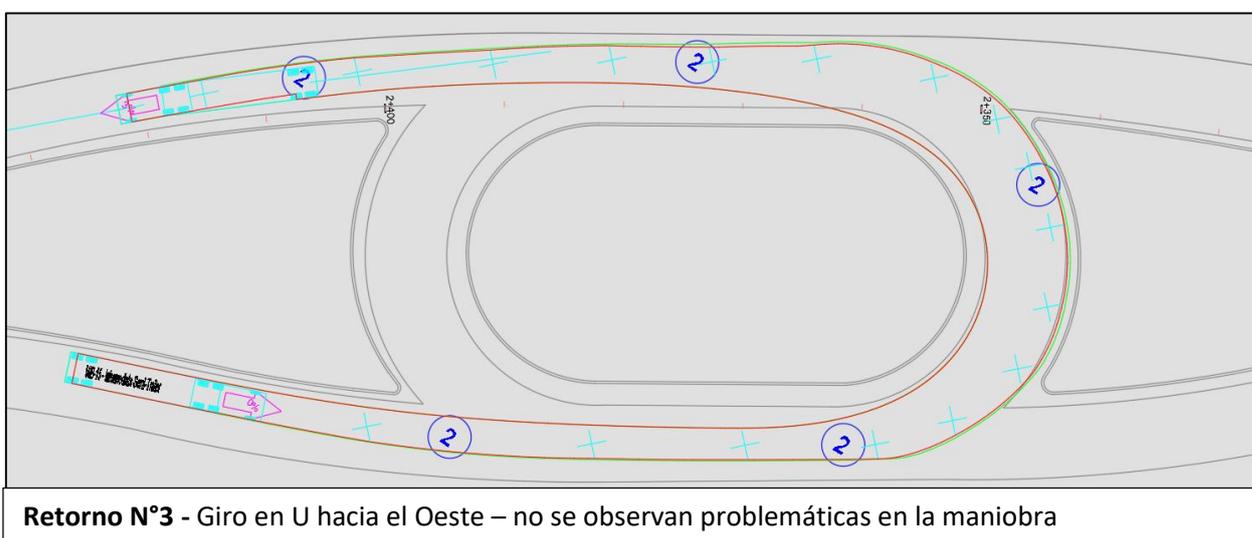
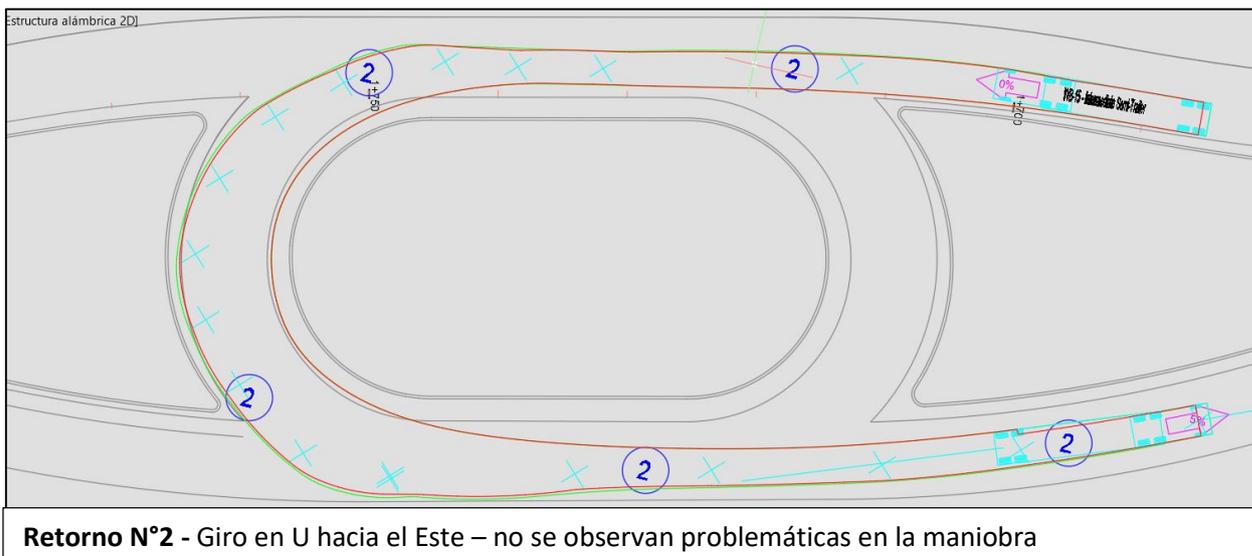


Figura 114: Verificación de las trayectorias del vehículo de diseño WB-19 para la maniobra de giro en U en cada retorno, redimensionado de casos problemáticos y nueva verificación. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 115 se ilustra el vehículo de diseño para la verificación del retorno, WB-19, con sus dimensiones características, según lo define la normativa norteamericana de la AASHTO 2011.

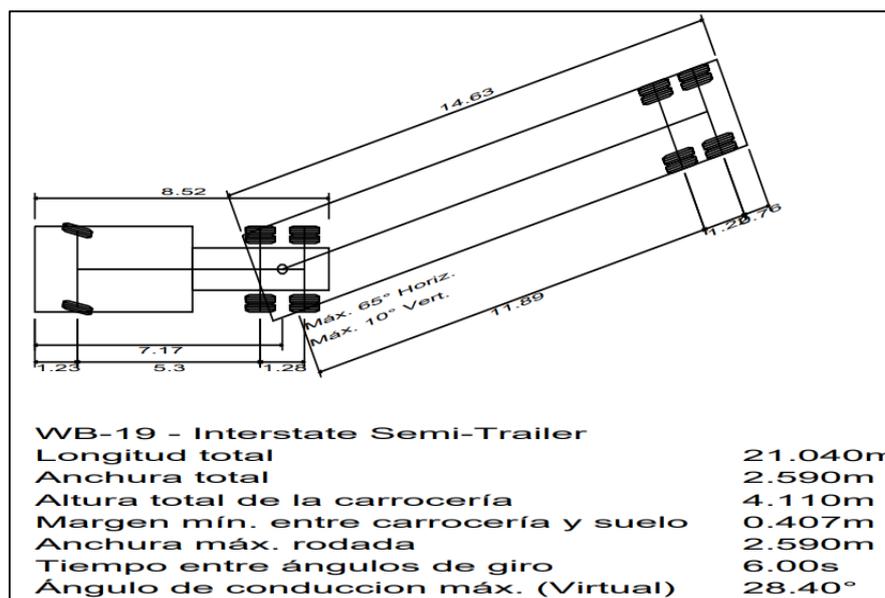


Figura 115: Vehículo de diseño WB-19 para la verificación de las maniobras en los retornos. Fuente: biblioteca de Vehicle Tracking, Autodesk.

Radio de curvatura:

Dado que se impone un cambio importante en la forma de la calzada, añadiendo la posibilidad de hacer un cambio de dirección con el carril de giro en “U”, se debe adecuar el comportamiento del conductor en su aproximación al retorno. Siendo un trazado de características urbanas, con constante señalización y elementos de presión psicológica sobre el conductor, se entiende que los usuarios no desarrollarán altas velocidades. Sin embargo es necesario que perciban la necesidad de reducir su velocidad para adecuarse a la de operación del retorno y es por ello que se vale el proyecto de modificar las curvaturas de las ramas de entrada.

La estrategia es utilizar curvas sucesivas con curvatura creciente, es decir, con radios sucesivamente menores (entendiendo a la curvatura como la inversa del radio). Es recomendable emplear radios consecutivos cuya variación de velocidad no supere los 20 km/h.

En la Tabla 62 se detallan, para cada retorno, los radios de curva empleados para reducir la velocidad de ingreso. Se recuerda que la velocidad de diseño del tramo básico es de 80 km/h. Además de las modificaciones en el trazado geométrico, este cambio de velocidades debe ser producto de una correcta disposición de señales verticales y de demarcación horizontal.

Tabla 62: Radios de curvatura sucesivos en los ramales de ingreso a los retornos. La “Curva 1” es la primera que encuentran los usuarios al ingresar al ramal, seguida por la “Curva 2”, inmediata anterior al inicio del espacio de retorno. Fuente: elaboración propia.

	Curva	Radio de Curva [m]	Peralte [%]	Coef. Fricción Transversal	Velocidad asociada [km/h]	
Retorno N°1	Ingreso Este-Oeste	1	122	1,5%	0,16	52,07
	Ingreso Oeste-Este	1	187	1,5%	0,16	64,47
Retorno N°2		2	132	1,5%	0,16	54,16
	Ingreso Este-Oeste	1	200	1,5%	0,16	66,67
		2	120	1,5%	0,16	51,64
	Ingreso Oeste-Este	1	222	1,5%	0,16	70,24
Retorno N°3		2	143	1,5%	0,16	56,38
	Ingreso Este-Oeste	1	200	1,5%	0,16	66,67
	Ingreso Oeste-Este	1	191	1,5%	0,16	65,15
	2	163	1,5%	0,16	60,19	

En la Tabla 62 se indican velocidades calculadas al despejar la velocidad de la expresión 13, del radio mínimo absoluto, en el Capítulo 5.

En resumen, de la Tabla 62 se observa que la velocidad mínima asociada a los retornos es de, aproximadamente, 50 km/h. Ésta es una velocidad de diseño, por lo cual **se permitirá como velocidad máxima la señalizada de 40 km/h para aproximarse al mismo, y de 20 km/h para circular por él.** Se deberá entonces colocar la señalización vertical y la demarcación horizontal correspondiente para la transición de velocidades.

Complementos para peatones:

En el planeamiento y diseño de los retornos debería darse especial consideración a los movimientos de los peatones. Las rotondas y retornos resultan para los peatones por lo menos tan seguros como las otras formas de control de intersección. Es frecuente una reducción de los accidentes con víctimas de peatones porque son capaces de cruzar un sentido de tránsito por vez haciendo escala en las isletas partidoras o isletas centrales (cruce por etapas). Además, las velocidades restringidas de los vehículos contribuyen a la seguridad.

Es importante no dar a los peatones una falsa sensación de seguridad pintando sendas peatonales través de las entradas y salidas, sino más bien alentarlos a identificar y aceptar claros en el tránsito y cruzar cuando sea seguro hacerlo y en los lugares especialmente señalizados.

Para realzar la seguridad peatonal se recomienda:

- Reducir las velocidades de aproximación de los vehículos mediante la provisión de una adecuada deflexión en cada acceso.

- Diseñar isletas partidoras como lo permite el lugar.
- Proveer iluminación.
- Ubicar las señales y la vegetación de modo de no obstaculizar la visión de los niños peatones.

CAPÍTULO 7 – OBRAS DE ARTE MAYORES.

En el presente capítulo se hace alusión al estado de 3 obras hidráulicas de gran envergadura que tienen injerencia dentro del desarrollo del proyecto. A los mismos se referirá en el texto como puente mayor, puente menor y badén.

Al inicio del desarrollo longitudinal del proyecto, en progresiva 0+000, se prevé una rotonda que enlaza el camino del perilago con la RP89. Dicho camino genera el principal ingreso proveniente de la localidad de Potrerillos y es interceptado con el denominado Rio Blanco de manera perpendicular, es decir esviaje a 90°. Se estudia primero el estado actual del puente y se detalla la alternativa propuesta (puente mayor) por la Dirección Provincial de Vialidad (DPV).

Es importante aclarar que en este proyecto **NO** se realiza el cálculo hidráulico ni estructural del puente a desarrollar, sino que simplemente queda descripto el mismo, ya que su cálculo excede los alcances académicos del presente documento. Para datos y conclusiones se transcribe textual el estudio realizado por la Consultora Ruiz Díaz y asociados, solicitado y facilitado por la repartición.

En segundo lugar, hacia la progresiva 1+160 el camino es interceptado por el cauce aluvional de 2 cuencas de gran envergadura que convergen en una sola **alcantarilla**, la **Alc_04**, cuyo estudio se realiza en el Capítulo 8. En el sitio se halla un antiguo puente de roca (puente menor) construido en la década del 70. En tal caso, se realiza el pertinente estudio hidrológico de la obra de arte a realizar, con la correspondiente selección de la tipología de alcantarilla.

Finalmente, sobre el fin de proyecto, en la progresiva 3+310, se halla un badén de hormigón sobre el cauce del arroyo El Salto. Si bien el mismo excede los alcances de este proyecto, ya que marca o delimita el fin del mismo, se considera importante mencionar el estado y recomendaciones a tener en cuenta.

7.1 Puente Mayor

7.1.1 Condiciones actuales

El puente actualmente existente sobre el cauce del río Blanco, es una obra que data de hace varias décadas. Su ancho, de sólo 4,80 metros, permite el tránsito en un único sentido por lo que los conductores en sentidos contrarios deben detenerse y esperar su turno para pasar. Su sección hidráulica se encuentra conformada por un solo vano de 15,80 metros de luz y una altura de 2,50 metros libre.



Figura 116: Estudio de intersección actual y puente existente. Fuente: elaboración propia, imagen satelital tomada del software Google Earth (diciembre 2022).



Figura 117: Condiciones actuales del puente. Fuente: Imagen tomada in-situ, elaboración propia.

Sus dimensiones son escasas frente a la nueva propuesta del proyecto, así como también su ubicación, la cual es incómoda e insegura para los usuarios. Actualmente éstos ingresan desde RN N°7 o del Perilago hacia la RP89, recorren una curva y contracurva pronunciada y metros antes del acceso al puente se encuentran con la confluencia de una calle hacia la Villa Potrerillos, la cual, por su pendiente elevada, dificulta la visibilidad hacia la intersección. Esto configura un punto conflictivo para conductores y transeúntes.



Figura 118: Estudio de dimensiones geométricas puente actual. Fuente: Imagen tomada in-situ, elaboración propia.



Figura 119: Escaso ancho de calzada, de único sentido de circulación. Fuente: Imagen tomada in-situ, elaboración propia.

Según información suministrada por los pobladores, sólo en dos o tres oportunidades en las últimas décadas, las avenidas han superado la capacidad hidráulica del puente actual. Sin embargo, éste se mantiene firme y su estructura no ha sufrido mayores afectaciones. Por lo que, a los cálculos hidráulicos realizados, debe sumarse el hecho de que el puente actual ha sobrellevado con relativo éxito las escorrentías de numerosas avenidas ordinarias y extraordinarias. Su estructura no presenta fisuras ni daños visibles a pesar de los años que lleva en servicio.

Siguiendo los lineamientos acordados entre la repartición (DPV) y la municipalidad de Luján de Cuyo, este puente existente permanecerá y no será demolido. Solo se evaluará propiciamente

su estructura, se mejorarán condiciones de seguridad y se utilizará como estructura de una futura ciclovía y paso peatonal. Es decir, será inutilizado como puente vehicular.

7.1.2 Condiciones hidrológicas

Dado que en el presente proyecto **no se realiza el cálculo y dimensionamiento del puente, se transcribe un resumen del estudio realizado por la consultora Ruiz y Asociados Consultora, en el mes de Agosto de 2018**. En dicho estudio se detalla el cálculo hidráulico y dimensionamiento de la obra a realizar:

La cuenca hidrográfica del río Blanco en el sitio en donde se emplazaría el puente propuesto, se encuentra definida principalmente por la divisoria de aguas superficiales, generada por las elevaciones orográficas que en sentido levógiro a continuación se mencionan: Cerro Cabras, Cerro del Medio, Cerro Castaño, Portezuelo de la Polcura, Cumbres del Cordón del Plata (Cerro del Rincón, Cerro de las Vertientes, Cerro del Plata, etc.), Altos de las Aguaditas, Altos de la Hoyada, Aguada Grande, Punta de la Loma y Lomas de la Cuesta. La altura máxima de la cuenca es el Cerro de las Vertientes con 5.354 m. (s.n.m.). El colector principal de la cuenca es el río Blanco, cuyas nacientes se sitúan en el sector Sur del Cordón del Plata y estribaciones conexas (quebradas de los Vallecitos, de la Angostura, Vacas y de la Hoyada). El arroyo El Salto es el principal colector secundario de la cuenca, tributa al río Blanco unos 3,5 Km. aguas arriba del lugar donde se ubicaría el puente propuesto; el mismo drena sector Norte de la cuenca y sus principales afluentes son las quebradas del Rincón Colorado, de la Manga, del Monte y de los Manantiales.

De las cartas topográficas “Potrerillos” y “Cacheuta” del Instituto Geográfico Militar en escala 1:100.000, con equidistancia entre curvas de nivel de 50 m., convenientemente ampliadas a escala 1:50.000 para mayor definición, se han obtenido las siguientes características de la cuenca:

- Superficie total: $A = 306,5 \text{ Km}^2$
- Longitud del cauce principal: $L = 25,8 \text{ Km}$.
- Desnivel máximo del cauce principal: $\Delta H = 2.850 \text{ m}$.

Cabe aclarar que, similares valores de longitudes de cauce y desniveles se obtienen para los casos de que se considere como cauce principal al colector Quebrada de la Hoyada-Río Blanco o bien se considere como principal al cauce Las Aguaditas-Quebrada Vacas-Río Blanco.

El río Blanco es afluente del río Mendoza, aguas abajo del sitio en donde el Blanco tributa sus derrames al Mendoza, se encontraba situada la estación de aforos “Usina Cacheuta” (latitud 33° 01'; longitud 69° 07'; altitud 1.238 m.s.n.m.; superficie de la cuenca 9.040 Km²), operada por la

ex Agua y Energía Eléctrica de la Nación, en ella se realizaron mediciones de caudales durante ochenta años (período 1909/10-1989/90). El caudal máximo medio diario aforado en el período 07/1909- 06/1990 fue de 512 m³/seg. (1982/83); debiendo destacarse que también se registró un valor máximo de 509 m³/seg. en el verano de 1919/20.

Si bien no se tienen datos de los máximos instantáneos, suele admitirse que éstos son del orden de un diez por ciento mayores que los medios diarios; exagerando, podría estimarse valores instantáneos de hasta un veinte por ciento superiores a los medios diarios aforados, por lo que podrían haber escurrido por el río Mendoza en “Usina Cacheuta” caudales del orden de 610 a 620 m³/seg.

En la estación de aforos “Guido” (área de la cuenca 8.180 Km²; período de registros 07/1956-06/2000), los caudales máximos medios diarios aforados en los años hidrológicos 1982/83, 1984/85 y 1987/88 fueron de 398 m³/seg., 338 m³/seg. y 402 m³/seg. respectivamente; en las mismas oportunidades en “Usina Cacheuta” se habrían registrado caudales de 512 m³/seg., 339 m³/seg. y 245 m³/seg.

En resumen, según los antecedentes de estudios hidrológicos realizados, el caudal máximo probable del río Blanco correspondiente a un período de retorno de 100 años, determinado por diferentes autores y por distintos métodos, tiene los siguientes valores:

- 483 m³/seg. en el caso del Nuevo Acueducto Potrerillos de O.S.M.
- 545 m³/seg. y 683 m³/seg., modelos ARHYMO y HEC-HMS respectivamente, en “Determinación de crecidas en el río Blanco” (Maza J. y otros).
- 496 m³/seg. y 666 m³/seg. para lluvias de diseño de 90 minutos y 60 minutos de duración respectivamente, mediante el MRG; y 589 m³/seg. para una lluvia de duración 60 minutos, según el método del hidrograma triangular propuesto por el S.C.S.

Pudiéndose afirmar que los valores precedentes se encuentran comprendidos entre 483 m³/seg. y 683 m³/seg

Si se tiene en cuenta los gastos máximos señalados en los párrafos precedentes y, además, que los caudales medios mensuales del Mendoza en los meses estivales son del orden de 90 a 120 m³/seg., podría hasta llegar a aceptarse que el río Blanco, eventualmente hubiera podido aportar, debido a procesos lluvia-escorrentía concentrados en su cuenca, caudales como máximo del orden de **500 m³/seg.**

7.1.3 Puente propuesto (Puente Mayor)

La capacidad hidráulica de la obra propuesta implica un incremento substancial respecto a la que posee el puente actualmente existente en el lugar; éste dispone de un único vano cuya luz libre es de unos 15,8 m. En su reemplazo se propone un puente de dos calzadas de 8,30 m. de ancho total, con dos pasarelas peatonales de 1,20 m. cada una. Estructuralmente se lo ha diseñado con una pila central y dos vanos, con una distancia de 20 m. entre ejes de vigas y luz libre de vanos de 18,24 m. La altura libre entre la cota del lecho del río y las caras inferiores de las vigas del puente, sería de unos 3,0 m. En síntesis, prácticamente se aumenta a más del doble la capacidad de escurrimiento de la obra

En el entorno del emplazamiento del nuevo puente, en una longitud de aproximadamente 460 m., la pendiente media del cauce es del orden del 3,0%.

Respecto a este dato, cabe aclarar que el cálculo se efectuará con un valor conservador del 2,5%, a fin de contemplar diversas causas muy difíciles de evaluar que podrían disminuir transitoria o permanentemente la pendiente del álveo en el lugar; se desconoce por ejemplo el comportamiento del perfil hidrológico del río Blanco en el tramo, lo cierto es que ha variado el nivel base del río (antes éste era el cauce del río Mendoza, actualmente es el embalse Potrerillos), lo que podría traer aparejado que en el último tramo del río se manifestara una tendencia a la sedimentación de materiales pétreos de granulometría gruesa (principalmente bloques y gravas), con una consecuente reducción de la pendiente. A fin de contemplar esta eventualidad, será necesario controlar periódicamente las cotas del lecho del álveo en el tramo y, en caso necesario, prever la ejecución de trabajos de limpieza y remoción de materiales pétreos con el objeto de mantener la capacidad hidráulica del cauce.

Se infiere que con los trabajos de rectificación y encauzamiento a realizar en el cauce hacia aguas arriba y abajo del puente, la sección de escurrimiento se acercará a un trapecio ligeramente rectangular. Además, se estima una velocidad media de aproximadamente el 80% de la velocidad calculada mediante la expresión de Chezy-Manning.

Luego, para el puente de acceso a Potrerillos y para un caudal máximo de unos 500 m³/seg. se tendría el siguiente cálculo hidráulico:

- Caudal máximo : $Q_{\text{máx.}} = 500 \text{ m}^3/\text{seg.}$
- Coeficiente de Manning del cauce: $n = 0,033$ luego: $1/n = 30$
- Pendiente del cauce en el sitio: $i = 2,5 \%$

- Luz libre de los vanos (entre pila y estribos): $L = 18,2$ m.
- Tirante máximo supuesto lecho rígido: $h = 2,38$ m.
- Sección mojada ($Q_{\text{máx.}}$) en cada vano: $w = 43,3$ m²
- Velocidad media ($V_m = 0,8 * V_{\text{máx.}}$): $V_m = 5,8$ m./seg.
- Caudal máximo por cada vano: $Q_{\text{máx.}} \cong 250$ m³/seg.

Como se mencionó, por debajo del puente que se propone construir sobre el río Blanco, podría circular un caudal máximo probable del orden de 500 m³/seg., correspondiente aproximadamente a una recurrencia de 100 años. El caudal máximo de unos 500 m³/seg., escurriría con un tirante máximo supuesto sobre el lecho rígido (condición más desfavorable) de 2,38 m., quedando una revancha del orden de los 0,60 m. Si se produjeran socavaciones importantes (lecho no rígido), la capacidad aumentaría.

Finalmente, a continuación, se adjuntan las dimensiones del puente propuesto y en concordancia con lo desarrollado en el Capítulo 6, es posible prever la ubicación del puente respecto de la rotonda proyectada.

7.1.4 Dimensiones

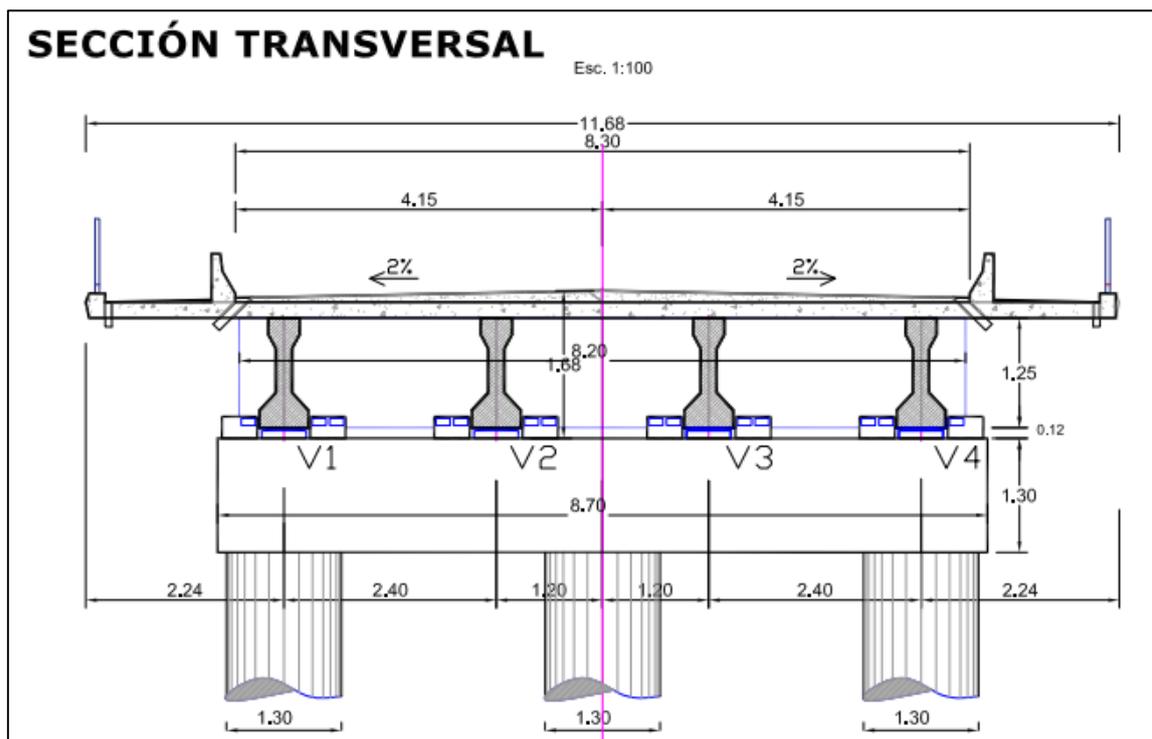


Figura 120: Sección transversal del puente de proyecto. Fuente: Ruiz Díaz y Asociados, Consultora (2018, Consideraciones Hidrológicas - Puente sobre el Río Blanco).

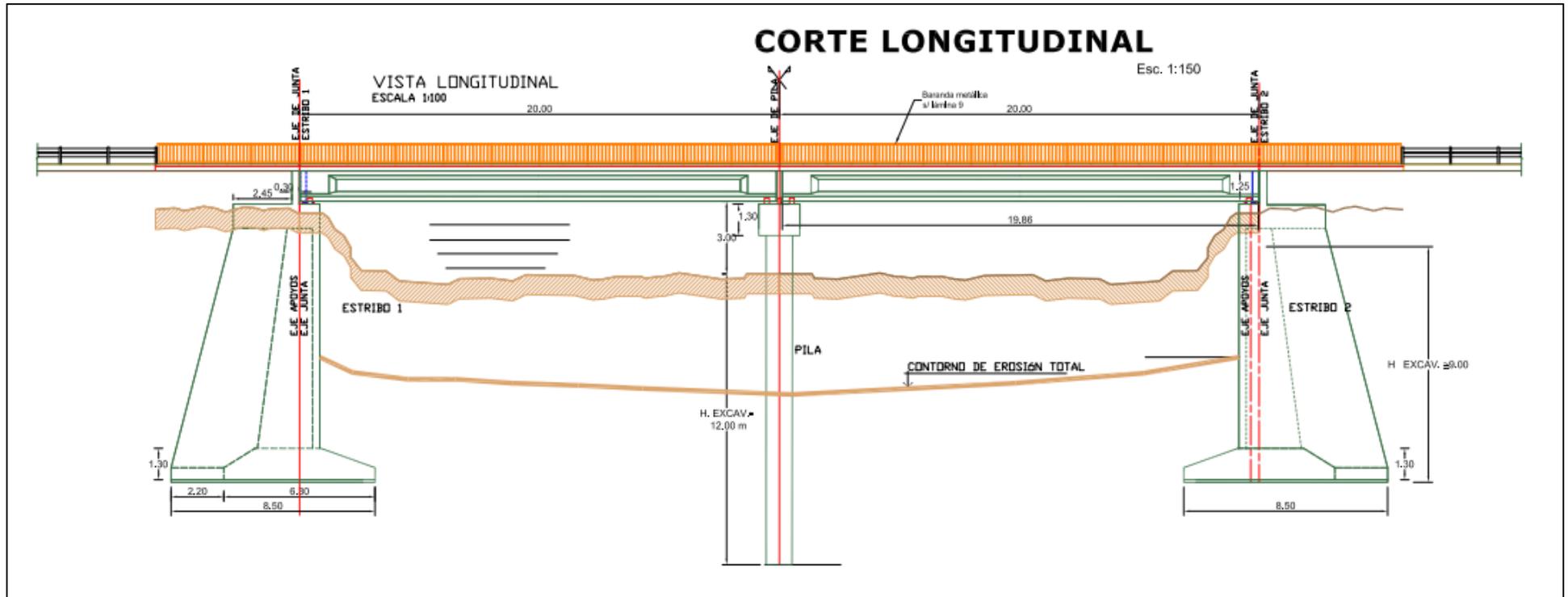


Figura 122: Corte longitudinal Puente de proyecto. Fuente: Ruiz Díaz y Asociados, Consultora (2018, Consideraciones Hidrológicas - Puente sobre el Río Blanco).

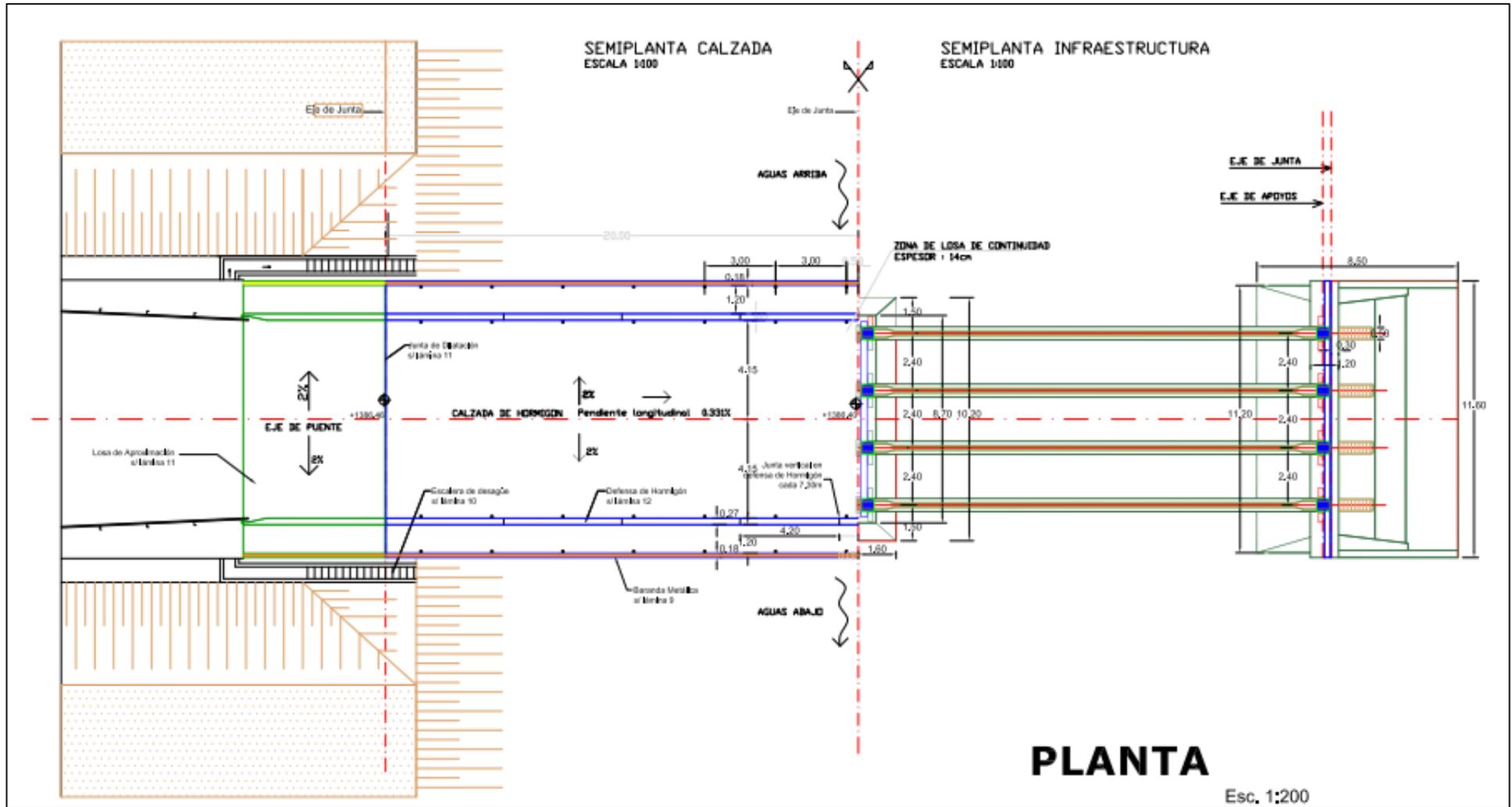


Figura 123: Vista en planta puente de proyecto. Fuente: Ruiz Díaz y Asociados, Consultora (2018, Consideraciones Hidrológicas - Puente sobre el Río Blanco).

7.2 Badén

Hacia el fin del desarrollo del proyecto, a unos 100 metros de la progresiva PK 3+300, se ubica el cruce con el arroyo El Salto, que corresponde a un afluente que aporta caudal al Rio Blanco. Este último costea la margen izquierda del proyecto (en sentido progresivo creciente).

Para solucionar el drenaje de este caudal se realizó una obra de arte conocida como “badén”, la cual data de la década de 1960. El mismo acompaña la depresión de la superficie y acondiciona el cauce para permitir el paso de la corriente de agua durante escorrentía aluvional. Una de sus principales ventajas como solución hidráulica es su bajo costo de construcción, lo cual representa una óptima opción de drenaje frente a un TMDA relativamente bajo (acepta interrupciones de tránsito durante la duración de la escorrentía).



Figura 124: Badén existente. Fuente: Imagen tomada in-situ, elaboración propia.

Con el paso del tiempo los valores de TMDA aumentaron y representa un grave problema cuando sobreviene una crecida de caudal, pues cuando el pelo de agua es muy elevado sobre el pavimento, se condiciona el paso vehicular y hasta lo vuelve peligroso si la velocidad del flujo es muy elevada. Esto deviene en un corte de tránsito temporal, el cual no muchas veces es respetado y por ende no se dimensiona la peligrosidad de cruzar el cauce. Este suceso ya ha provocado accidentes vehiculares en el lugar, muchos de ellos con víctimas fatales, como se muestra en la Figura 125. Es necesario aclarar que este no sucedió específicamente en este

lugar, pero si corresponde a un badén ubicado a unos pocos kilómetros de cercanía y que corresponde al mismo afluente.



Figura 125: Imagen de accidente automovilístico causado por crecidas en badenes. Fuente: página web del canal de noticias TN.

7.2.1 Propuestas técnicas conceptuales

Si bien, la presente etapa del proyecto integral sobre la RP 89 desarrollado no contempla el diseño de una obra de drenaje en tal lugar, se sugiere el estudio de infraestructuras que representen una mejora ingenieril anexa al proyecto y así asegurar las condiciones de seguridad vial en el lugar.

Se destacan algunas propuestas técnicas anexas y mejoradoras a tener en cuenta:



Figura 126: Condiciones de socavación actuales. Fuente: Imagen tomada in-situ, elaboración propia.

- Reemplazo de la estructura existente por una batería de alcantarillas o puente, de tal modo que la avenida de diseño no invada el pavimento. Con esta opción, correspondería su debido estudio hidrológico y dimensionamiento.
- Generación de una estructura tipo “Puente-Badén”. La cual permite el paso de un caudal determinado, y si el mismo es superior al calculado entonces el agua sobrepasaría el pavimento inundándolo. Están compuestos por baterías de alcantarillas de baja altura. Este tipo de estructuras es más económica que la anterior.
- Otra alternativa manteniendo la infraestructura existente pero disminuyendo el peligro inminente, es la realización de un conjunto de tareas que se proponen a continuación:
 - 1) Realización de **Cabezales**. Los mismos constituyen una prolongación del muro de pie. Formando así un vertedero, con el objetivo de ampliar la capacidad de descarga del badén, reducir la velocidad del caudal y evitar la socavación producida aguas abajo.



Figura 127: Esquema de composición de un badén. Fuente: Brezhney, G. y Rosario, A. (2012).

La altura de los muros de cabezal está determinada por el caudal circulante (Q) y la longitud de vertedero formada por ambos muros (Lv).

El tirante normal a la entrada del badén se define de la fórmula de vertedero de pared gruesa:

$$Q = 1,71 * Lv * Y^{\frac{3}{2}} \quad \text{por lo tanto} \quad Y = \left(\frac{Q}{1,71 * Lv} \right)^{\frac{2}{3}}$$

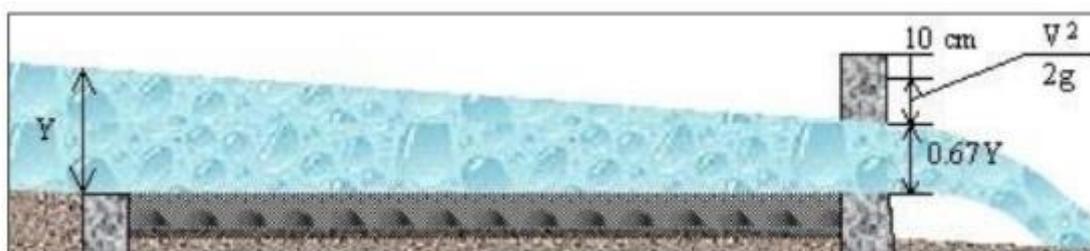


Figura 128: Altura de los muros de cabezal. Fuente: Fuente: Brezhney, G. y Rosario, A. (2012).

- 2) Adicionalmente, se recomienda disponer medidas de protección aguas abajo, realizando un empedrado u otras obras que disminuyan la socavación de las márgenes y fondo de cauce.
- 3) Colocar barreras de contención a una altura mayor que los cabezales, dando así seguridad a los conductores y manteniendo la coherencia de diseño vial del lugar.



Figura 129: protección con barreras metálicas actual del puente sobre el Río Blanco. Fuente: Imagen tomada in-situ, elaboración propia.

- 4) Mejorar la señalética del lugar con cartelería de prevención, informativa y educativa. Advirtiendo sobre la altura del cauce (limnómetro o similar), que recaudos tomar y cuando es posible cruzar.



Figura 130: Cartelería vial sugerida a colocar sobre badén existente. Fuente: Google Imágenes.

CAPÍTULO 8 – ESTUDIO HIDROLÓGICO. OBRAS DE ARTE.

8.1 Introducción

Para un proyecto vial, el estudio hidrológico y del sistema de drenajes de aguas superficiales (y si lo amerita, subterráneas) es algo primordial. Ya sea para la prevención del acumulamiento de aguas sobre la calzada y sus efectos nocivos sobre la seguridad en el manejo, como para la preservación de la estructura granular y carpeta de rodamiento del pavimento, el agua debe ser alejada de la facilidad vial para garantizar un óptimo y prolongado servicio.

Por ello, además del propio bombeo hacia los laterales de la calzada (el que escurre el agua superficial) se debe realizar un consciente estudio hidrológico de la zona, identificando todas las cuencas definidas al cerrar los cauces observados que desembocan en el proyecto vial, para así proyectar un sistema de alcantarillado que canalice los flujos fluviales lejos de la carretera.

En primera instancia se procedió a visitar el terreno. Dados los datos del relevamiento topográfico obtenidos en Dirección Provincial de Vialidad, se verificaron los puntos topográficos pertinentes a las obras de arte existentes en el proyecto, además se procedió a evaluar la condición de las obras para posteriormente poder determinar si las mismas podrán reacondicionarse o si se deberá plantear su demolición y reconstrucción.

Para obtener la topografía de la zona en la que se desarrollan las cuencas y, en consecuencia, los cauces que intervienen con la calzada del camino del proyecto se trabajarán con tres programas esenciales: AutoCAD (de Autodesk), Google Earth (de Google), Global Mapper 17 (de Blue Marble Geographics).

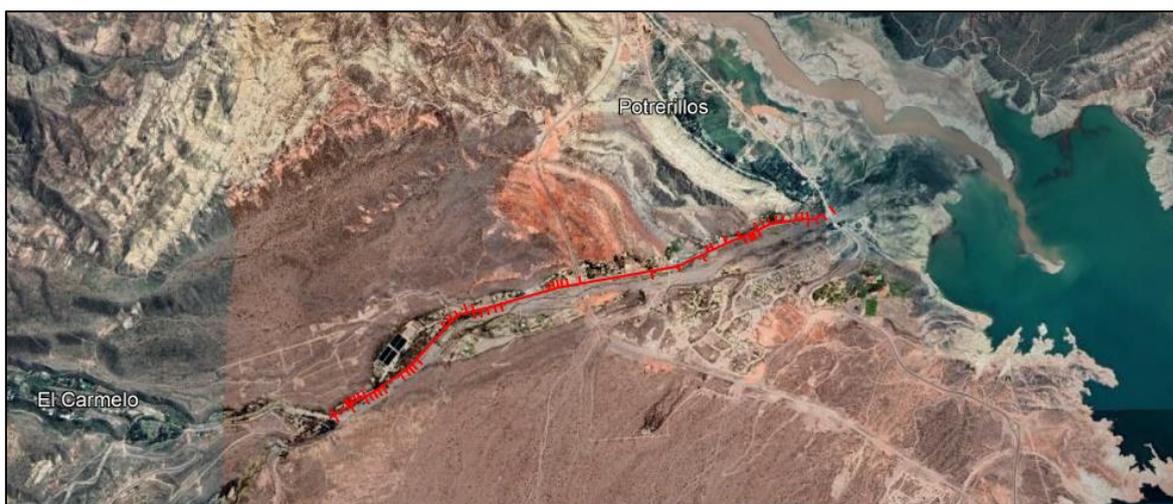


Figura 131: Imagen satelital con la traza del proyecto. Fuente: software Google Earth (diciembre 2022).

En la Figura 131 se puede observar la traza y extensión del camino.

8.2 Determinación de cuencas afluentes a la RP89

Dada la imagen satelital con su asociada elevación sobre el nivel del mar, utilizando el software Google Earth se infirió la información topográfica (altimetrías) por medio de la cual, a través del software Global Mapper, se determinaron las curvas de nivel de la zona a gran escala, en las que se procedió a trazar y definir las cuencas intervinientes en la traza del camino.

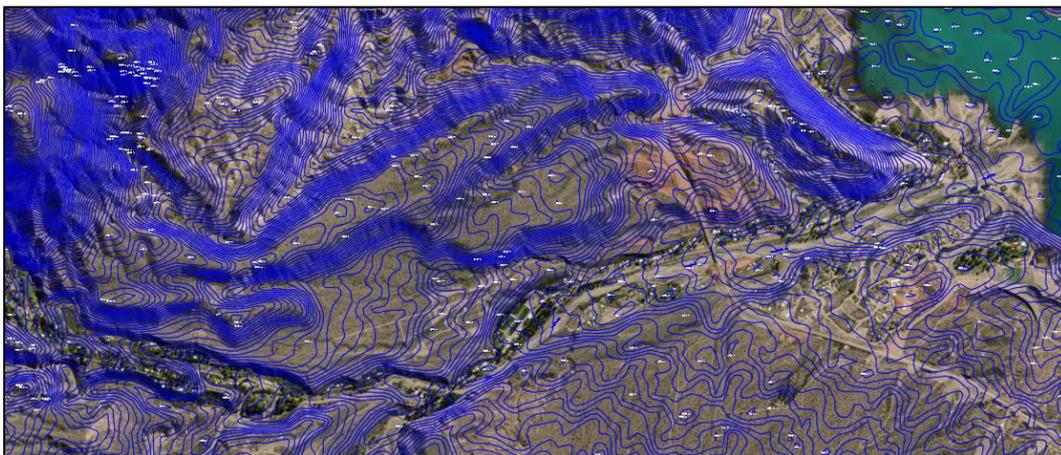


Figura 132: Imagen satelital en la que se ilustran las curvas de nivel obtenidas. Fuente: elaboración propia desde software Global Mapper.

Luego se trabajó en el software AutoCAD procediendo a ubicar el trazado de la RP 89 sobre la topografía obtenida anteriormente, dicho trabajo se pudo realizar rápidamente debido a que tanto la topografía como el trazado de la ruta estaban correctamente georreferenciados.

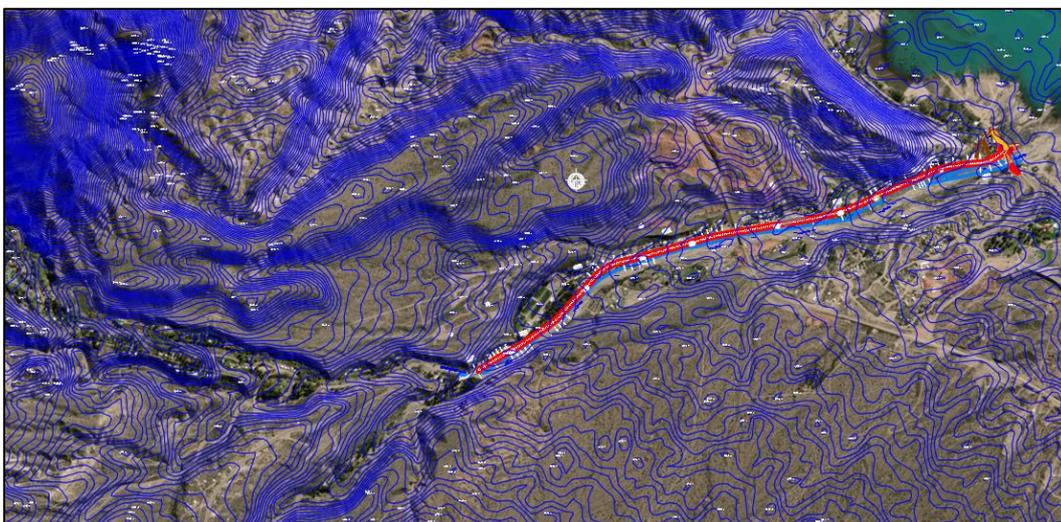


Figura 133: Imagen satelital ubicando las curvas de nivel con la traza del proyecto. Fuente: elaboración propia desde software Global Mapper con soporte de AutoCAD.

Posteriormente se procedió a trazar manualmente los cauces en estudio por medio del software AutoCAD y utilizando la misma metodología se delimitaron las cuencas y ríos cuyos caudales intervienen con la traza del camino proyectado.

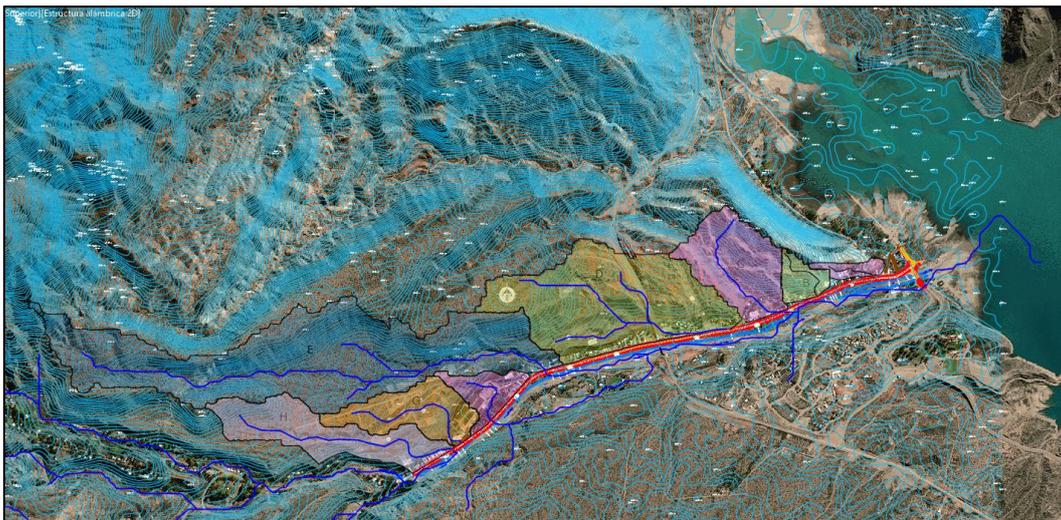


Figura 134: Imagen satelital ubicando las cuencas y cauces que intervienen en el proyecto vial. Fuente: elaboración propia con soporte de AutoCAD.

El siguiente paso fue calcular el área de cada una de las cuencas en estudio, medir las longitudes de sus cauces principales y determinar las cotas extremas proporcionadas por las curvas de nivel para cada cuenca en particular, trabajo que se realizó con la ayuda del mismo software mencionado. Los resultados se resumen en la Tabla 63.

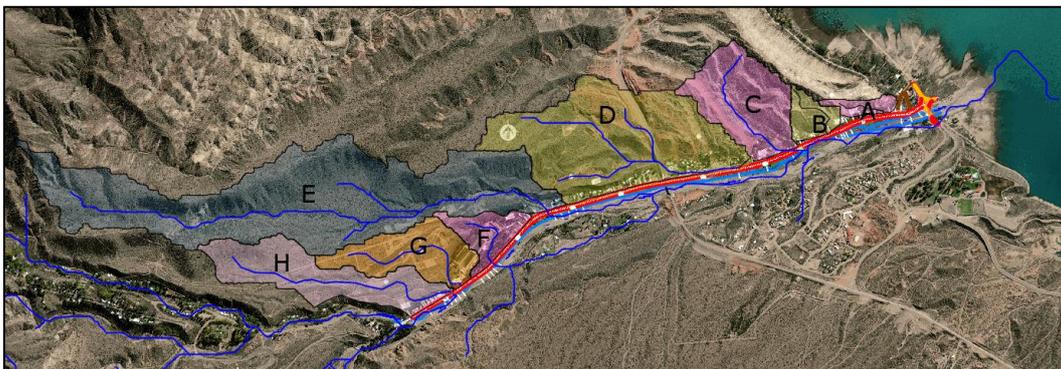


Figura 135: Asignación de Cuencas. Fuente: elaboración propia con soporte de AutoCAD.

8.3 Determinación de caudales. Método racional

Cuando se quieren obtener sólo los caudales máximos en estructuras de paso como puentes o alcantarillas, se pueden calcular haciendo uso de la fórmula racional (Mulaney, 1850).

El método racional ha sido usado por más de 150 años en Inglaterra (Allem et al, 1975) e independiente de las críticas que se le hacen, es útil en cuencas pequeñas menores de 200 Ha (ASCE, 1949).

En realidad, este límite está dado por las características de las lluvias intensas en la zona y debe ser tal que la lluvia puntual se pueda considerar uniformemente distribuida en el área.

Tabla 63: identificación de los parámetros de las cuencas. Fuente: elaboración propia.

Cuenca	Área [km2]	Longitud de cauce principal – Lc [m]	Cota máxima del cauce principal [msnm]	Cota mínima del cauce principal [msnm]
A	0,0346	296	1445	1397
B	0,0625	425	1505	1405
C	0,2753	890	1520	1415
D	0,6699	1397	1545	1430
E	1,1309	3017	1685	1465
F	0,0934	395	1500	1480
G	0,2051	880	1555	1495
H	0,3037	1418	1605	1495

La fórmula definida por el método racional es:

$$Q = \frac{C * I * A}{360} \quad (23)$$

Siendo:

- Q: el caudal erogado por la cuenca en [m³/s].
- C: el coeficiente de escorrentía adimensional (ver Tabla 65).
- I: la intensidad de la lluvia en [mm/hs]
- A: el área de la cuenca en [Ha]

A continuación, se procede a realizar el ejemplo de cálculo de caudal con la cuenca de mayor extensión en el análisis hídrico del presente proyecto (cuenca “E”).

8.3.1 Cuenca “E”

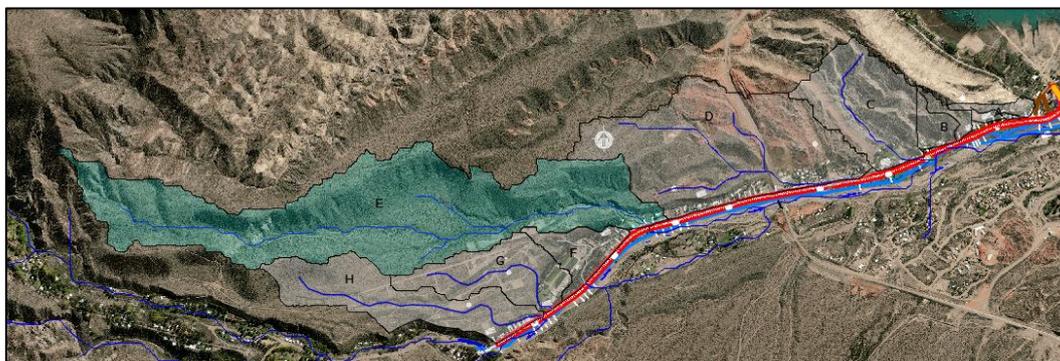


Figura 136: Cuenca “E” en análisis. Fuente: elaboración propia.

8.3.1.1 Tormenta de proyecto. Intensidad de cálculo.

Se utilizaron *Relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia (Curvas IDF)*, generadas por el Instituto Nacional del Agua (INA, 2008), ampliamente utilizada en la región del piedemonte y oeste del norte mendocino.

Se adoptó por un Tiempo de Recurrencia de 25 años. (TR = 25 años), valor mínimo utilizado para este tipo de obras de arte en la que se atraviesa una ruta provincial.

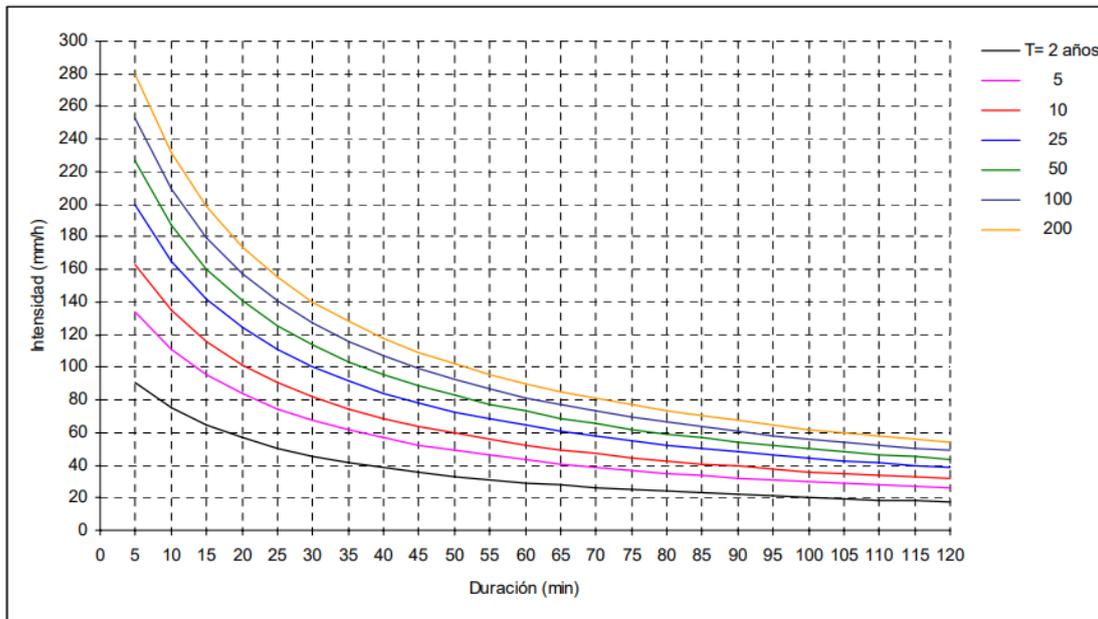


Figura 137: Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). Fuente: Instituto Nacional del Agua (2008).

Adoptando un TR = 25 años y una duración de 60 min se obtiene:

Tabla 64: parámetro ω para el cálculo analítico de la intensidad I. Fuente: Instituto Nacional del Agua (2008).

Relación IDF ajustada

$$I_{D,TR} = \frac{\omega(T_R)}{(D + 0.268)^{0.883}}$$

$I_{D,TR}$ = Intensidad (mm/h); D = Duración (h)

T_R (años)	2	5	10	25	50	100	200
$\omega(T_R)$	36.049	53.303	64.727	79.161	89.869	100.498	111.088

Para calcular la intensidad de la Tormenta de diseño se adoptará como Duración (D) el tiempo de concentración (T_c) particular de cada cuenca, ya que el mismo otorga el tiempo que tarda la gota más lejana de la cuenca en llegar al punto de desagüe de la misma, y, en el caso del Método Racional, posibilita la obtención del caudal máximo esperable.

Según el Manual del Servicio de Conservación de Suelos (SCS USDA, 1969), el tiempo de concentración para la cuenca se puede calcular como:

$$T_C = \left(0,87 * \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

De donde:

- T_C : tiempo de concentración de la Cuenca [hs]
- L : longitud del cauce principal en planta [km]
- ΔH = diferencia de altura del punto de inicio y fin del cauce principal [m]

Entonces, para la Cuenca E:

$$T_C = \left(0,87 * \frac{3,017^3}{220} \right)^{0,385} \quad \therefore \quad T_C = 0,425 \text{ hs}$$

Por ende, la intensidad de la precipitación para el cálculo:

$$I(D, Tr) = \frac{79,161}{(0,425 + 0,268)^{0,883}} \quad \therefore \quad I(D, Tr) = 109,431 \text{ mm/h}$$

Sin embargo, el Método Racional entiende a la precipitación como una lámina “uniformemente distribuida” en toda el área de la cuenca. Para ajustar el valor de la intensidad anteriormente obtenido, debe aplicarse un factor de espacialidad, según se obtenga gráficamente de la Figura 138 o en forma analítica por la ecuación 24.

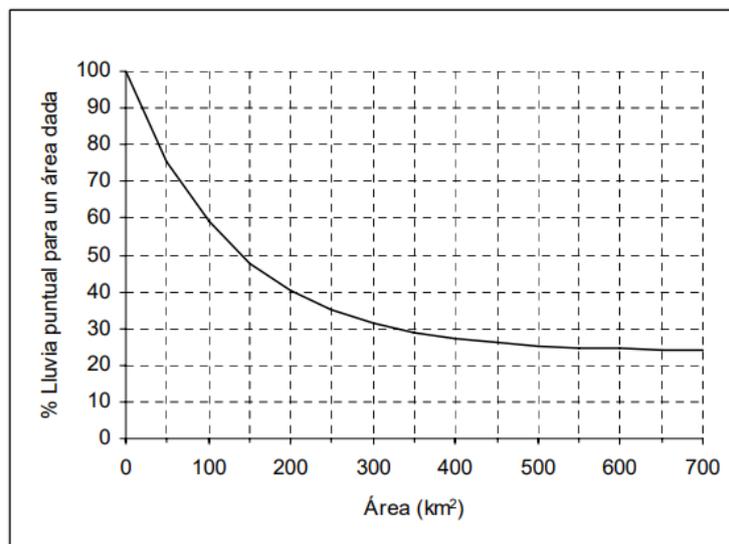


Figura 138: Curva lámina-área para reducir precipitación puntual a valores promedios en el área. Fuente: Instituto Nacional del Agua (2008).

$$\% \text{ Lluvia puntual} = 1 - 0,7632 * (1 - e^{-0,00769 * A}) \quad (24)$$

Siendo “A” el área de la cuenca en [km²].

Por lo tanto, el factor de ajuste de la precipitación:

$$\% \text{ Lluvia puntual} = 1 - 0,7632 * (1 - e^{-0,00769 * 1,1309}) \therefore \% \text{ Lluvia puntual} = 99,33\%$$

Por lo que la intensidad ajustada para la cuenca “E” quedará:

$$I(D, Tr)_{ajustada} = 109,431 \frac{mm}{h} * 0,9933 \therefore I(D, Tr)_{ajustada} = 108,70 \frac{mm}{h}$$

8.2.1.2 Coeficientes de escorrentía:

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que escurre superficialmente y la precipitación total, entendiendo que la parte superficial es menor que la total al descontar la evaporación, evapotranspiración, almacenamiento, etc. Como puede comprenderse, el proceso de escorrentía es complejo y en la práctica deben introducirse simplificaciones.

En “Hidrología Aplicada” de Ven Te Chow et al (1994), pueden encontrarse coeficientes de escorrentía a aplicar en el Método Racional, en función del Tiempo de Recurrencia o Periodo de Retorno y las características de la superficie de la cuenca.

Tabla 65: Coeficientes de escorrentía para método racional. Fuente: Chow, V.T. et al (1994, Hidrología Aplicada).

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 no desarrolladas							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61

Por lo tanto, se procede a adoptar un coeficiente de escorrentía de 0,44, el mismo corresponde a un tiempo de retorno de 25 años para áreas no desarrolladas con altas pendientes (2% a 7%) como es el caso de la zona en estudio.

Contando con los datos necesarios, se procede a calcular el caudal máximo erogado por la cuenca con la ecuación 23:

$$Q_{Cuenca E} = \frac{0,44 \times 108,697 \left[\frac{mm}{h} \right] \times 113,0926 \text{ Ha}}{360} \therefore Q_{Cuenca E} = 15,91 \text{ m}^3/\text{s}$$

8.2.1.3 Obtención de caudales de cada cuenca

De la manera descripta en el inciso anterior, se procede al cálculo del caudal máximo erogado por cada cuenca en estudio, aplicando el Método Racional. Los resultados se detallan en la Tabla 66.

Tabla 66: caudales máximos por cuenca según el Método Racional. Fuente: elaboración propia.

Cuenca	Área [km2]	Lc [m]	Cota máx [msnm]	Cota mín [msnm]	ΔH [m]	Pendiente [%]	Tc [hs]	%Lluvia puntual	I (D, Tr) [mm/hs]	I (D, Tr) ajust [mm/hs]	C	Q (Tr= 25 años) [m3/s]
A	0,0346	296	1445	1397	48	16,22%	0,05233	0,9998	216,3040	216,2607	0,44	0,915
B	0,0625	425	1505	1405	100	23,53%	0,05991	0,99963	211,8845	211,8061	0,44	1,618
C	0,2753	890	1520	1415	105	11,80%	0,13807	0,99838	175,4348	175,1506	0,44	5,893
D	0,6699	1397	1545	1430	115	8,23%	0,22441	0,99608	147,9736	147,3936	0,44	12,068
E	1,1309	3017	1685	1465	220	7,29%	0,42539	0,99339	109,3769	108,6539	0,44	15,018
F	0,0934	395	1500	1480	20	5,06%	0,10230	0,99945	190,3160	190,2113	0,44	2,171
G	0,2051	880	1555	1495	60	6,82%	0,16905	0,9988	164,4092	164,2119	0,49	4,584
H	0,3037	1418	1605	1495	110	7,76%	0,23225	0,99822	145,9235	145,6638	0,49	6,021

8.3 Cálculo de alcantarillas

En este paso se evalúa si la condición y geometría de las alcantarillas existentes en el lugar (al año 2022) cumplen y se encuentran en condiciones para ser reutilizadas en el nuevo proyecto vial, luego de un proceso de limpieza y desobstrucción. En caso contrario, se deberán demoler y reconstruir posteriormente en función de una nueva sección con su correspondiente verificación hidráulica.

8.3.1 Alcantarilla Alc_01, progresiva 0+249

Condición de alcantarilla existente:

La alcantarilla se encuentra estructuralmente en buenas condiciones, aunque la misma está obstruida en su totalidad, y al no tener rejillas intermedias es imposible desobstruir la alcantarilla, por lo que se proyecta su demolición y posterior reconstrucción adaptada a los cálculos hidrológicos.



Figura 139: Alcantarilla en el lugar, aguas abajo y aguas arriba. Fuente: elaboración propia.

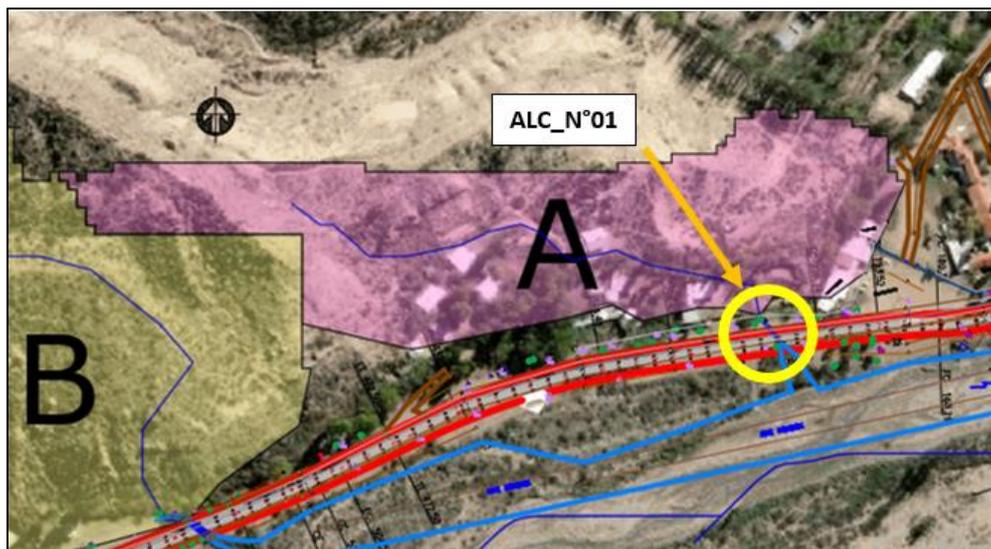


Figura 140: Ubicación de alcantarilla Alc_01 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal. Fuente: elaboración propia.

8.3.1.1 Dimensionado alcantarilla Alc_01

Se procede a utilizar el software computacional H-Canales. En el mismo, cargando los datos correspondientes al terreno, caudal y dimensiones de alcantarilla, se calcula el tirante normal de agua en la alcantarilla con la sección propuesta.

Datos de Alcantarilla Alc_01:

- Cuenca de Aporte: A
- Caudal [m³/s]: 0,914
- Condición actual: Existente, obstruida en su totalidad.
- Luz (L): 0,7m
- Alto (H): 0,7 m
- Pendiente de Alcantarilla: 1% (Reacondicionar Cauce)
- Alcantarilla Tipo A-42.

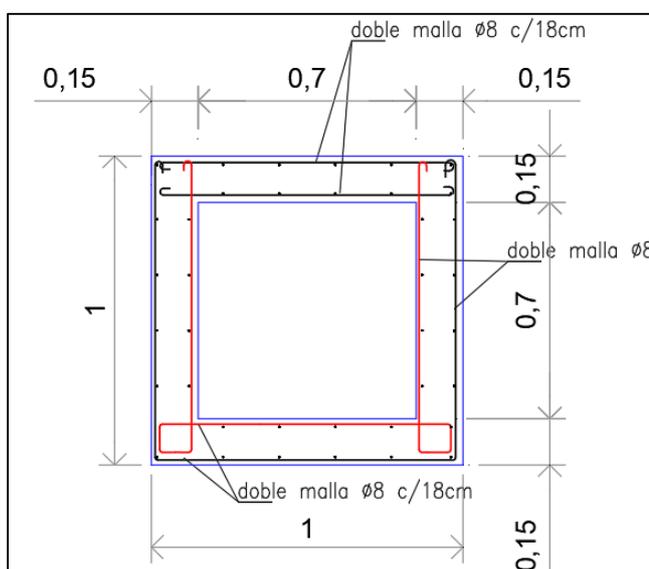
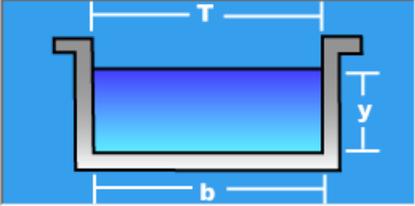


Figura 141: sección propuesta para la Alc_01. Fuente: elaboración propia.

Lugar:	<input type="text" value="ALCANTARILLA N°1"/>	Proyecto:	<input type="text"/>
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.914"/> m3/s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.7"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.015"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.01"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0,5481"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="1,7962"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0,3837"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0,2136"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0,7000"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="2,3822"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1,0273"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0,8374"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Figura 142: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_01. Fuente: elaboración propia.

$$0,54\text{m} < 0,70\text{m}$$

Se comprueba que la altura normal del tirante hidráulico en la sección propuesta es menor que la altura disponible. **La sección propuesta entonces verifica hidráulicamente.**

Habiendo verificado la sección propuesta para la Alc_01, se procede a su planteo en planta y en alzado. Las cunetas trapeciales que bordean la calzada del proyecto de la RP89 desaguan en una extensión de la platea de hormigón de la alcantarilla o en su extensión como canal, evitando así un socavamiento en la boca del conducto en caso de no ser revestido (véase en el ANEXO de planos).

8.3.2 Alcantarilla Alc_02, progresiva 0+590

Condición de alcantarilla existente:

La alcantarilla se encuentra en regulares condiciones estructurales. Además tanto aguas arriba como aguas abajo la misma está obstruida en su totalidad, y al no tener rejillas intermedias es imposible desobstruir la alcantarilla, por lo que se proyecta su demolición y posterior reconstrucción.



Figura 143: Alcantarilla en el lugar, aguas abajo y aguas arriba. Fuente: elaboración propia.

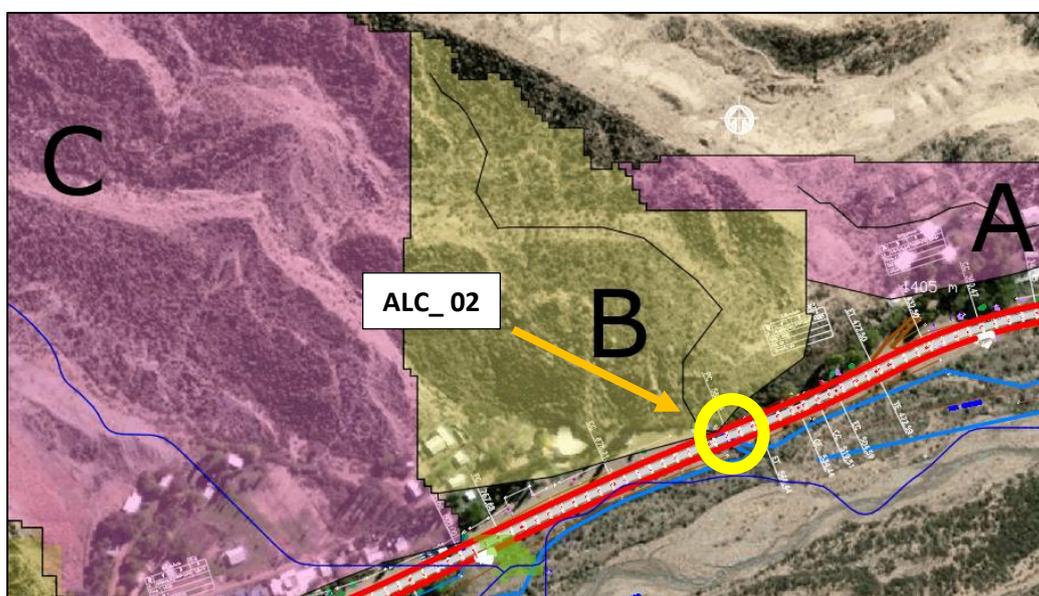


Figura 144: Ubicación de alcantarilla Alc_02 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal. Fuente: elaboración propia.

8.3.1.2 Dimensionado alcantarilla Alc_02

Se procede a utilizar el software computacional H-Canales. En el mismo, cargando los datos correspondientes al terreno, caudal y dimensiones de alcantarilla, se calcula el tirante normal de agua en la alcantarilla con la sección propuesta.

Datos de Alcantarilla Alc_02:

- Cuenca de Aporte: B
- Caudal [m³/s]: 1,619
- Condición actual: Existente, obstruida en su totalidad.
- Luz (L): 1 m
- Alto (H): 1 m
- Pendiente de Alcantarilla: 1% (Reacondicionar Cauce)
- Alcantarilla Tipo A-42.

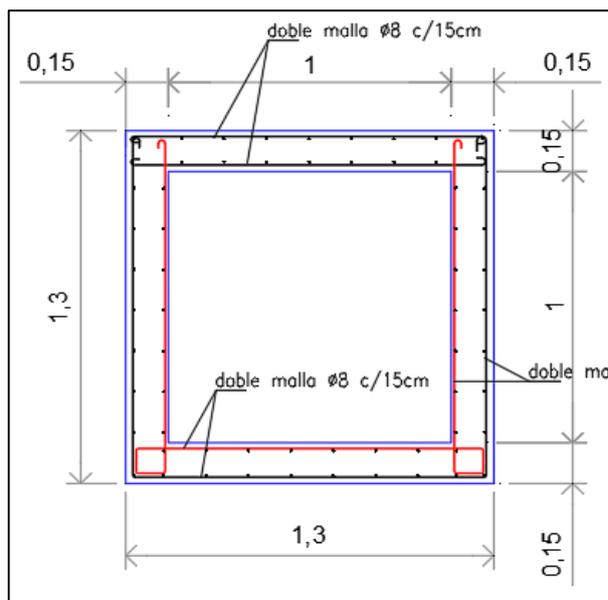


Figura 145: sección propuesta para la Alc_02. Fuente: elaboración propia.

Lugar:	ALCANTARILLA N°2	Proyecto:	
Tramo:		Revestimiento:	

Datos:	
Caudal (Q):	1.619 m³/s
Ancho de solera (b):	1 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.015
Pendiente (S):	0.01 m/m

Resultados:			
Tirante normal (y):	0.5827 m	Perímetro (p):	2.1653 m
Área hidráulica (A):	0.5827 m²	Radio hidráulico (R):	0.2691 m
Espejo de agua (T):	1.0000 m	Velocidad (v):	2.7787 m/s
Número de Froude (F):	1.1622	Energía específica (E):	0.9762 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Figura 146: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_02. Fuente: elaboración propia.

$$0,58m < 1,00 m$$

Se comprueba que la altura normal del tirante hidráulico en la sección propuesta es menor que la altura disponible. **La sección propuesta entonces verifica hidráulicamente.**

Habiendo verificado la sección propuesta para la Alc_02, se procede a su planteo en planta y en alzado. Las cunetas trapeciales que bordean la calzada del proyecto de la RP89 desaguan en una extensión de la platea de hormigón de la alcantarilla o en su extensión como canal, evitando así un socavamiento en la boca del conducto en caso de no ser revestido (véase en el ANEXO de planos).

8.3.3 Alcantarilla Alc_03, progresiva 0+796

Condición de alcantarilla existente:

Como se puede observar en la Figura 147, tanto aguas arriba como aguas abajo la alcantarilla está obstruida en su totalidad por sedimentos, y al no tener rejillas intermedias es imposible desobstruirla, por lo que se proyecta su demolición y posterior reconstrucción.



Figura 147: Alcantarilla en el lugar, aguas abajo y aguas arriba. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se ilustra satelitalmente la ubicación de dicha alcantarilla, con su correspondiente cuenca de aporte.

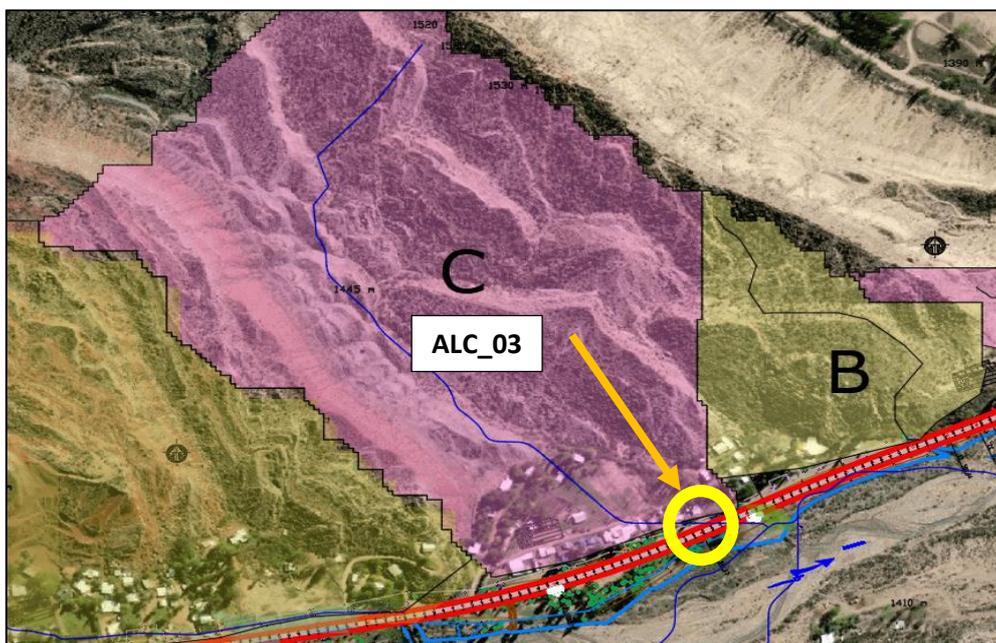


Figura 148: Ubicación de alcantarilla Alc_03 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal. Fuente: elaboración propia.

8.3.1.3 Dimensionado alcantarilla Alc_03

Se procede a utilizar el software computacional H-Canales. En el mismo, cargando los datos correspondientes al terreno, caudal y dimensiones de alcantarilla, se calcula el tirante normal de agua en la alcantarilla con la sección propuesta.

Datos de Alcantarilla Alc_03:

- Cuenca de Aporte: C
- Caudal [m³/s]: 6,563
- Condición actual: Existente, obstruida en su totalidad.
- Luz (L): 2 m
- Alto (H): 1 m
- Pendiente de Alcantarilla: 1% (Reacondicionar Cauce)
- Alcantarilla Tipo O-41211.

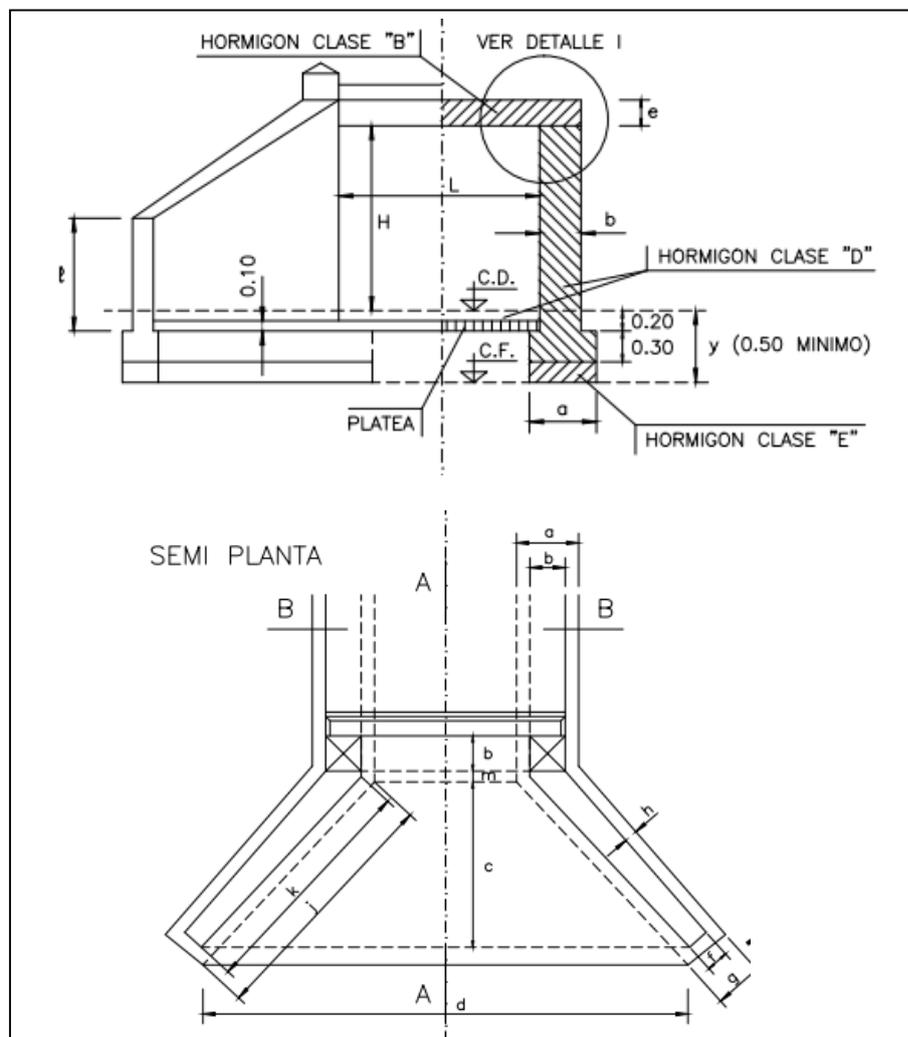
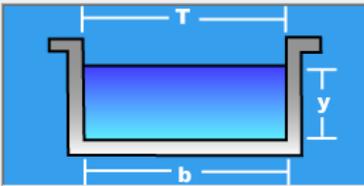


Figura 149: sección propuesta para la Alc_03. Fuente: plano tipo de alcantarilla O-41211 (DNV).

Lugar:	ALCANTARILLA N°3	Proyecto:	
Tramo:		Revestimiento:	

Datos:

Caudal (Q):	6.563	m3/s
Ancho de solera (b):	2	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.01	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0,8328	m	Perímetro (p):	3,6656	m
Área hidráulica (A):	1,6656	m ²	Radio hidráulico (R):	0,4544	m
Espejo de agua (T):	2,0000	m	Velocidad (v):	3,9403	m/s
Número de Froude (F):	1,3785		Energía específica (E):	1,6241	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Figura 150: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_03. Fuente: elaboración propia.

$$0,83\text{m} < 1,00\text{ m}$$

Se comprueba que la altura normal del tirante hidráulico en la sección propuesta es menor que la altura disponible. **La sección propuesta entonces verifica hidráulicamente.**

Habiendo verificado la sección propuesta para la Alc_03, se procede a su planteo en planta y en alzado. Las cunetas trapeziales que bordean la calzada del proyecto de la RP89 desaguan en una extensión de la platea de hormigón de la alcantarilla o en su extensión como canal, evitando así un socavamiento en la boca del conducto en caso de no ser revestido (véase en el ANEXO de planos).

8.3.4 Alcantarilla Alc_04, progresiva 1+160

Condición de alcantarilla existente:

La alcantarilla Alc_04 es un caso particular, actualmente la misma recibe no solo el caudal que aporta la cuenca “D”, sino también el caudal proveniente de la cuenca “E”, debido a que la misma, escurre su caudal por medio de un canal de tierra que se encuentra a orillas del camino como se ilustra en la Figura 151.



Figura 151: cauce natural desviado por banquina lateral hacia la ubicación de la alcantarilla Alc_04. Fuente: elaboración propia.

A continuación, en la Figura 152 se ilustra satelitalmente la ubicación de dicha alcantarilla, con su correspondiente cuenca de aporte.

Al estudiar las cuencas se puede observar que se trata con un importante caudal, siendo la suma de dichas cuenas igual a 30,164 m³/s.



Figura 152: Ubicación de alcantarilla Alc_04 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal. Fuente: elaboración propia.

Este gran caudal se refleja en la envergadura del puente que actualmente existe. El mismo se encuentra en buenas condiciones estructurales, aunque como se puede apreciar en la Figura 153, el mismo se ha colmatado hasta casi tapan por completo su sección hidráulica útil. Además, se observan deformaciones en la chapa ondulada que sirve de bóveda de los vanos del puente.



Figura 153: alcantarilla existente aguas abajo y aguas arriba. Fuente: elaboración propia.

Un inconveniente muy importante es que el ancho del puente existente es de 7,00 m. El proyecto planteado en este informe tiene 4 carriles (dos de circulación y dos de estacionamiento, aunque se prohíba el estacionamiento sobre la obra de arte), por lo que el ancho de calzada de proyecto se aproxima a los 12,00 m.

Ante tal situación, y con consejo de la Dirección Provincial de Vialidad, se tomó la decisión de demoler el puente y reemplazarlo por dos alcantarillas que tomarán su correspondiente caudal.

La alcantarilla Alc_04, se ubicará en la progresiva 1+160, donde se ubica actualmente el puente y captará el caudal que aporta la Cuenca “D”. Por su parte, la alcantarilla Alc_05 se ubicará en la progresiva 2+261 y captará el caudal correspondiente a la cuenca “E”.

8.3.1.4 Dimensionado alcantarilla Alc_04

Se procede a utilizar el software computacional H-Canales. En el mismo, cargando los datos correspondientes al terreno, caudal y dimensiones de alcantarilla, se calcula el tirante normal de agua en la alcantarilla con la sección propuesta.

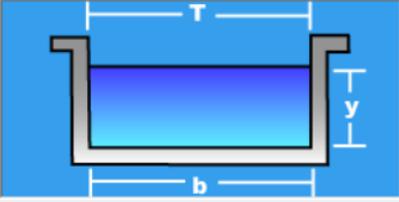
Datos de Alcantarilla Alc_04:

- Cuenca de Aporte: D
- Caudal [m³/s]: 13,439
- Condición actual: Existente, obstruida en un 80%.
- Luz (L): 4 m
- Alto (H): 1,25 m
- Pendiente de Alcantarilla: 3,10%
- Alcantarilla Tipo O-41211.

La sección tipo es la indicada en la Figura 149, de la alcantarilla tipo O-41211.

Lugar:	<input type="text" value="ALCANTARILLA N°4"/>	Proyecto:	<input type="text"/>
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="13.439"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="4"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.015"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.031"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.5176"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="5.0352"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="2.0705"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.4112"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="4.0000"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="6.4907"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.8804"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="2.6649"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Figura 154: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_04. Fuente: elaboración propia.

$$0,52\text{m} < 1,25 \text{ m}$$

Se comprueba que la altura normal del tirante hidráulico en la sección propuesta es menor que la altura disponible. **La sección propuesta entonces verifica hidráulicamente.**

Habiendo verificado la sección propuesta para la Alc_04, se procede a su planteo en planta y en alzado. Las cunetas trapeziales que bordean la calzada del proyecto de la RP89 desaguan en una extensión de la platea de hormigón de la alcantarilla o en su extensión como canal, evitando así un socavamiento en la boca del conducto en caso de no ser revestido (véase en el ANEXO de planos).

8.3.5 Alcantarilla Alc_05, progresiva 2+261

Condición de alcantarilla existente:

Como se explicó anteriormente, en la actualidad no se halla una alcantarilla en la progresiva de proyecto 2+261, ya que su caudal es conducido por un canal sin revestir en el margen derecho de la RP 89.

En el proyecto propuesto, se construirá una alcantarilla en la progresiva 2+261 con la finalidad de evacuar los caudales correspondientes a la cuenca "E", de tal manera que por los desagües laterales (cunetas) solo escurran los caudales correspondientes a la calzada.

En la Figura 155, se ilustra satelitalmente la ubicación de dicha alcantarilla planteada, con su correspondiente cuenca de aporte.

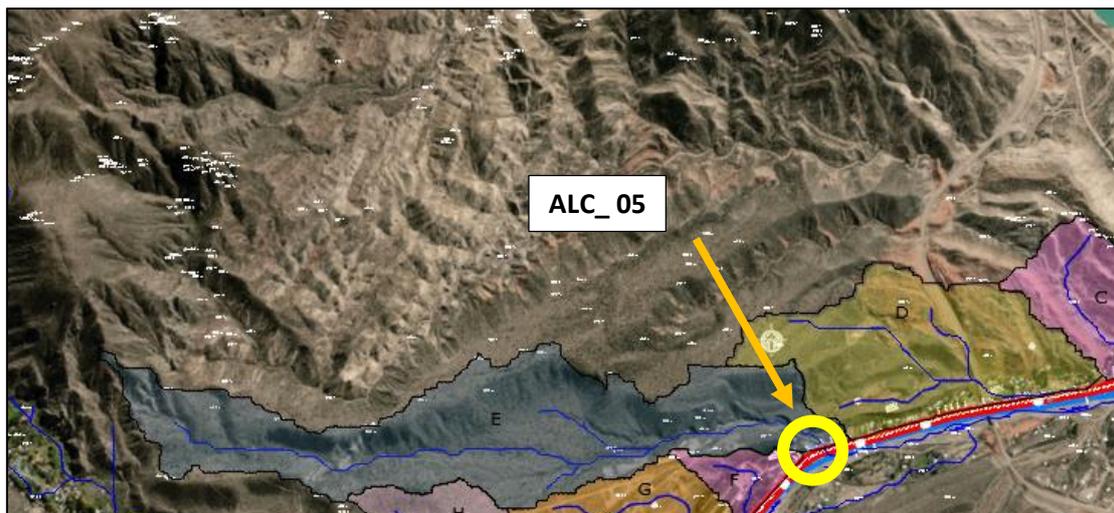


Figura 155: Ubicación de alcantarilla Alc_05 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal. Fuente: elaboración propia.

8.3.1.5 Dimensionado alcantarilla Alc_05

La dificultad que reviste esta alcantarilla en particular está en que el cauce se encuentra a nivel de calzada, por lo que para alterar en lo mínimo la condición de escurrimiento natural debe elevar la cota de la rasante de proyecto y realizar una leve excavación del cauce.

Se procede a utilizar el software computacional H-Canales. En el mismo, cargando los datos correspondientes al terreno, caudal y dimensiones de alcantarilla, se calcula el tirante normal de agua en la alcantarilla con la sección propuesta.

Datos de Alcantarilla Alc_05:

- Cuenca de Aporte: E
- Caudal [m^3/s]: 16,725
- Condición actual: Inexistente.
- Luz (L): 4 m
- Alto (H): 1,25 m
- Pendiente de Alcantarilla: 3,10%
- Alcantarilla Tipo O-41211.

La sección tipo es la indicada en la Figura 149, de la alcantarilla tipo O-41211.

Lugar:	ALCANTARILLA N°5	Proyecto:	
Tramo:	1	Revestimiento:	

Datos:	
Caudal (Q):	16.725 m ³ /s
Ancho de solera (b):	4 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.015
Pendiente (S):	0.031 m/m

Resultados:			
Tirante normal (y):	0.5977 m	Perímetro (p):	5.1953 m
Área hidráulica (A):	2.3906 m ²	Radio hidráulico (R):	0.4601 m
Espejo de agua (T):	4.0000 m	Velocidad (v):	6.9961 m/s
Número de Froude (F):	2.8893	Energía específica (E):	3.0923 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Figura 156: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_05. Fuente: elaboración propia.

$$0,60 \text{ m} < 1,25 \text{ m}$$

Se comprueba que la altura normal del tirante hidráulico en la sección propuesta es menor que la altura disponible. **La sección propuesta entonces verifica hidráulicamente.**

Habiendo verificado la sección propuesta para la Alc_05, se procede a su planteo en planta y en alzado. Las cunetas trapeciales que bordean la calzada del proyecto de la RP89 desaguan en una extensión de la platea de hormigón de la alcantarilla o en su extensión como canal, evitando así un socavamiento en la boca del conducto en caso de no ser revestido (véase en el ANEXO de planos).

8.3.6 Alcantarilla Alc_06, progresiva 2+740

Condición de alcantarilla existente:

La alcantarilla se encuentra estructuralmente en buenas condiciones, aunque la misma está obstruida en su totalidad, y al no tener rejillas intermedias es imposible desobstruir la alcantarilla, por lo que se proyecta su demolición y posterior reconstrucción.



Figura 157: alcantarilla existente aguas abajo. Fuente: elaboración propia.

NOTA: Se destaca que para las cuencas “F” y “G” no se está tomando en cuenta que el terreno ha sido modificado en gran magnitud por el establecimiento de potabilización de agua de “Aguas Mendocinas” o ex “Obras Sanitarias” (no se cuenta con esa información topográfica). Además se acepta que se está trabajando con el error de aproximadamente ± 5 metros introducido por las curvas de nivel satelitales, por lo que en este tipo de cuencas de pequeña magnitud se admite que, a fines académicos, los caudales se van a distribuir y desaguar por las alcantarillas propuestas.

Además, para estar del lado de la seguridad y dada la incertidumbre de distribución de caudales, se adopta el criterio siguiente para las cuencas F y G: si la alcantarilla existente tiene una sección hidráulica **mayor** a la sección hidráulica con la que verifican los cálculos, se adoptarán las dimensiones de la alcantarilla existente.

En la Figura 158, se ilustra satelitalmente la ubicación de dicha alcantarilla, con su correspondiente cuenca de aporte.

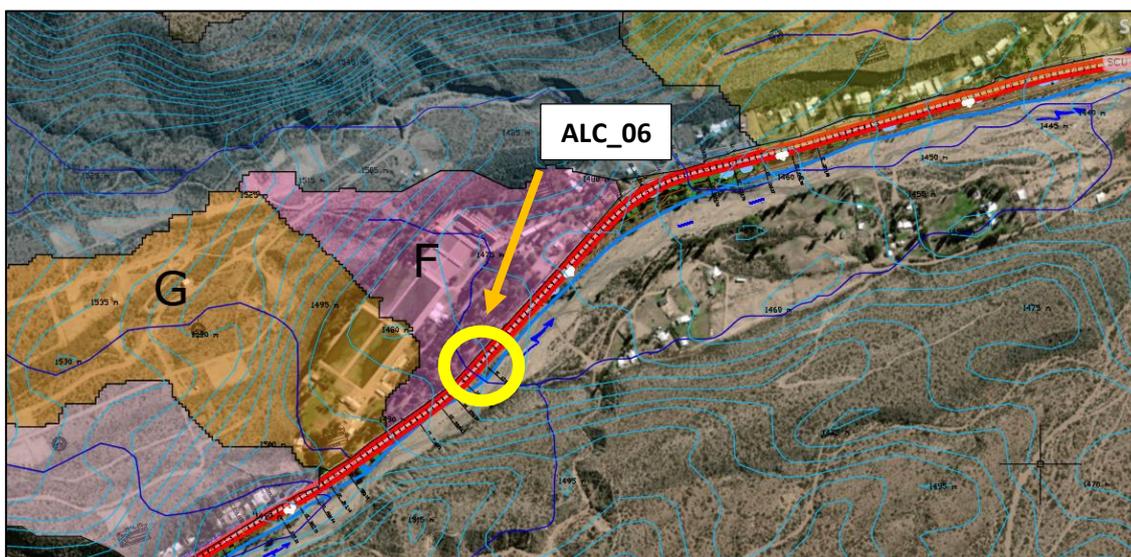


Figura 158: ubicación de alcantarilla Alc_06 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal. Fuente: elaboración propia.

8.3.1.6 Dimensionado alcantarilla Alc_06

Se procede a utilizar el software computacional H-Canales. En el mismo, cargando los datos correspondientes al terreno, caudal y dimensiones de alcantarilla, se calcula el tirante normal de agua en la alcantarilla con la sección propuesta.

Datos de Alcantarilla Alc_06:

- Cuenca de Aporte: F
- Caudal [m³/s]: 2,418
- Condición actual: Existente, obstruida en su totalidad.
- Luz (L): 0,7m
- Alto (H): 0,7 m
- Pendiente de Alcantarilla: 6% (Reacondicionar Cauce)
- Alcantarilla Tipo A-42.

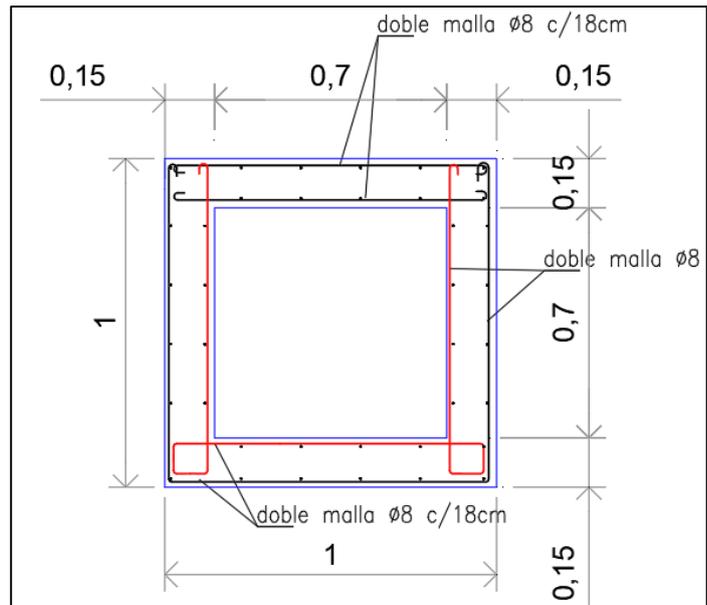


Figura 159: sección propuesta para la Alc_06. Fuente: elaboración propia.

Lugar:	ALCANTARILLA N°6	Proyecto:	
Tramo:		Revestimiento:	

Datos:			
Caudal (Q):	2.42	m³/s	
Ancho de solera (b):	0.7	m	
Talud (Z):	0		
Rugosidad (n):	0.015		
Pendiente (S):	0.06	m/m	

Resultados:					
Tirante normal (y):	0,5832	m	Perímetro (p):	1,8663	m
Área hidráulica (A):	0,4082	m²	Radio hidráulico (R):	0,2187	m
Espejo de agua (T):	0,7000	m	Velocidad (v):	5,9282	m/s
Número de Froude (F):	2,4785		Energía específica (E):	2,3744	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Figura 160: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_06. Fuente: elaboración propia.

$$0,58\text{m} < 0,70\text{m}$$

Se comprueba que la altura normal del tirante hidráulico en la sección propuesta es menor que la altura disponible. **La sección propuesta entonces verifica hidráulicamente.**

Habiendo verificado la sección propuesta para la Alc_06, se procede a su planteo en planta y en alzado. Las cunetas trapeziales que bordean la calzada del proyecto de la RP89 desaguan en una extensión de la platea de hormigón de la alcantarilla o en su extensión como canal, evitando así un socavamiento en la boca del conducto en caso de no ser revestido (véase en el ANEXO de planos).

8.3.7 Alcantarilla Alc_07, progresiva 2+960

Condición de alcantarilla existente:

Como se puede observar en la Figura 161, la alcantarilla se encuentra en funcionamiento y desobstruida, aunque la misma muestra muy malas condiciones estructurales. Se puede apreciar como el caño de hormigón se ha erosionado en su parte inferior.



Figura 161: alcantarilla existente aguas abajo. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 162 se ilustra satelitalmente la ubicación de dicha alcantarilla, con su correspondiente cuenca de aporte.

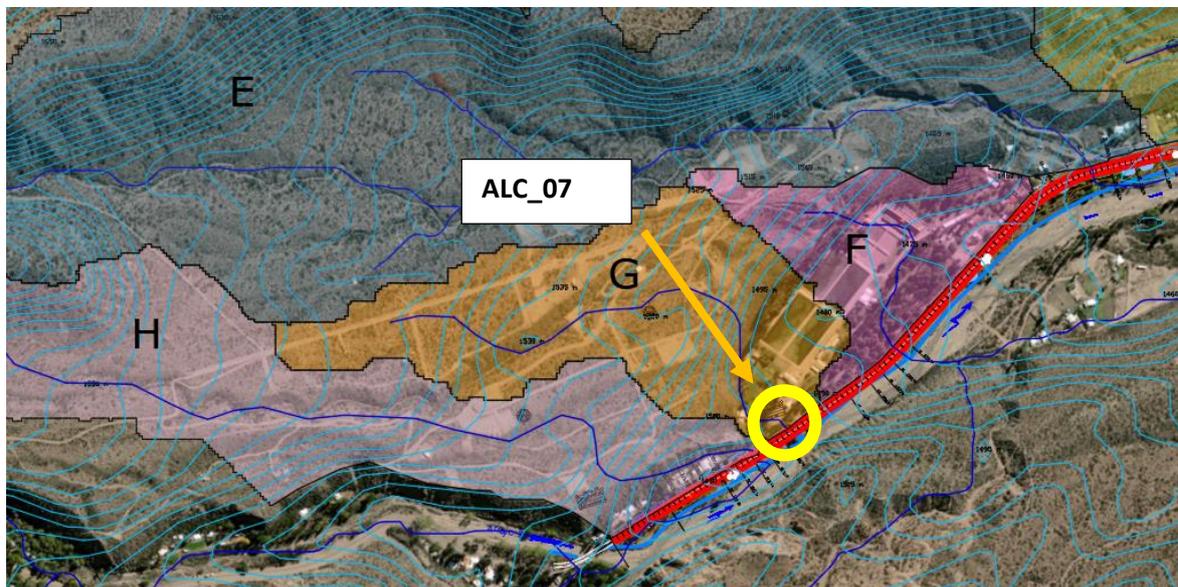


Figura 162: ubicación de alcantarilla Alc_07 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal. Fuente: elaboración propia.

8.3.1.7 Dimensionado alcantarilla Alc_07

Se procede a utilizar el software computacional H-Canales. En el mismo, cargando los datos correspondientes al terreno, caudal y dimensiones de alcantarilla, se calcula el tirante normal de agua en la alcantarilla con la sección propuesta.

Datos de Alcantarilla Alc_07:

- Cuenca de Aporte: G
- Caudal [m³/s]: 4,584
- Condición actual: Existente, erosionada gravemente.
- Luz (L): 1 m
- Alto (H): 1 m
- Pendiente de Alcantarilla: 5%
(Reacondicionar Cauce)
- Alcantarilla Tipo A-42.

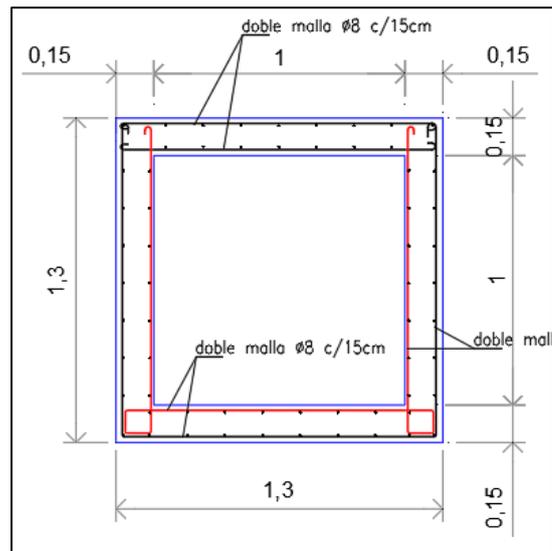


Figura 163: sección propuesta para la Alc_07. Fuente: elaboración propia.

Lugar:	ALCANTARILLA N°7	Proyecto:	
Tramo:		Revestimiento:	

Datos:	
Caudal (Q):	4,584 m³/s
Ancho de solera (b):	1 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0,015
Pendiente (S):	0,053 m/m

Resultados:			
Tirante normal (y):	0,6836 m	Perímetro (p):	2,3672 m
Área hidráulica (A):	0,6836 m²	Radio hidráulico (R):	0,2888 m
Espejo de agua (T):	1,0000 m	Velocidad (v):	6,7055 m/s
Número de Froude (F):	2,5893	Energía específica (E):	2,9753 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Figura 164: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_07. Fuente: elaboración propia.

$$0,68\text{m} < 1,00\text{ m}$$

Se comprueba que la altura normal del tirante hidráulico en la sección propuesta es menor que la altura disponible. **La sección propuesta entonces verifica hidráulicamente.**

Habiendo verificado la sección propuesta para la Alc_07, se procede a su planteo en planta y en alzado. Las cunetas trapeciales que bordean la calzada del proyecto de la RP89 desaguan en una extensión de la platea de hormigón de la alcantarilla o en su extensión como canal, evitando así un socavamiento en la boca del conducto en caso de no ser revestido (véase en el ANEXO de planos).

8.3.8 Alcantarilla Alc_08, progresiva 3+023

Condición de alcantarilla existente:

Como se puede observar en la Figura 158, la alcantarilla se encuentra en funcionamiento y desobstruida, y aunque la misma se encuentra en buenas condiciones estructurales, las dimensiones de la alcantarilla actual (1,00 m x 0,50 m), no verifican hidráulicamente el caudal de la cuenca asociada, por lo que se reconstruirá con dimensiones adecuadas.



Figura 165: alcantarilla existente aguas abajo. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 166 se ilustra satelitalmente la ubicación de dicha alcantarilla, con su correspondiente cuenca de aporte.

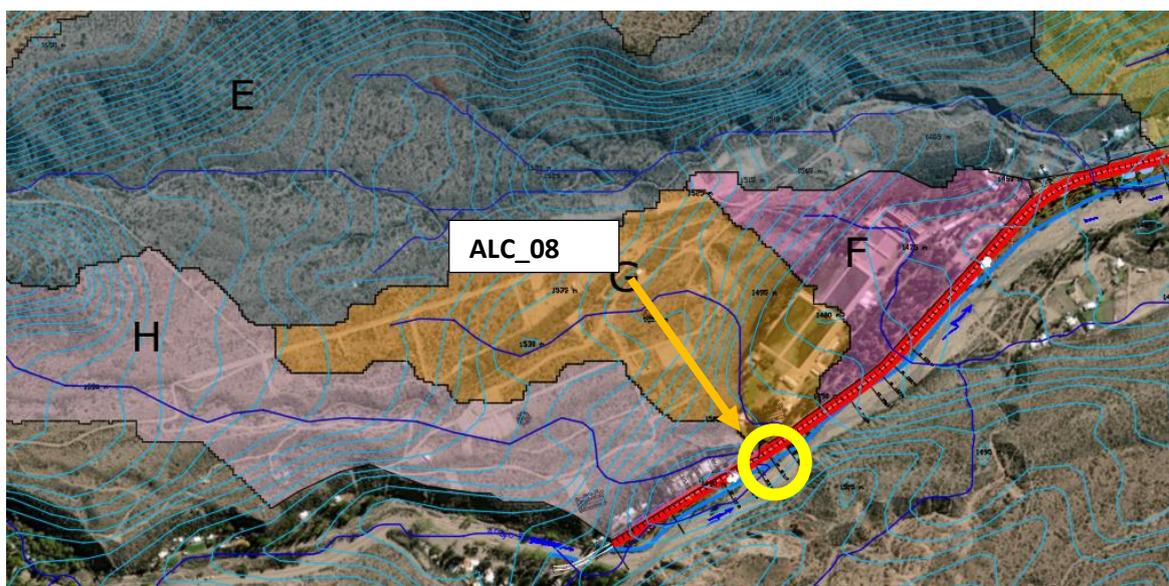


Figura 166: ubicación de alcantarilla Alc_08 con su correspondiente cuenca de aporte de caudal. Fuente: elaboración propia.

8.3.1.8 Dimensionado alcantarilla Alc_08

Se procede a utilizar el software computacional H-Canales. En el mismo, cargando los datos correspondientes al terreno, caudal y dimensiones de alcantarilla, se calcula el tirante normal de agua en la alcantarilla con la sección propuesta.

Datos de Alcantarilla Alc_08:

- Cuenca de Aporte: H
- Caudal [m³/s]: 6,021
- Condición actual: Existente, no verifica geometría.
- Luz (L): 1 m
- Alto (H): 1 m
- Pendiente de Alcantarilla: 3,8%
(Reacondicionar Cauce)
- Alcantarilla Tipo A-42.

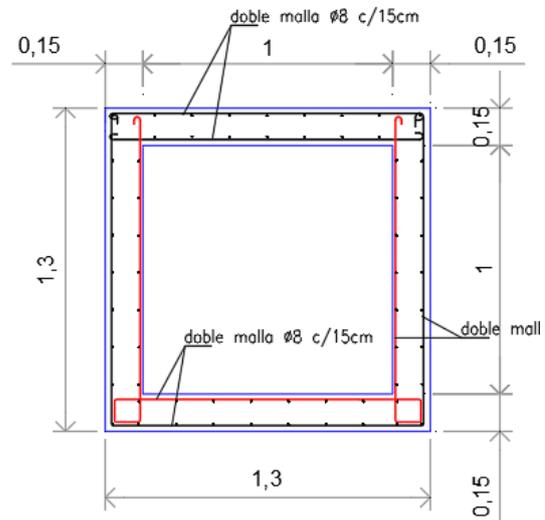


Figura 167: sección propuesta para la Alc_08. Fuente: elaboración propia.

Lugar:	<input type="text" value="ALCANTARILLA N°8"/>	Proyecto:	<input type="text"/>
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="6.021"/> m ³ /s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1"/> m	
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.015"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.038"/> m/m	

Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0,9703"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="2,9405"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0,9703"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0,3300"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="1,0000"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="6,2055"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2,0114"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="2,9330"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Figura 168: verificación hidráulica de la sección en H-Canales, alcantarilla Alc_08. Fuente: elaboración propia.

$0,97\text{m} < 1,00\text{ m}$

Se comprueba que la altura normal del tirante hidráulico en la sección propuesta es menor que la altura disponible. **La sección propuesta entonces verifica hidráulicamente.**

Habiendo verificado la sección propuesta para la Alc_08, se procede a su planteo en planta y en alzado. Las cunetas trapeciales que bordean la calzada del proyecto de la RP89 desaguan en una extensión de la platea de hormigón de la alcantarilla o en su extensión como canal, evitando así un socavamiento en la boca del conducto en caso de no ser revestido (véase en el ANEXO de planos).

8.4 Resumen alcantarillas de proyecto

A continuación, en la Tabla 67, se detalla un resumen con los datos más relevantes de las alcantarillas proyectadas en el apartado anterior:

Tabla 67: Resumen de las alcantarillas proyectadas. Fuente: Elaboración propia.

ALCANTARILLAS CON SECCIÓN TIPO A-42						
Ubicación	Designación	PK	L [m]	H [m]	i [%]	Decisión
Tramo básico	Alc_01	0+249	0,70	0,70	1,00	Reconstrucción
Tramo básico	Alc_02	0+590	1,00	1,00	1,00	Reconstrucción
Tramo básico	Alc_06	2+740	0,70	0,70	6,00	Reconstrucción
Tramo básico	Alc_07	2+960	1,00	1,00	5,00	Reconstrucción
Tramo básico	Alc_08	3+023	1,00	1,00	3,80	Reconstrucción
ALCANTARILLAS CON SECCIÓN TIPO O-41211						
Ubicación	Designación	PK	L [m]	H [m]	i [%]	Decisión
Tramo básico	Alc_03	0+796	2,00	1,00	1,00	Reconstrucción
Tramo básico	Alc_04	1+160	4,00	1,25	3,10	Reconstrucción
Retorno N°3	Alc_05	2+261	4,00	1,25	3,10	Reconstrucción

Como conclusión, en el ANEXO de planos se adjunta la documentación gráfica detallando cada una de las alcantarillas desarrolladas en el presente capítulo. Del mismo modo en el Capítulo 9, se desarrolla la planilla complementaria cuantificando metros cúbicos de hormigón y armadura (toneladas de acero) necesarios para la construcción de cada una de ellas.

CAPÍTULO 9 – COMPUTO MÉTRICO

9.1 Introducción

Finalizando el estudio del presente proyecto, en sus implicancias de diseño geométrico planimétrico, altimétrico y transversal, como también los drenajes de las principales cuencas afluentes al mismo, es posible realizar el cómputo métrico final para la propuesta de ésta obra vial. Es necesario aclarar que el mismo se realiza en términos de “anteproyecto” con fines académicos y con la información disponible al momento del estudio, la cual será necesaria profundizar en caso de realizar un cómputo para proyecto ejecutivo por parte de la Dirección Provincial de Vialidad y ulterior cotización.

La determinación de un cómputo requiere medir áreas, longitudes y volúmenes de la obra que permitan determinar la cantidad de materiales, mano de obra y equipos necesarios para construirla. Generalmente el cómputo se realiza midiendo sobre planos de proyecto y contrastando con la realidad, así como también conociendo el proceso y técnicas constructivas para la ejecución del mismo.

Además de hacer una medición de los materiales intervinientes en la construcción de ciertas cantidades de cada tarea o ítem, se debe tener en cuenta los porcentajes de desperdicio o de imprevistos de dichos materiales por roturas, prácticas rutinarias de traslado desde la fábrica, por prácticas del proveedor, su depósito en obra y por su colocación definitiva. El porcentaje asignado dependerá de la economía del material y de la exactitud de los procesos empleados para construir dicho ítem (tecnología disponible).

La información básica descriptiva de cada ítem o tarea, así como su forma de medición, se detalla en el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales (PETG) de la Dirección Provincial de Vialidad. Las tareas y especificaciones particulares del futuro proyecto ejecutivo, técnicas y aclaraciones, se detallarán respectivamente en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares (PETP) al momento de licitarse por parte del organismo público.

9.2 Itemizado de tareas constructivas para ejecutar el proyecto:

A continuación, se definen las tareas o ítems intervinientes que se entiende serán necesarios para construir la obra tal como se la proyectó, contemplando las tareas necesarias para realizarla. Se reitera que los ítems enlistados responden al planteo de un anteproyecto vial con fines académicos, sujetos a un mayor estudio y diversificación al momento de desarrollarse el proyecto ejecutivo por parte de la repartición pública (DPV).

9.2.1 Erradicación de forestales

Este trabajo comprende el desbosque, destronque, desenraizado, desarbustización, desmalezamiento y limpieza del terreno dentro de los límites de todas las superficies destinadas a la ejecución de desmontes, terraplenes, abovedamientos, cunetas, zanjas y préstamos para extracción de materiales.

Este ítem consiste en la demarcación, erradicación, destroce, retiro de la zona de camino de los árboles, extracción de tocones y productos sobrantes de dichas operaciones. Los árboles y tocones por erradicar se medirán en unidades [un].

9.2.2 Demolición (de pavimentos asfálticos y de hormigones)

Este ítem comprende los trabajos de demolición de pavimento y obras de hormigón en toda el área de intervención. Incluye demolición de calzada, cunetas, cordón y banquetas. Los materiales provenientes de la demolición serán extraídos, cargados, transportados y descargados ordenadamente en donde lo indique la subdirección de ambiente y energía (o el organismo análogo en su momento).

En este estudio, se subdivide la demolición en: demolición de pavimentos asfálticos y en demolición de hormigones (teniendo en cuenta los distintos procesos involucrados para cada una). La demolición de pavimentos asfálticos se computa en metros cuadrados [m²] y la demolición de hormigones en metros cúbicos [m³].

9.2.3 Terraplenes con compactación especial

Cantidad total de metros cúbicos [m³] que representa la estructura de suelos para sustentar la obra. Este trabajo consistirá en la limpieza del terreno cuando esta tarea no sea medida en otro ítem, en las áreas donde se construirán los terraplenes, y en la formación de los mismos utilizando los materiales aptos provenientes de los diversos tipos de excavación. Se medirán de acuerdo con los perfiles transversales y aplicando el método de la media de las áreas entre cada progresiva correspondiente. Luego se realizará la compactación correspondiente hasta obtener el peso específico aparente indicado.

9.2.4 Excavación para fundaciones de obras de arte

Toda excavación se realizará en la forma especificada en los planos según la obra de arte y se computará por medio de secciones transversales. El volumen excavado se calculará por el método de la media de las áreas, expresándose en metros cúbicos [m³].

9.2.5 Excavación no clasificada

Este trabajo consistirá en toda excavación necesaria para la construcción del camino e incluirá la **“limpieza del terreno”** dentro de la zona de camino, remoción de plantas y arbustos no leñosos, pastos, yuyos, cañaverales, hierbas, malezas y demás vegetación herbácea, ejecución de desmontes y faldeos, zanjas, cauces y canales; la apertura de préstamos para extracción de suelos, la remoción de materiales para destapes de yacimientos; la formación de terraplenes, rellenos y banquetas, utilizando los productos excavados; y todo otro trabajo de excavación necesario para la terminación del camino de acuerdo con los perfiles e indicaciones de los planos.

Todos los materiales aptos, producto de las excavaciones, serán utilizados en la medida de lo posible en la formación de terraplenes, banquetas, rellenos y en todo otro lugar de la obra indicado en los planos o por la Inspección. Todos los productos de la excavación que no sean utilizados, serán dispuestos en forma conveniente en lugares aprobados por la misma.

Cuando el producto total de una determinada excavación se utilice en la formación de terraplenes, banquetas, revestimiento de taludes, recubrimiento de suelo seleccionado, bases o sub-bases, no se computará el volumen del mismo como excavación.

Se medirá como excavación la suma de los volúmenes computados expresados en metros cúbicos [m³] en su posición original.

EXCAVACIÓN (a medir) = A + B + C

- A: Volumen de excavación de suelos “inaptos” que no cumplan con las condiciones mínimas exigidas para formar parte de los terraplenes.
- B: La Diferencia entre el volumen total de excavación, deducidas las excavaciones de suelos inaptos, ya indicadas en A y el volumen total de terraplén correspondiente al perfil tipo de proyecto, multiplicando por el coeficiente de compactación adoptado en el mismo (1,13).
- C: Volumen de excavaciones necesarias para la construcción de desagües y cauces, siempre que el Contratista no emplee suelos obtenidos en la construcción de terraplenes, recubrimientos, etc.

En este proyecto estudiado, para simplificación del análisis, **se considera que el 100% del material excavado puede ser aprovechado para la ejecución de terraplenes, bases y sub-bases.** Por ende, la excavación “no clasificada” a computar deviene de la diferencia entre el volumen total de corte previsto y el volumen total de relleno necesario.

9.2.6 Bases y sub-bases estabilizadas de agregado pétreo y suelo

Este ítem consiste en la construcción de base y sub-base, constituida por agregados pétreos con o sin incorporación de suelos cohesivos y con la compactación indicada en pliego. Se medirá en metros cúbicos [m³], multiplicando la longitud por el ancho y espesor indicado, establecidos en los planos para cada sección de base y sub-base construida o reparada.

9.2.7 Imprimación con material bituminoso

La Imprimación simple consiste en una aplicación de material bituminoso sobre una superficie preparada de tal modo que aquel penetre en la misma.

La Imprimación reforzada se efectúa haciendo una segunda aplicación de material bituminoso, una vez que ha secado la primera y realizando inmediatamente una distribución de arena.

Se medirá en metros cuadrados [m²], multiplicando la longitud de cada sección de camino, por el ancho establecido en el proyecto para ella.

9.2.8 Carpeta de concreto asfáltico en caliente (e= 5 cm), incluido riego de liga

Cómputo de la superficie que representa la capa de Concreto Asfáltico a lo largo de todo el trazado proyectado. Este ítem consiste en la ejecución, con todas las tareas que ésta requiera, de una carpeta bituminosa de 5cm de espesor sobre la base estabilizada imprimada en la calzada de rodamiento.

Su medición surge del resultado de considerar el ancho de la carpeta asfáltica indicado en los perfiles transversales tipo de proyecto por la longitud de aplicación de dichos perfiles. Se mide en [m²].

9.2.9 Pavimento de hormigón H-30, e=0,23 m

Este ítem comprende los trabajos de calzada de hormigón en la intersección indicada en la planimetría (rotonda) y los pavimentos de los retornos 1 a 3. En sectores previamente adecuados para su hormigonado, se debe tener especial consideración en la realización de juntas longitudinales, o entre junta de la banquina y la junta longitudinal próxima. También se incluye la pertinente ejecución de juntas transversales en el pavimento. La resistencia del hormigón (H-30) ejecutado en obra deberá cumplir o superar resistencia mecánica indicada en el cálculo del capítulo correspondiente al proyecto según Reglamento CIRSOC.

Este ítem será medido en metros cúbicos [m³].

9.2.10 Hormigón H-25

Se contabilizan los volúmenes de hormigón requerido para la construcción de las alcantarillas O-41211 y A-42 previstas en el proyecto (ver Capítulo 8) según sus planos tipo. La resistencia del hormigón (H-25) ejecutado en obra deberá cumplir con la resistencia mecánica establecida en Reglamento CIRSOC o superar la misma. No se considerará el tipo o metodología constructiva de los mismos, solo el volumen necesario para su ejecución. Se mide en metros cúbicos [m³].

9.2.11 Hormigón H-17

Se contabilizan los volúmenes de hormigón requerido para la construcción de las alcantarillas O-41211 y A-42 previstas en el proyecto (ver Capítulo 8) según sus planos tipo. La resistencia del hormigón (H-17) ejecutado en obra deberá cumplir con la resistencia mecánica establecida en Reglamento CIRSOC o superar la misma. No se considerará el tipo o metodología constructiva de los mismos, solo el volumen necesario para su ejecución. Se mide en metros cúbicos [m³].

9.2.12 Acero especial ADN 420 colocado

Se consideran todos los aceros, ya sea en barras o mallas utilizadas en las obras de arte a construir de hormigón armado.

La forma y distribución de las barras de las armaduras que se consigna en los planos respectivos, corresponden a las mínimas secciones del material que se requiere en las distintas partes de cada pieza. El peso del acero especial se calculará teniendo en cuenta el diámetro teórico adoptado para la barra y el peso específico de 7,85 kg/dm³, multiplicado por la cuantía volumétrica por metro cúbico de hormigón. Se mide en toneladas [tn].

9.2.13 Vereda peatonal de hormigón a construir, e=0,08m

Comprende la ejecución de vereda de hormigón de calidad H-30 según se especifica en plano de perfiles transversales tipo. Se mide en metros cúbicos [m³], considerando un espesor 0,08m, ancho 2,60m o 1,60m (ver perfiles transversales tipo) y longitud indicada en plano de planta o de aplicación según perfil tipo.

9.2.14 Ejecución de cuneta trapezoidal revestida con piedra

Contempla la ejecución de una cuneta trapezoidal revestida con piedra bola, cuyas dimensiones se especifican en el plano de detalles correspondiente; su longitud total se computa desde su aplicación en planta. Se mide en metros lineales [m].

9.2.15 Construcción de cordones de hormigón

Este ítem consiste en la ejecución de todos los tipos de cordones especificados en el proyecto, tanto en planimetrías como perfiles transversales tipo, cortes y planos de detalles, a saber: cordón integral para pavimento de hormigón, cordón banquina para pavimento flexible, cordón montable separador central, cordón montable para delantal para camiones y cordón de borde para pavimentos de embocaduras con calles transversales. Se contabiliza en metros lineales [m], según aplicación en planta y perfiles tipo.

9.2.16 Construcción de defensa rígida tipo medio New Jersey

Las barreras de seguridad “New Jersey”, o “tipo F”, son diseñadas para su utilización en separaciones de vías y delimitación lateral. Son prefabricadas de hormigón y su transición de inicio y fin se explicita en el correspondiente plano de detalles. Se computa en metros lineales [m] según planimetrías y aplicación del perfil transversal tipo que la incluye.

9.2.17 Baranda peatonal metálica

Comprende la ejecución de una baranda peatonal de desarrollo lineal bordeando la vereda de hormigón, para la protección de los transeúntes por la facilidad peatonal frente a la cuneta trapecial o calzada adyacente a la misma. Comprende la ejecución de una fundación corrida de hormigón y de la estructura metálica propiamente dicha para la defensa del peatón.

Se procede a computarla en metros lineales [m].

9.2.18 Relleno de tierra preparada para gramíneas

Consiste en la colocación de tierra preparada para las especies vegetales en los canteros centrales e isletas partidoras de la rotonda y los retornos proyectados. Se mide en metros cúbicos [m³], considerando un espesor de 10 cm en una extensión de área según las planimetrías.

9.2.19 Provisión y colocación de rejas para bocas de limpieza

Consiste en la provisión de enrejados cuadrangulares o rectangulares conformados por perfilera de acero laminado en caliente o plegados en frío, cuya función es la de proporcionar un espacio de adecuadas dimensiones para el acceso de personal de mantenimiento a las alcantarillas u otros conductos o espacios normalmente cerrados. El tipo de enrejado y su conformación deberá ser detallado en la información gráfica del proyecto. Se computará en unidades [un].

9.2.20 Puente sobre Río Blanco (estudio no contemplado en este proyecto)

Así como se indicó en el Capítulo 7, se prevé la construcción de un puente vehicular para sortear el cruce sobre el cauce del Río Blanco. Dicho proyecto de puente no es parte de la extensión investigativa y proyectiva de este informe, por lo que solamente se menciona como ítem a ejecutar para completar la reconstrucción de la RP N°89, en el tramo estudiado.

Se mide en unidades globales [gl].

9.2.21 Estructura de gaviones para protección de márgenes de Río Blanco (estudio no contemplado en este proyecto)

Como obra complementaria a la construcción del puente vehicular sobre el Río Blanco, se prevé la ejecución de un sistema de protección de márgenes en la embocadura del río debajo del puente proyectado. Dicha protección, prevista de gaviones, no es parte de la extensión investigativa y proyectiva de este informe, por lo que solamente se menciona como ítem a ejecutar para completar la reconstrucción de la RP N°89, en el tramo estudiado.

Se mide en unidades globales [gl].

Todas las tareas e ítems a ejecutar para la concreción del proyecto de Reconstrucción de la Ruta Provincial N° 89 – Av. Los Cóndores, en la extensión académica que este informe abarca, se han detallado anteriormente en la sección 9.2 del presente capítulo.

NOTA: Debido a que la información que se computa es de carácter sensible y confidencial para la Dirección Provincial de Vialidad, se decidió institucionalmente NO INCLUIR en este informe la planilla de cómputo métrico que enumera las cantidades de cada ítem. Dicha planilla fue entregada oportunamente a la repartición. La metodología de cómputo de cada ítem ya se ha expuesto debidamente en las líneas anteriores.

CAPÍTULO 10 – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A lo largo de este informe se ha abordado el estudio y proyecto de la Reconstrucción de la Ruta Provincial N°89 – Av. Los Cóndores, facilidad vial ubicada en la localidad de Potrerillos, del departamento Luján de Cuyo, provincia de Mendoza, Argentina.

Ordenada y secuencialmente, los pasos desarrollados han concluido en la generación de una propuesta acorde a los requerimientos del proyecto, con fundamentaciones tanto teóricas como empíricas que dan sustento al resultado obtenido. A través del análisis detallado de los datos y la aplicación de métodos y técnicas de ingeniería, se logró identificar las necesidades y proponer soluciones efectivas.

Desde la concepción del proyecto en su entorno físico y socioeconómico, pasando por las etapas de estudio de tránsito, diseño geométrico y estructural, el análisis hidrológico e hidráulico para el diseño de alcantarillas y las propuestas para obras de arte de mayor envergadura, se llegó a la finalización del mismo con el computado de ítems implicados en la construcción de la obra, aspecto que ayuda a cuantificar la magnitud de la propuesta estudiada.

Además, se incluyó información gráfica clara y concisa, que muestra los resultados de los análisis y las propuestas de reconstrucción de manera visualmente accesible para quienes hagan uso de este informe. Esta información gráfica brinda una visión general de las mejoras propuestas, permitiendo una comprensión rápida y efectiva de los aspectos clave del proyecto.

Se vuelve a destacar que este estudio responde a los alcances académicos de un trabajo de tesis de grado, por lo que se recuerda al lector que muchos aspectos que completan el proyecto vial deben ser aún evaluados con mayor énfasis y detalle, lo cual excede el planteo de los autores. Sabiendo que el diseño geométrico en forma integral es coherente y correcto, se recomienda estudiar en mayor detalle el empalme de tramos básicos con las intersecciones y retornos. Al igual que profundizar el proyecto de desagües y su documentación gráfica. Como también se sugiere complementar la información con un planteo de señalización vertical y demarcación horizontal. Todas estas consideraciones completarán lo aquí desarrollado para lograr un proyecto ejecutivo de esta obra de reconstrucción.

También queda abierta la posibilidad de analizar otras soluciones que respondan a la necesidad que inició esta propuesta, ya sea en el planteo de un tipo diferente de sección transversal, en la reubicación de los puntos de retorno como también en su implementación o no, en la propuesta de otros métodos de drenaje, etcétera.

Aun así, se quiere destacar en gran medida la integración de numerosos conceptos adquiridos durante la carrera de grado, volcados criteriosamente en la realización de este proyecto: consideración del entorno socio-económico-ambiental, conceptualización de solicitudes estructurales, proyección a futuro de la solicitud y desempeño de la obra, previsión de infraestructura para encauzamiento de agentes dañinos (desagües de las precipitaciones) y por último la cuantificación del proyecto en unidades fácilmente presupuestables.

Tal como se indicó al inicio del informe, el lector puede aprovecharlo como material de consulta en el desarrollo de proyectos afines, complementando los conocimientos que pueda haber adquirido en su carrera. Se alienta a que criteriosamente emplee lo aquí expuesto, complementando con otras fuentes de sostenida fundamentación.

En conclusión, este estudio proporciona una base sólida para la toma de decisiones en relación con la reconstrucción y mejora de la Ruta Provincial N°89. Los resultados presentados demuestran la importancia de considerar aspectos técnicos y de tránsito en la planificación de proyectos viales, con el objetivo de garantizar la seguridad y eficiencia del sistema de transporte. La implementación de las recomendaciones propuestas contribuirá a mejorar la calidad de la infraestructura vial y brindar una experiencia de viaje óptima para los usuarios

Los autores de este informe quieren finalizar este apartado manifestando que ven enormemente positiva la posibilidad de haber concretado en un proyecto todos los conocimientos que a lo largo de sus estudios han adquirido, proyecto que seguramente signifique un aporte sustancial en el desarrollo zonal de la localidad de Potrerillos y que traerá aparejado el beneficio socioeconómico de los habitantes como también una mejora en aspectos de circulación y seguridad al hacer uso de la facilidad vial propuesta.



Figura 169: visualización del proyecto generado en programa público Google Maps. Fuente: elaboración propia.

LISTA DE REFERENCIAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Zuluaga, J.M. et al (2008). *Caracterización de contaminantes del Río Blanco previo a su descarga en el Embalse Potrerillos*. Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. República Argentina.

Observatorio de Áreas Pobladas, Ministerio de Minería y Energía, potenciado con datos del INDEC (2011). *Catálogo de información Socio Energética*. República Argentina.

Dirección Nacional de Vialidad (1980). *Normas de diseño geométrico de carreteras*. República Argentina.

Dirección Nacional de Vialidad (2010). *Proyecto de Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*. República Argentina.

Barrantes Jiménez, R. y Sibaja Obando, D. (2008). *Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices de la red vial nacional*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

Barrantes Jiménez, R. et al (2008). *Desarrollo de herramientas de gestión con base en la determinación de índices red vial nacional*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

Espinoza, E. et al (2019). *Apuntes teóricos de la Unidad N° 2 y 4, cátedra Vías de Comunicación I*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. República Argentina.

Espinoza, E. et al (2020). *Apuntes teóricos de la Unidad N° 8, cátedra Vías de Comunicación II*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. República Argentina.

Espinoza, E. et al (2020). *Apuntes teóricos, cátedra Vías de Comunicación II*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. República Argentina.

Olivencia, Luis Alberto (2014). *Apuntes teóricos, cátedra Vías de Comunicación II*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. República Argentina.

Bañón Velázquez, L. y Beviá García, J. F. (2000). *Manual de carreteras, Volumen 1 y 2*. Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A. España.

Martínez Ospino, L.M. y Noguera Núñez, R.D (2020). *Modelos de serviciabilidad de pavimentos a partir del índice de condición del pavimento (PCI) con relación a las velocidades de operación*. Universidad de La Costa, CUC. Colombia.

- Rivera, J.J.** (2007). *Metodología para la estimación del TMDA mediante conteos de tránsito esporádicos en la zona central de la República Argentina*. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe. República Argentina.
- Giunta, J.** (2021). *Apuntes teóricos, cátedra Tránsito y Transporte*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. República Argentina.
- Giunta, J.** (2021). *Apuntes prácticos, cátedra Tránsito y Transporte*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. República Argentina.
- Espinoza, E. et al** (2020). *Apuntes teóricos – Modelo AASHTO '93, cátedra Vías de Comunicación II*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. República Argentina.
- Espinoza, Edgardo** (2020). *Apuntes sobre diseño de pavimentos flexibles, basados en el curso dictado por el Ing. Oscar Cordó, de la EICAM - UNSJ*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. República Argentina.
- Oscar, Cordó** (1998). *Manual AASHTO '93, tercera edición (traducción propia)*. Escuela de Caminos de Montaña, Universidad Nacional de San Juan. República Argentina.
- Calo, D. et al** (2014). *Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón, 1ra edición*. Instituto del Cemento Portland Argentino. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina.
- American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO** (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets – Green Book, 6th Edition*. Estados Unidos de América.
- American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO** (1993). *A Guide for Design of Pavement Structures*. Estados Unidos de América.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, División de Desarrollo Urbano** (2009). *Manual de Vialidad Urbana. Recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana*. República de Chile.
- Chain, Daniel G.** (2015). *Manual de Diseño Urbano, 1ra edición*. Subsecretaría de Proyectos de Urbanismo, Arquitectura e Infraestructura - Ministerio de Desarrollo Urbano. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina.
- Sierra, Francisco J.** (1990). *Apuntes de Diseño Vial Urbano*. Escuela de Graduados, Ingeniería de Caminos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires. República Argentina.

Instituto del Cemento Portland Argentino (1968). *Pavimentos Urbanos de Hormigón de Cemento Portland*. Buenos Aires. República Argentina.

Ruiz, M. et al (2016). *Criterios de Prefactibilidad para Diseños de Intersecciones Viales*. XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito. Rosario, Santa Fe. República Argentina.

SweRoad, Engineering Consulting Company (2000). *Highway Design Report, Appendix 1, Proposed principles for selection of intersection type*. Ankara, Turquía.

Ruiz Díaz y Asociados, Consultora (2018). Consideraciones hidrológicas. Puente sobre el Río Blanco. San Juan. República Argentina.

Chow, V. T. et al (1994). *Hidrología Aplicada*. Estados Unidos de América.

Dominguez Solar, F. J. (1974). *Hidráulica*. 6ta edición, 1999. República de Chile.

Dirección Provincial de Vialidad. *Pliego de Especificaciones Técnicas Generales*. Gobierno de Mendoza. Mendoza. República Argentina.

REFERENCIAS DIGITALES Y WEB

Blog turístico público “VamosMendoza” (7 de agosto de 2018). *Circuito La Carrera*. Blog VamosMendoza. <https://vamosmendoza.com/index.php/2018/08/07/circuito-la-carrera-tupungato/>

Dirección Provincial de Vialidad (25 de octubre de 2020). *Nuevo pavimento para el sector más transitado de Potrerillos*. Página web de la DPV. http://www.vialidad.mendoza.gov.ar/index.php?id_menu=1&F_id_item=575&F_id_modulo=397

Wikipedia (30 de enero de 2022). *Potrerillos (Mendoza)*. Página web de la enciclopedia digital Wikipedia. Recuperado el 30 de enero de 2022. [https://es.wikipedia.org/wiki/Potrerillos_\(Mendoza\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Potrerillos_(Mendoza))

ClimateData (25 de octubre de 2021). *Clima Potrerillos (Argentina)*. Página web del servicio meteorológico ClimateData. Recuperado el 25 de octubre de 2021. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/argentina/mendoza/potrerillos-144499/>

Vialidad Nacional (13 de marzo de 2021). *Variaciones Temporales*. Página web de la Dirección Nacional de Vialidad. Recuperado el 13 de marzo de 2021. http://transito.vialidad.gob.ar:8080/SelCE_WEB/variaciones_temporales.html

Vialidad Nacional (21 de mayo de 2021). Transporte de cargas. Página web de la Dirección Nacional de Vialidad. Recuperado el 21 de mayo de 2021.
<https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/vialidad-nacional/transporte-de-cargas>

Brezhney, G. y Rosario, A. (12 de septiembre de 2022). *Criterios para el diseño de badenes*. Web de apuntes digitales uDocz. <https://www.udocz.com/apuntes/110862/criterios-para-el-diseno-de-badenes>

ANEXO – DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

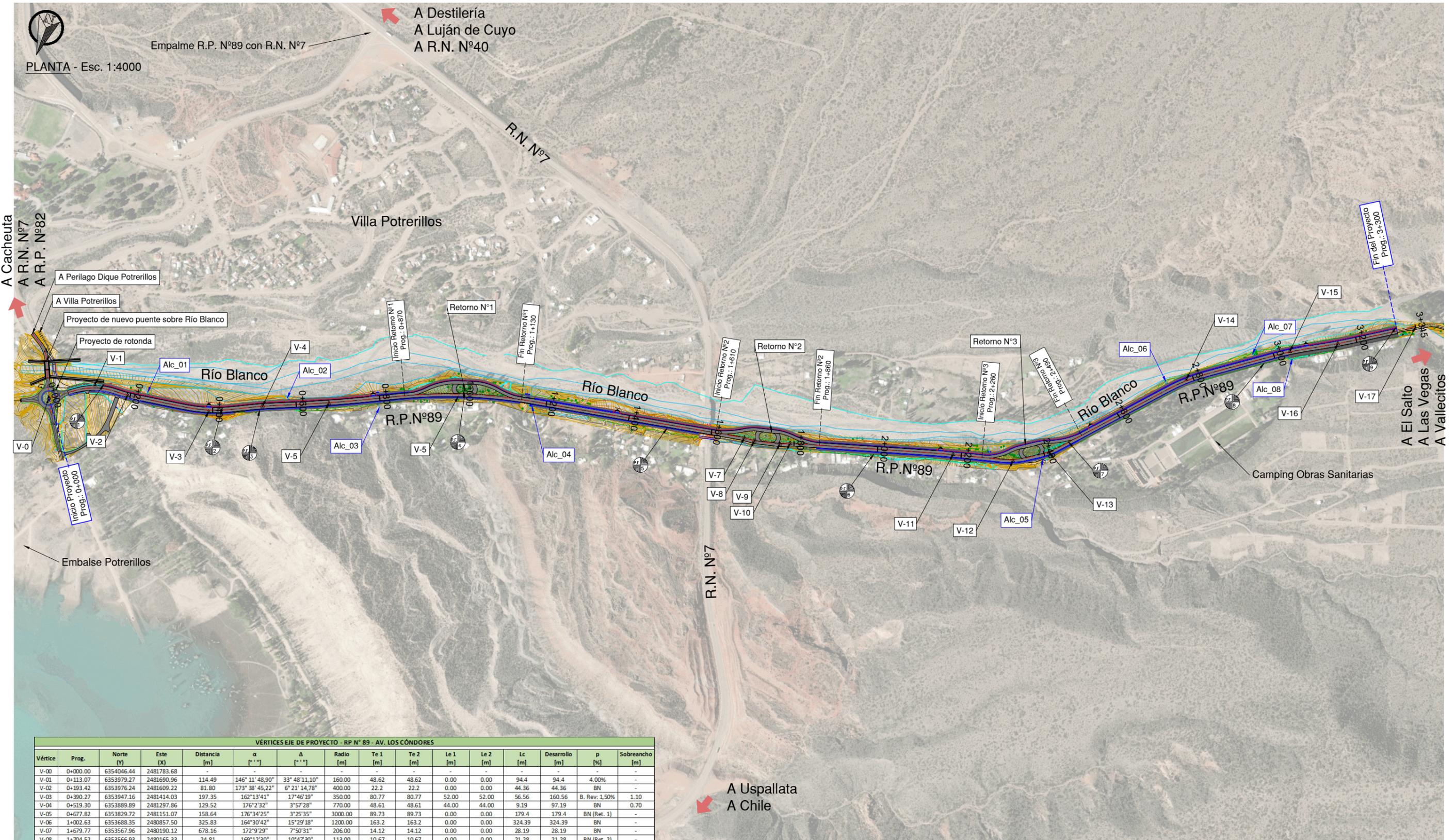
[Página intencionalmente dejada en blanco]



PLANTA - Esc. 1:4000

Empalme R.P. N°89 con R.N. N°7
 A Destilería
 A Luján de Cuyo
 A R.N. N°40

A Cacheuta
 A R.N. N°7
 A R.P. N°82



VÉRTICES EJE DE PROYECTO - RP N° 89 - AV. LOS CÓNDORES

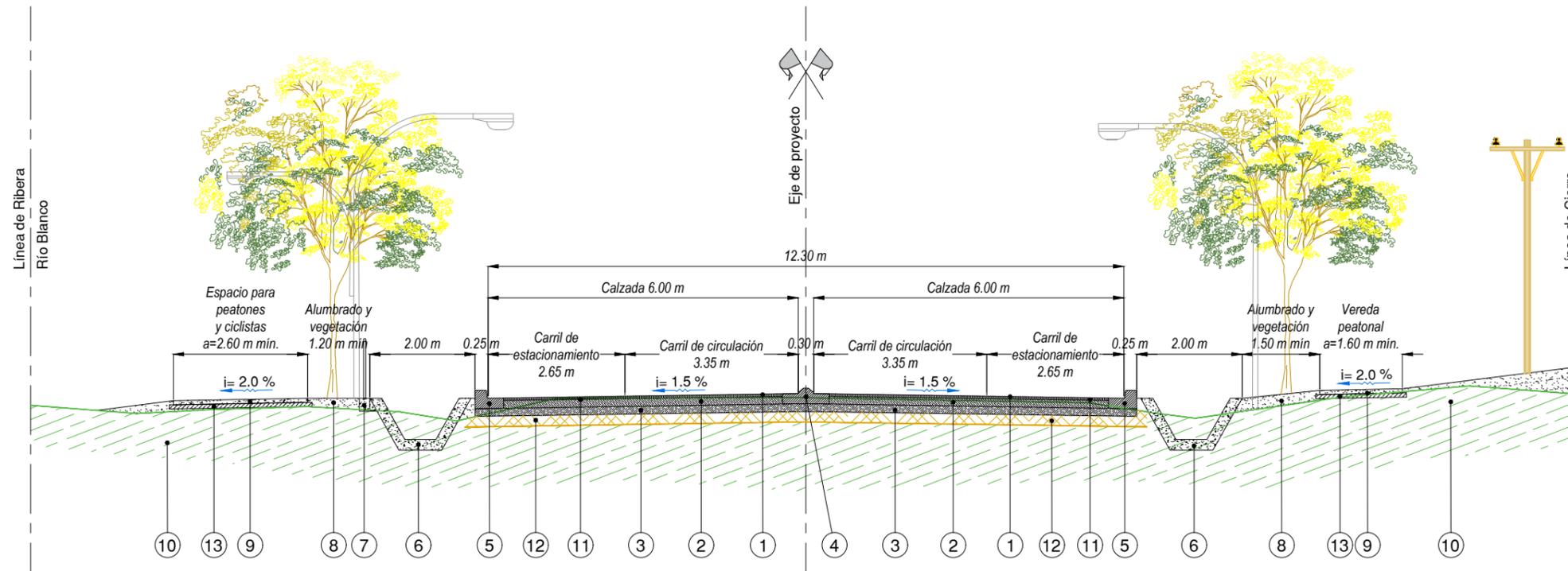
Vértice	Prog.	Norte (Y)	Este (X)	Distancia [m]	α [° ' '']	Δ [° ' '']	Radio [m]	Te 1 [m]	Te 2 [m]	Le 1 [m]	Le 2 [m]	Lc [m]	Desarrollo [m]	p [%]	Sobreechancho [m]
V-00	0+000.00	6354046.44	2481783.68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V-01	0+113.07	6353979.27	2481690.96	114.49	146° 11' 48.90"	33° 48' 11.10"	160.00	48.62	48.62	0.00	0.00	94.4	94.4	4.00%	-
V-02	0+193.42	6353976.24	2481609.22	81.80	173° 38' 45.22"	6° 21' 14.78"	400.00	22.2	22.2	0.00	0.00	44.36	44.36	BN	-
V-03	0+390.27	6353947.16	2481414.03	197.35	162° 13' 41"	17° 46' 19"	350.00	80.77	80.77	52.00	52.00	56.56	160.56	B. Rev. 1.50%	1.10
V-04	0+519.30	6353889.89	2481297.86	129.52	176° 2' 32"	3° 57' 28"	770.00	48.61	48.61	44.00	44.00	9.19	97.19	BN	0.70
V-05	0+677.82	6353829.72	2481151.07	158.64	176° 34' 25"	3° 25' 35"	3000.00	89.73	89.73	0.00	0.00	179.4	179.4	BN (Ret. 1)	-
V-06	1+002.63	6353688.35	2480857.50	325.83	164° 30' 42"	15° 29' 18"	1200.00	163.2	163.2	0.00	0.00	324.39	324.39	BN	-
V-07	1+679.77	6353567.96	2480190.12	678.16	172° 9' 29"	7° 50' 31"	206.00	14.12	14.12	0.00	0.00	28.19	28.19	BN	-
V-08	1+704.52	6353566.93	2480165.33	24.81	169° 12' 30"	10° 47' 30"	113.00	10.67	10.67	0.00	0.00	21.28	21.28	BN (Ret. 2)	-
V-09	1+765.89	6353552.92	2480105.52	61.43	169° 14' 54"	10° 45' 06"	113.00	10.63	10.63	0.00	0.00	21.2	21.2	BN (Ret. 2)	-
V-10	1+790.56	6353542.90	2480082.92	24.72	172° 13' 20"	7° 46' 40"	206.00	14	14	0.00	0.00	27.96	27.96	BN	-
V-11	2+180.61	6353434.40	2479708.23	390.08	177° 33' 00"	2° 27' 00"	3020.00	64.58	64.58	0.00	0.00	64.58	64.58	BN	-
V-12	2+324.29	6353400.30	2479568.33	144.00	160° 50' 32"	19° 09' 28"	194.00	32.74	32.74	0.00	0.00	64.87	64.87	BN (Ret. 3)	-
V-13	2+412.15	6353352.39	2479494.15	88.31	164° 48' 19"	15° 11' 41"	194.00	25.88	25.88	0.00	0.00	51.45	51.45	BN (Ret. 3)	-
V-14	2+783.31	6353076.06	2479245.79	371.53	167° 3' 39"	12° 56' 21"	400.00	67.88	67.88	45.00	45.00	45.33	135.33	BN	1.00
V-15	3+039.00	6352928.90	2479036.50	255.85	173° 56' 59"	6° 03' 01"	740.00	61.11	61.11	32.00	32.00	17.07	81.07	BN	0.70
V-16	3+155.08	6352872.45	2478934.91	116.22	176° 51' 11"	3° 08' 49"	1100.00	52.22	52.22	32.00	32.00	16.42	80.42	BN	-
V-17	3+345.00	6352771.33	2478774.40	189.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

A Uspallata
 A Chile

NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

PLANO 01
Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO
Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto
Ubicación: Departamento Luján de Cuyo, Provincia de Mendoza
PLANIMETRÍA GENERAL

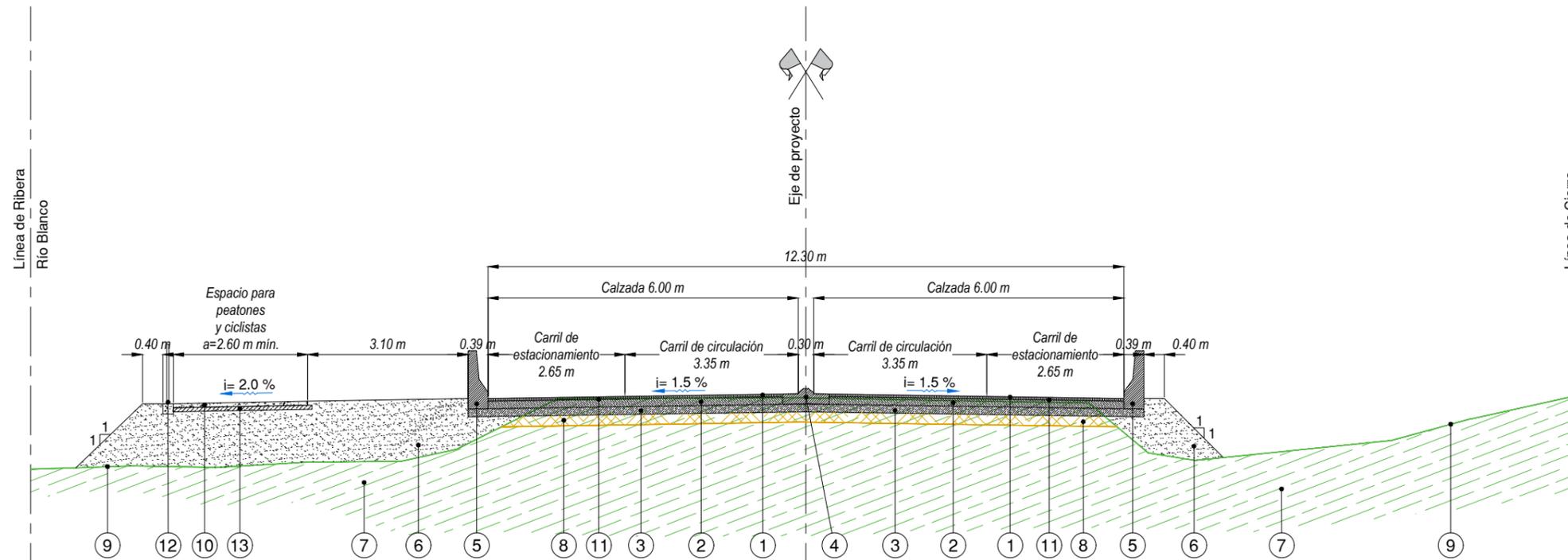
PERFIL TRANSVERSAL TIPO 1



REFERENCIAS PERFIL TRANSVERSAL TIPO 1:

- ① Carpeta de concreto asfáltico incluido riego de liga en caliente a construir en 0.05 m de espesor y 5.40 m de ancho.
- ② Base granular de 0.15 m de espesor, según especificaciones, ancho 5.40 m.
- ③ Subbase granular de 0.15 m de espesor con incorporación de material reclamado, según especificaciones, en 12.80 m de ancho.
- ④ Cordón montable separador central, según detalle.
- ⑤ Cordón banquina de H°A° según detalle.
- ⑥ Cuneta trapecial de hormigón revestida en piedra a construir, según detalle.
- ⑦ Baranda peatonal, según plano tipo.
- ⑧ Terraplén sin compactación especial, según especificaciones.
- ⑨ Vereda peatonal de hormigón a construir, e= 0,08m.
- ⑩ Terreno natural.
- ⑪ Riego de imprimación 5.40 m de ancho.
- ⑫ Preparación de subrasante, según especificaciones.
- ⑬ Preparación de base de asiento, según especificaciones.

PERFIL TRANSVERSAL TIPO 2



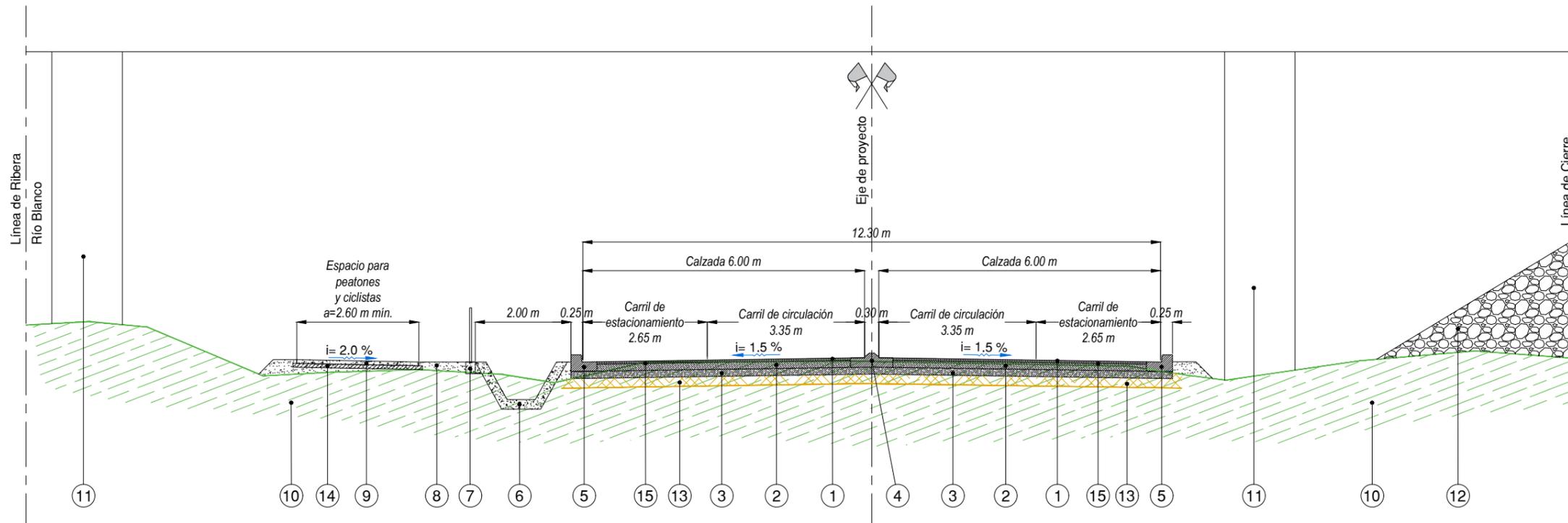
REFERENCIAS PERFIL TRANSVERSAL TIPO 2:

- ① Carpeta de concreto asfáltico incluido riego de liga en caliente a construir en 0.05 m de espesor y 5.70 m de ancho.
- ② Base granular de 0.15 m de espesor, según especificaciones, ancho 5.70 m.
- ③ Subbase granular de 0.15 m de espesor con incorporación de material reclamado, según especificaciones, en 13.10 m de ancho.
- ④ Cordón montable separador central, según detalle.
- ⑤ Barrera de protección tipo medio New Jersey según plano de detalle.
- ⑥ Terraplén con compactación especial, según especificaciones.
- ⑦ Terreno natural.
- ⑧ Preparación de subrasante, según especificaciones.
- ⑨ Encauzamiento de lecho para embocadura a alcantarilla.
- ⑩ Vereda peatonal de hormigón a construir, e= 0,08m.
- ⑪ Riego de imprimación 5.70 m de ancho.
- ⑫ Baranda peatonal, según plano tipo.
- ⑬ Preparación de base de asiento, según especificaciones.

NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

	PLANO 02
Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO	
Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto	
Ubicación: Departamento Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza	
PERFIL TRANSVERSAL TIPO 1 Y 2	

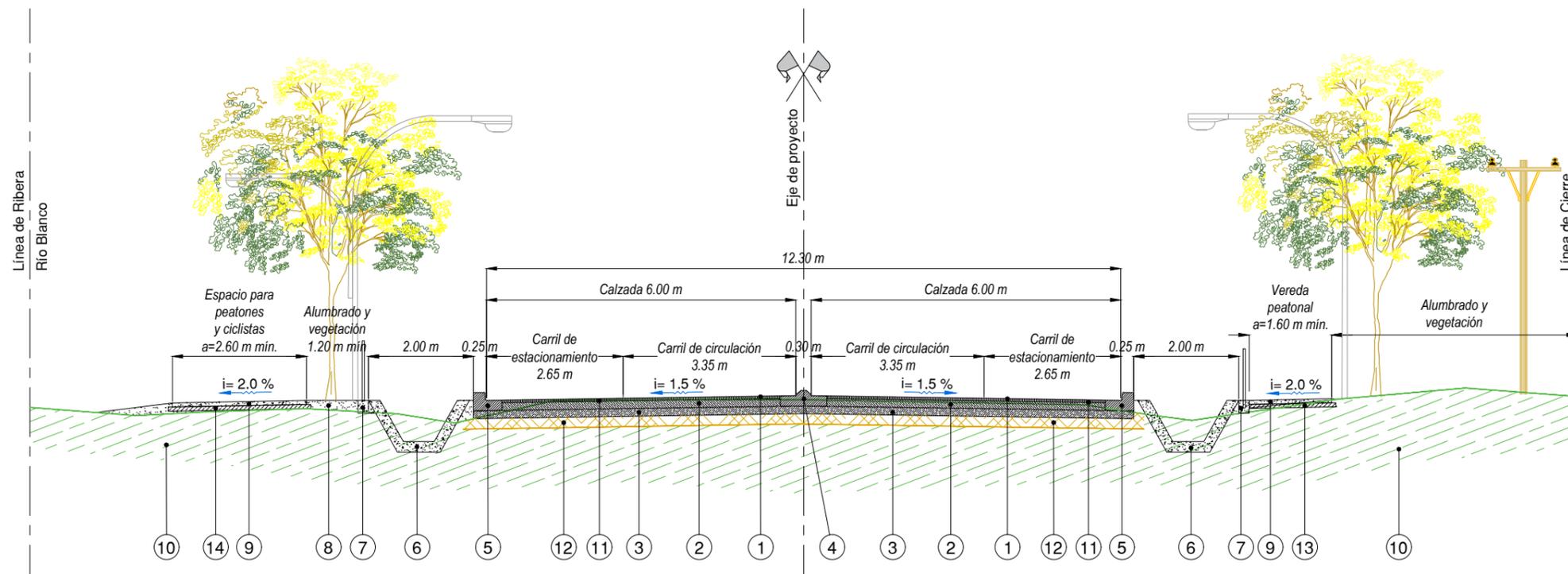
PERFIL TRANSVERSAL TIPO 3



REFERENCIAS PERFIL TRANSVERSAL TIPO 3:

- ① Carpeta de concreto asfáltico incluido riego de liga en caliente a construir en 0.05 m de espesor y 5.40 m de ancho.
- ② Base granular de 0.15 m de espesor, según especificaciones, ancho 5.40 m.
- ③ Subbase granular de 0.15 m de espesor con incorporación de material reclamado, según especificaciones, en 12.80 m de ancho.
- ④ Cordón montable separador central, según detalle.
- ⑤ Cordón banquetina de H°A° según detalle.
- ⑥ Cuneta trapecial de hormigón revestida en piedra a construir, según detalle.
- ⑦ Baranda peatonal, según plano tipo.
- ⑧ Terraplén con compactación especial, según especificaciones.
- ⑨ Vereda peatonal de hormigón a construir, e= 0,08m.
- ⑩ Terreno natural.
- ⑪ Pila de puente RN7 por sobre RP89, a conservar.
- ⑫ Estribo abierto de puente RN7 por sobre RP89, a conservar.
- ⑬ Preparación de subrasante, según especificaciones.
- ⑭ Preparación de base de asiento, según especificaciones.
- ⑮ Riego de imprimación 5.40 m de ancho.

PERFIL TRANSVERSAL TIPO 4



REFERENCIAS PERFIL TRANSVERSAL TIPO 4:

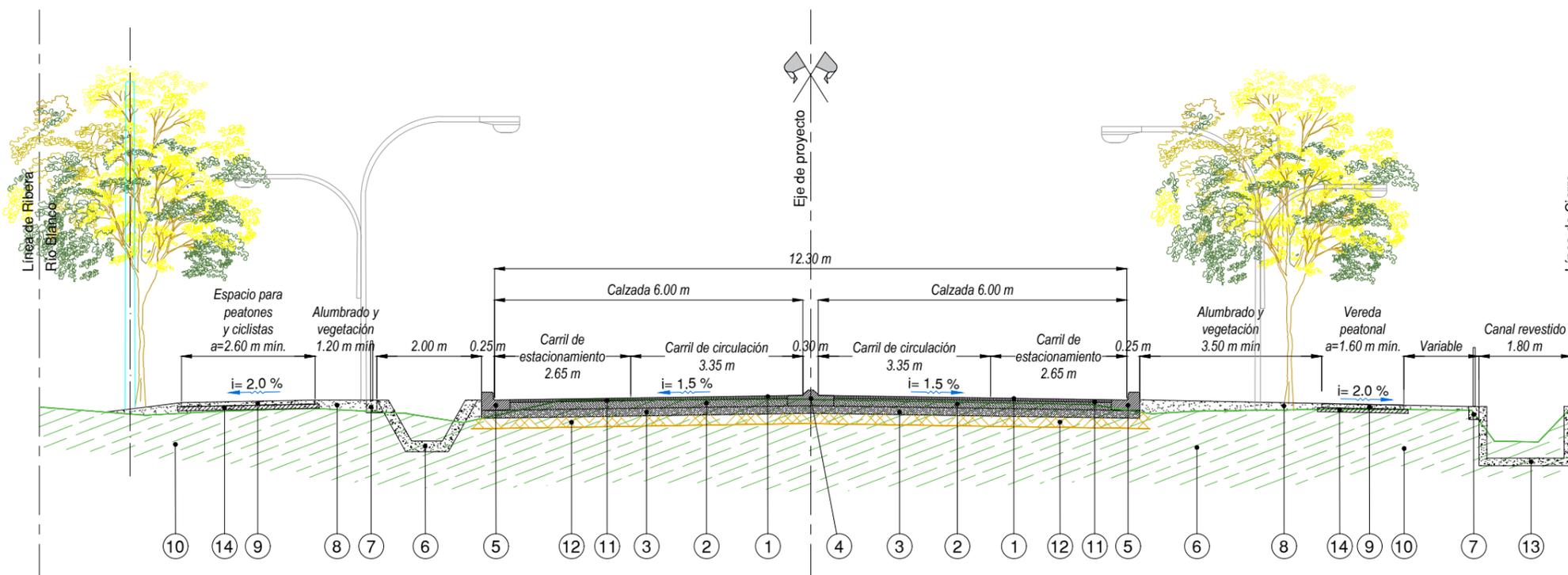
- ① Carpeta de concreto asfáltico incluido riego de liga en caliente a construir en 0.05 m de espesor y 5.40 m de ancho.
- ② Base granular de 0.15 m de espesor, según especificaciones, ancho 5.40 m.
- ③ Subbase granular de 0.15 m de espesor con incorporación de material reclamado, según especificaciones, en 12.80 m de ancho.
- ④ Cordón montable separador central, según detalle.
- ⑤ Cordón banquetina de H°A° según detalle.
- ⑥ Cuneta trapecial de hormigón revestida en piedra a construir, según detalle.
- ⑦ Baranda peatonal, según plano tipo.
- ⑧ Terraplén sin compactación especial, según especificaciones.
- ⑨ Vereda peatonal de hormigón a construir, e= 0,08m.
- ⑩ Terreno natural.
- ⑪ Riego de imprimación 5.40 m de ancho.
- ⑫ Preparación de subrasante, según especificaciones.
- ⑬ Preparación de base de asiento, según especificaciones.

NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

PLANO
03

Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO
Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto
Ubicación: Departamento Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza
PERFIL TRANSVERSAL TIPO 3 Y 4

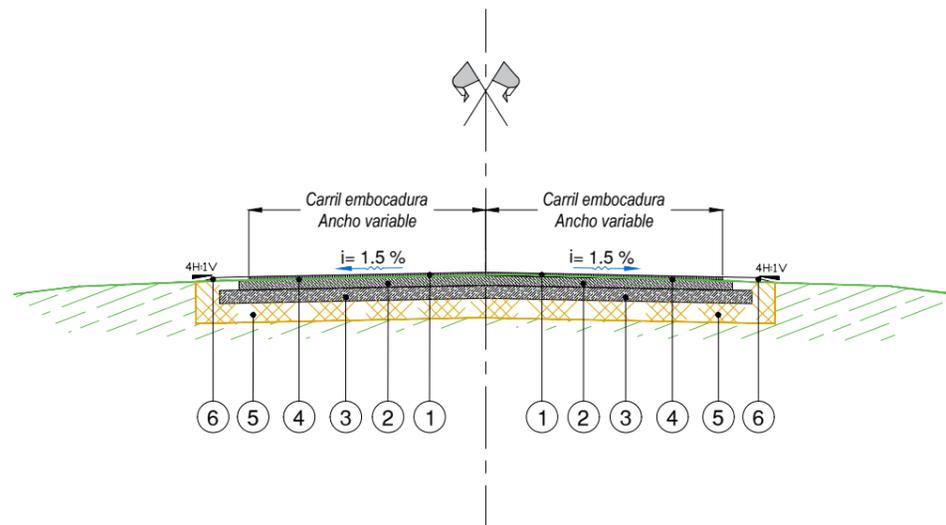
PERFIL TRANSVERSAL TIPO 5



REFERENCIAS PERFIL TRANSVERSAL TIPO 5:

- ① Carpeta de concreto asfáltico incluido riego de liga en caliente a construir en 0.05 m de espesor y 5.40 m de ancho.
- ② Base granular de 0.15 m de espesor, según especificaciones, ancho 5.40 m.
- ③ Subbase granular de 0.15 m de espesor con incorporación de material reclamado, según especificaciones, en 12.80 m de ancho.
- ④ Cordón montable separador central, según detalle.
- ⑤ Cordón banquetea de H°A° según detalle.
- ⑥ Cuneta trapecial de hormigón revestida en piedra a construir, según detalle.
- ⑦ Baranda peatonal, según plano tipo.
- ⑧ Terraplén sin compactación especial, según especificaciones.
- ⑨ Vereda peatonal de hormigón a construir, e= 0,08m.
- ⑩ Terreno natural.
- ⑪ Riego de imprimación 5.40 m de ancho.
- ⑫ Preparación de subrasante, según especificaciones.
- ⑬ Canal rectangular de H°, según plano de detalles.
- ⑭ Preparación de base de asiento, según especificaciones.

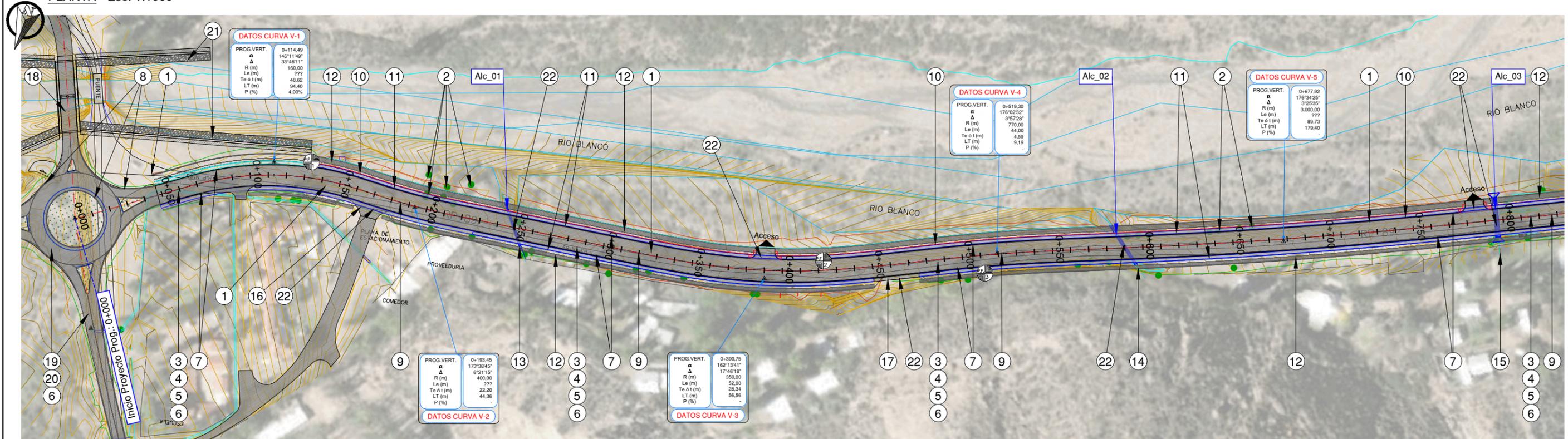
PERFIL TRANSVERSAL TIPO PARA EMBOCADURAS CON CALLES TRANSVERSALES



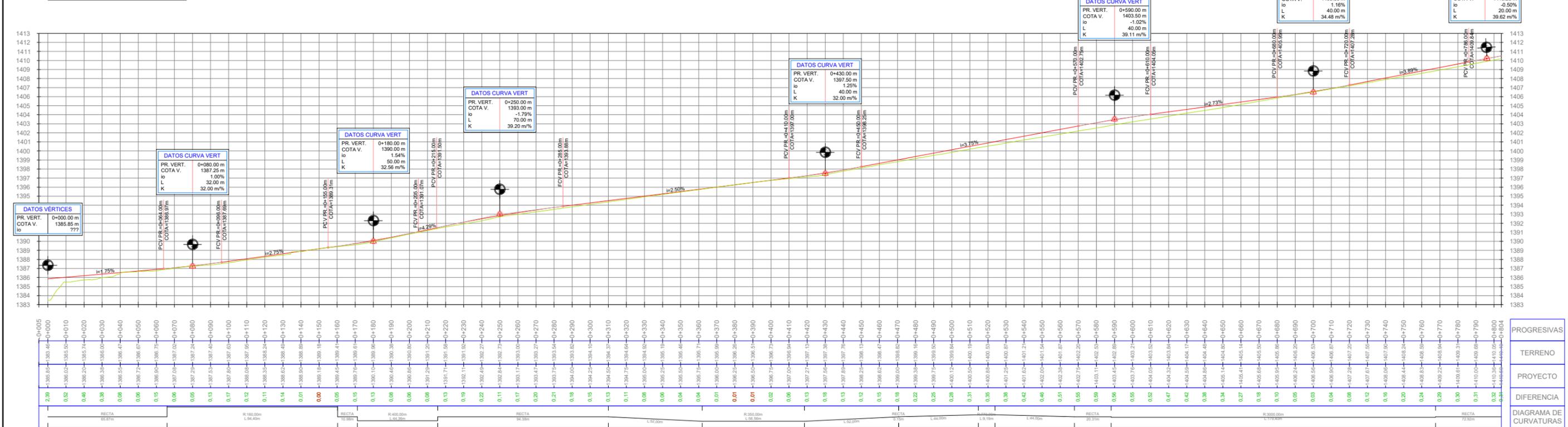
REFERENCIAS PERFIL TRANSVERSAL TIPO PARA EMBOCADURAS:

- ① Carpeta de concreto asfáltico incluido riego de liga en caliente a construir en 0.05 m de espesor y ancho variable.
- ② Base granular de 0.15 m de espesor, según especificaciones, ancho variable.
- ③ Subbase granular de 0.15 m de espesor, según especificaciones, en ancho variable.
- ④ Riego de imprimación en ancho variable.
- ⑤ Preparación de subrasante, según especificaciones.
- ⑥ Terraplén con compactación especial, según especificaciones.

PLANTA - Esc. 1:1000



PERFIL LONGITUDINAL - Esc. H. 1:1000 - Esc. V. 1:200

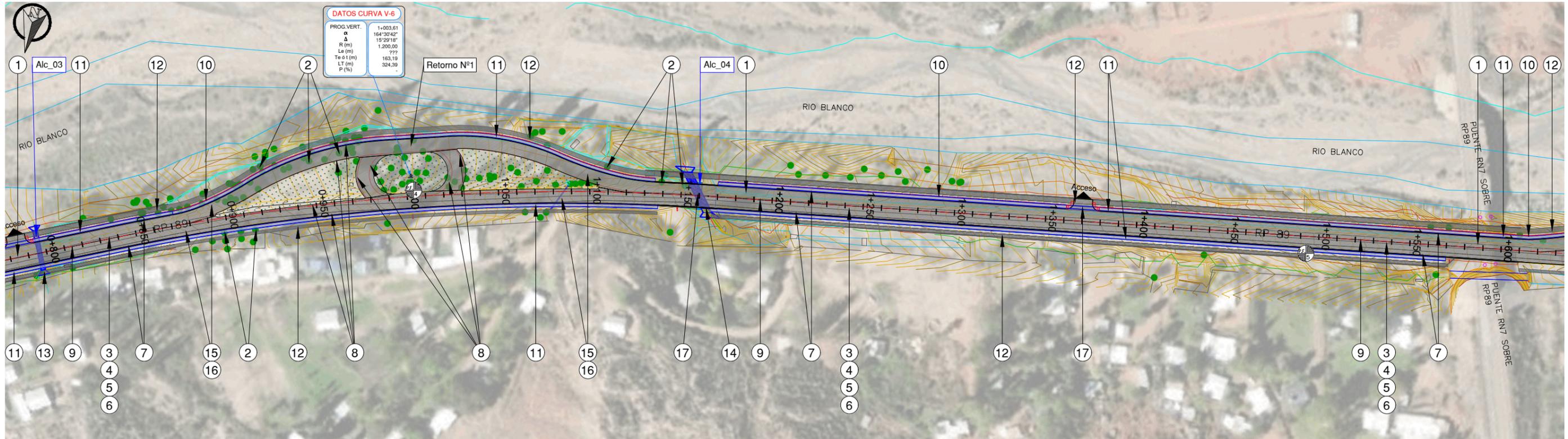


SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
	Demolición de pavimento asfáltico existente.	Erradicación de forestales según especificaciones.	Carpeta de concreto asfáltico en caliente, incluido riego de liga, e=0,05m.	Base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Imprimación con material bituminoso.	Construcción de cordón banquina de hormigón p.pav. flexible, según detalle.	Alcantarilla Alc_01 de H"A tipo A-42.	Alcantarilla Alc_02 de H"A tipo A-42.	Provisión y colocación de rejas para bocas de limpieza, según detalle.	Proyecto de puente sobre Río Blanco, según lámina correspondiente.	Pavimento de hormigón H-30, e=0,23 m.	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. rígido, e= 0,20m.	Estructura de gaviones para protección de márgenes.	Alcantarilla Alc_03 de H"A tipo Q-42111.	Emboadura de calles transversales según detalle.	Construcción de puente sobre cuneta trapecial para ingreso a propiedades, según detalle.						

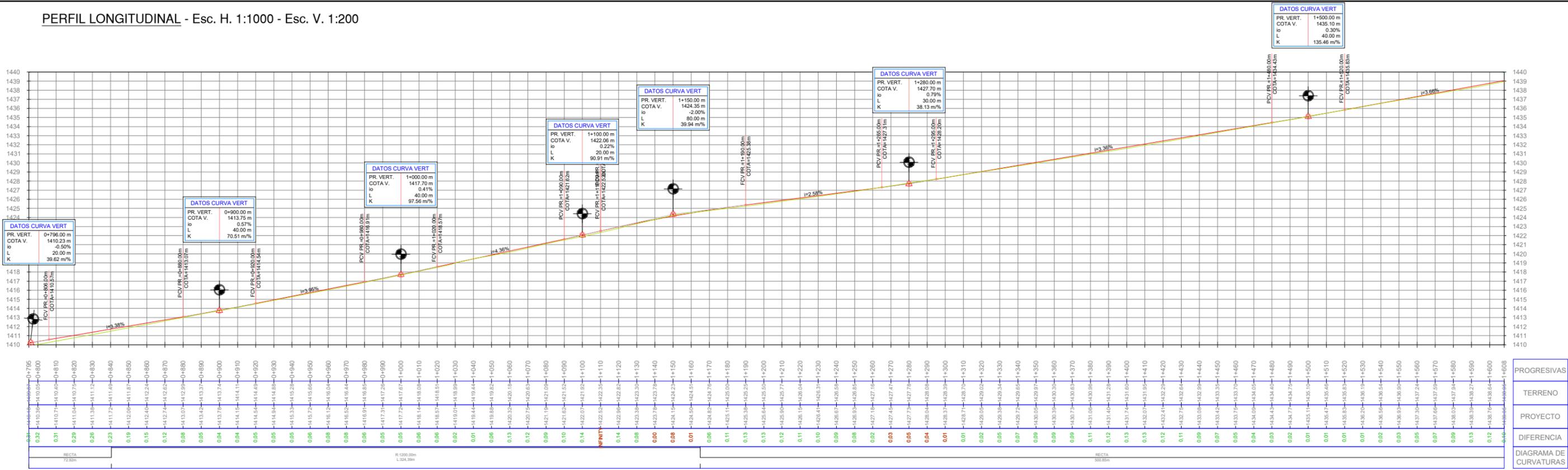
NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO
 Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto
 Ubicación: Departamento Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza
PLANIALTIMETRÍA DE DETALLE - 0+000 a 0+800

PLANTA - Esc. 1:1000



PERFIL LONGITUDINAL - Esc. H. 1:1000 - Esc. V. 1:200



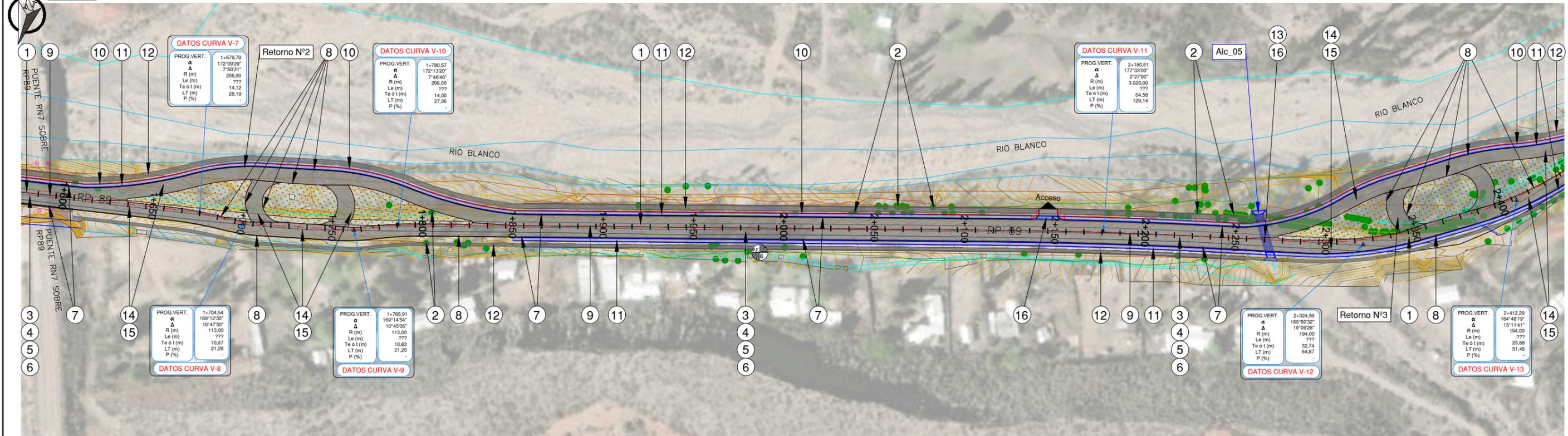
SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Demolicion de pavimento asfaltico existente.	Erradicacion de forestales segun especificaciones.	Carpeta de concreto asfaltico en caliente, incluido riego de liga, e=0,05m.	Base estabilizada de agregado petreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Sub-base estabilizada de agregado petreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Imprimacion con material bituminoso.	Construccion de cordon banquina de hormigon p/pav. flexible, segun detalle.	Construccion de cordon integral de hormigon p/pav. rigido, segun detalle.	Construccion de cordon montable en eje de catzada, segun detalle.	Baranda peatonal metalica, segun detalle.	Ejecucion de cuneta trapecial revestida con piedra.	Vereda peatonal de hormigon a construir, e= 0,08m, segun perfiles transversales tipo.	Alcantarilla Alc_03 de H'A' tipo O-41211.	Alcantarilla Alc_04 de H'A' tipo O-41211.	Pavimento de hormigon H-30, e=0,23 m.	Sub-base estabilizada de agregado petreo y suelo para estructura de pav. rigido, e= 0,20m.	Provision y colocacion de rejillas para bocas de limpieza, segun detalle.	

NOTA: dado que el presente plano puede contener informacion sensible y confidencial segun la Ley de Obra Publica N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de comun acuerdo institucional entre la Universidad Tecnologica Nacional - FRM y la Direccion Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha informacion en esta representacion grafica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la informacion.

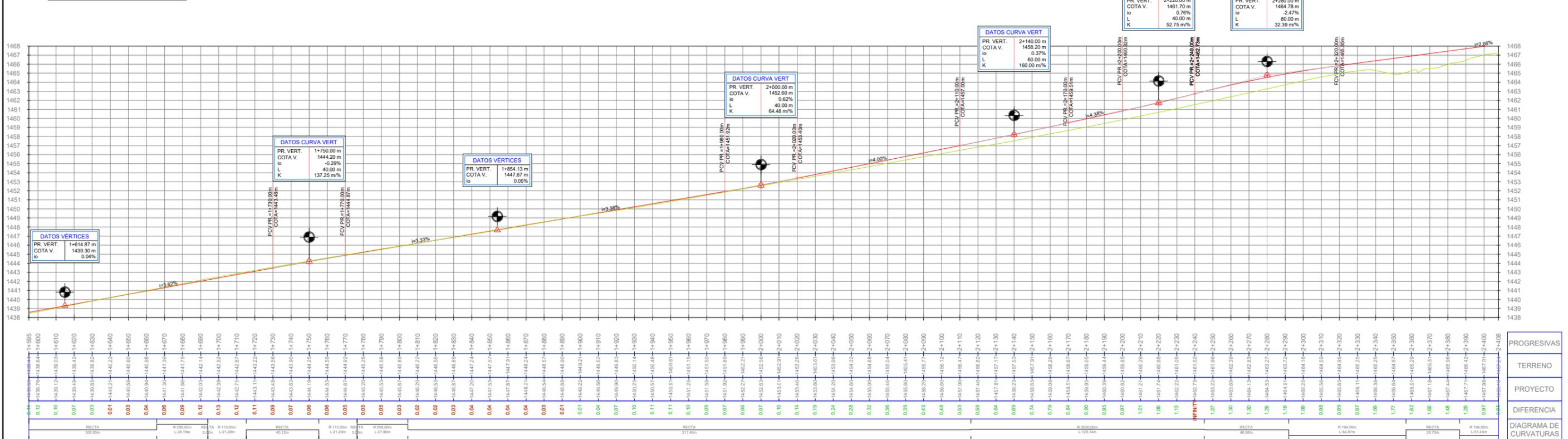
PROGRESIVAS	
TERRENO	
PROYECTO	
DIAGRAMA DE CURVATURAS	
PLANO	06

Obra: RECONSTRUCCION R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RIO BLANCO
 Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto
 Ubicacion: Departamento Lujan de Cuyo. Provincia de Mendoza
PLANIALTIMETRIA DE DETALLE - 0+800 a 1+600

PLANTA - Esc. 1:1000



PERFIL LONGITUDINAL - Esc. H. 1:1000 - Esc. V. 1:200



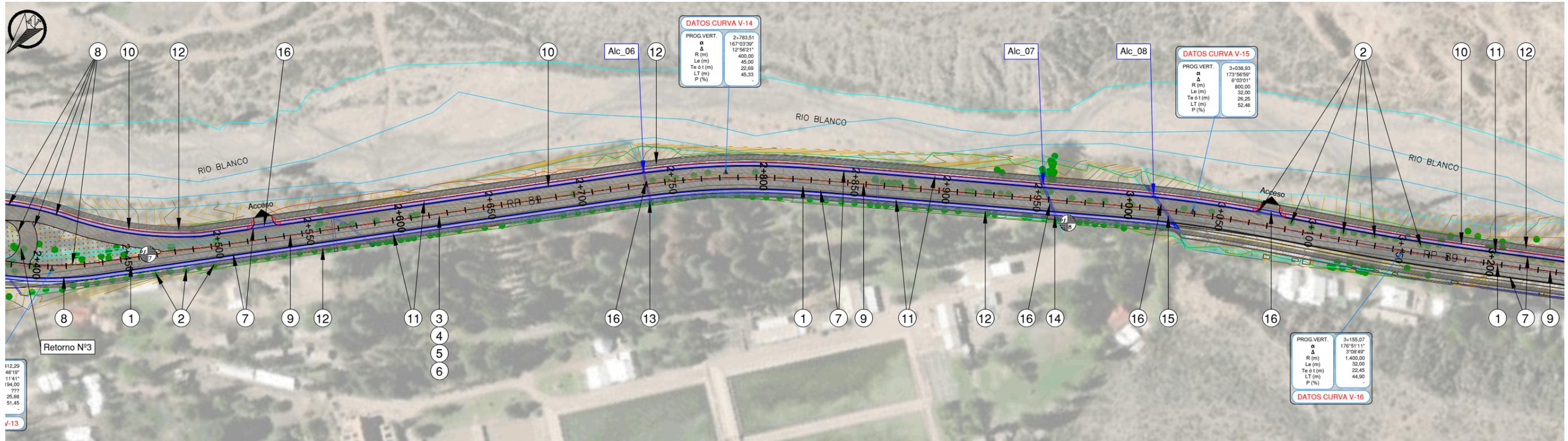
SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	Demolicion de pavimento asfaltico existente.	Erradicacion de forestales segun especificaciones.	Carpeta de concreto asfaltico en caliente, incluido riego de liga, e=0,05m.	Base estabilizada de agregado petreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Sub-base estabilizada de agregado petreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Imprimacion con material bituminoso.	Construccion de cordon banquina de hormigon p/pav. flexible, segun detalle.	Construccion de cordon integral de hormigon p/pav. rigido, segun detalle.	Construccion de cordon montable en eje de catzada, segun detalle.	Baranda peatonal metalica, segun detalle.	Ejecucion de cuneta trapecial revestida con piedra.	Vereda peatonal de hormigon a construir, e= 0,08m, segun perfiles transversales tipo.	Alcantarilla Alc_05 de H'A' tipo O-41211.	Pavimento de hormigon H-30, e=0,23 m.	Sub-base estabilizada de agregado petreo y suelo para estructura de pav. rigido, e= 0,20m.	Provision y colocacion de rejas para bocas de limpieza, segun detalle.			

NOTA: dado que el presente plano puede contener informacion sensible y confidencial segun la Ley de Obra Publica N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de comun acuerdo institucional entre la Universidad Tecnologica Nacional - FRM y la Direccion Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha informacion en esta representacion grafica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la informacion.

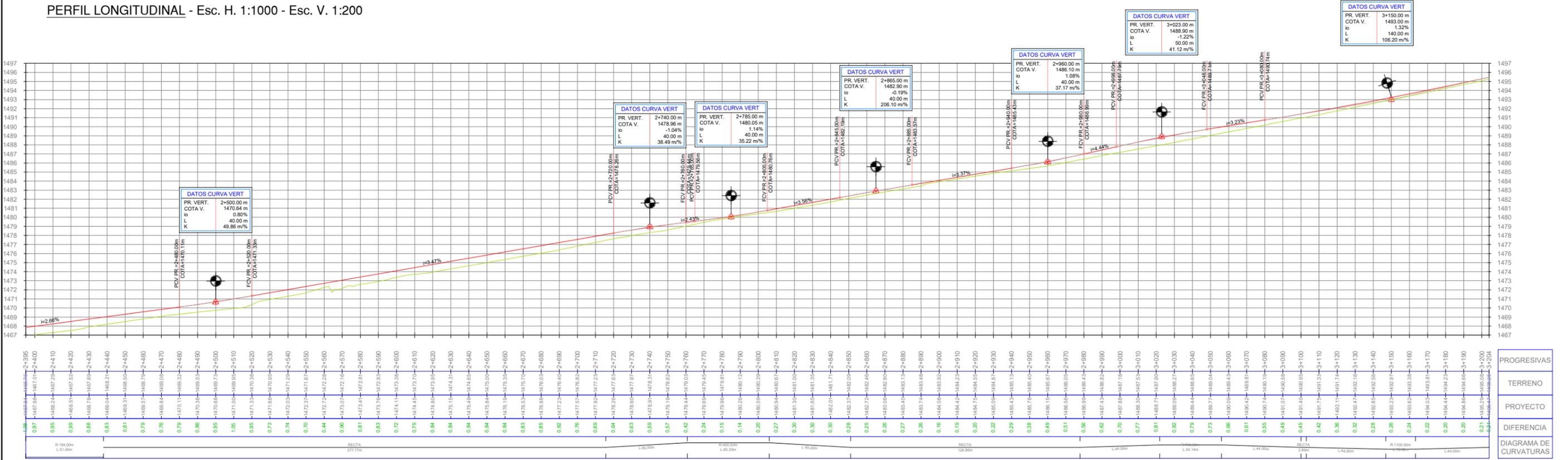
PROGRESIVAS	TERRENO	PROYECTO	DIFERENCIA	DIAGRAMA DE CURVATURAS
1+000	1438.50	1438.50	0.00	0.00
1+100	1440.00	1440.00	0.00	0.00
1+200	1443.00	1443.00	0.00	0.00
1+300	1446.00	1446.00	0.00	0.00
1+400	1449.00	1449.00	0.00	0.00
1+500	1452.00	1452.00	0.00	0.00
1+600	1455.00	1455.00	0.00	0.00
1+700	1458.00	1458.00	0.00	0.00
1+800	1461.00	1461.00	0.00	0.00
1+900	1464.00	1464.00	0.00	0.00
2+000	1467.00	1467.00	0.00	0.00
2+100	1468.00	1468.00	0.00	0.00
2+200	1468.50	1468.50	0.00	0.00
2+300	1468.80	1468.80	0.00	0.00
2+400	1469.00	1469.00	0.00	0.00

Obra: RECONSTRUCCION R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RIO BLANCO
 Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto
 Ubicacion: Departamento Lujan de Cuyo, Provincia de Mendoza
 PLANIALTIMETRIA DE DETALLE - 1+600 a 2+400

PLANTA - Esc. 1:1000



PERFIL LONGITUDINAL - Esc. H. 1:1000 - Esc. V. 1:200

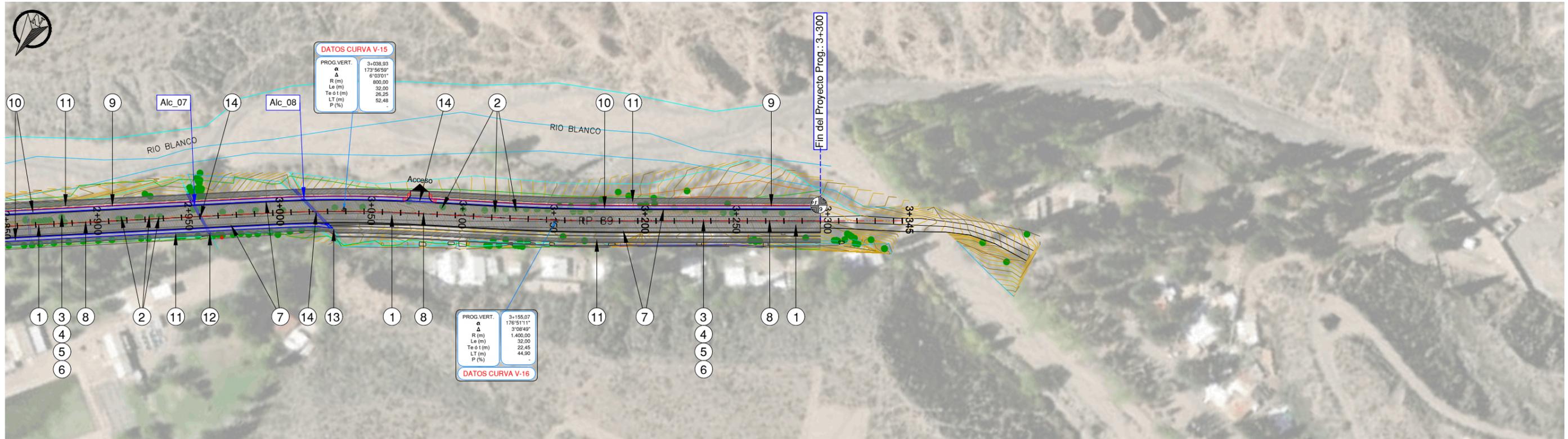


SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Demolición de pavimento asfáltico existente.	Erradicación de forestales según especificaciones.	Carpeta de concreto asfáltico en caliente, incluido riego de liga, e=0,05m.	Base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Imprimación con material bituminoso.	Construcción de cordón banquina de hormigón p/pav. flexible, según detalle.	Construcción de cordón integral de hormigón p/pav. rígido, según detalle.	Construcción de cordón montable en eje de catzada, según detalle.	Baranda peatonal metálica, según detalle.	Ejecución de cuneta trapecial revestida con piedra.	Vereda peatonal de hormigón a construir, e= 0,08m, según perfiles transversales tipo.	Alcantarilla Alc.06 de H'A' tipo A-42.	Alcantarilla Alc.07 de H'A' tipo A-42.	Alcantarilla Alc.08 de H'A' tipo A-42.	Provisión y colocación de rejas para bocas de limpieza, según detalle.		

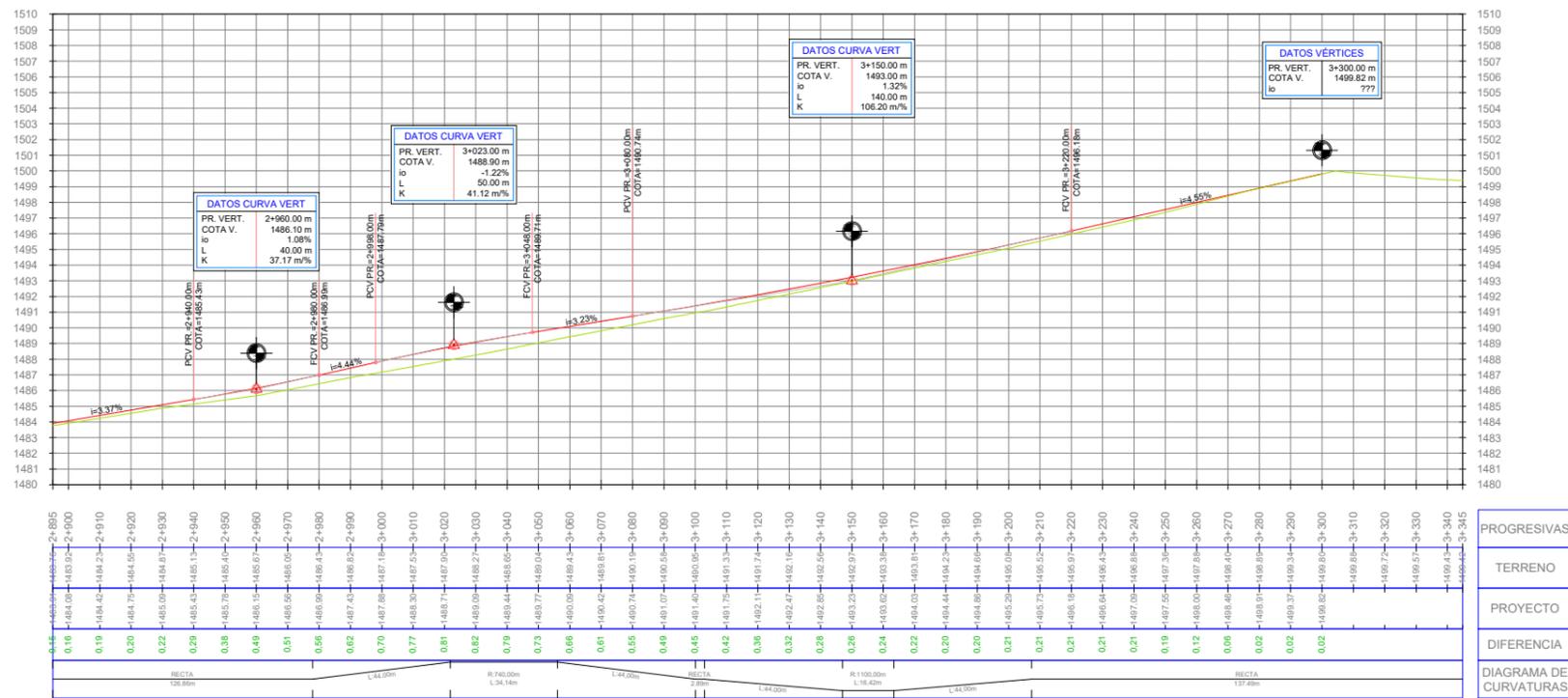
NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

PROGRESIVAS	TERRENO	PROYECTO	DIFERENCIA	DIAGRAMA DE CURVATURAS
2+395	1467.76	1467.76	0.00	
2+400	1467.20	1467.20	0.00	
2+410	1467.20	1467.20	0.00	
2+420	1467.55	1467.55	0.00	
2+430	1467.80	1467.80	0.00	
2+440	1468.21	1468.21	0.00	
2+450	1468.50	1468.50	0.00	
2+460	1468.70	1468.70	0.00	
2+470	1468.90	1468.90	0.00	
2+480	1469.10	1469.10	0.00	
2+490	1469.30	1469.30	0.00	
2+500	1469.50	1469.50	0.00	
2+510	1469.70	1469.70	0.00	
2+520	1469.90	1469.90	0.00	
2+530	1470.10	1470.10	0.00	
2+540	1470.30	1470.30	0.00	
2+550	1470.50	1470.50	0.00	
2+560	1470.70	1470.70	0.00	
2+570	1470.90	1470.90	0.00	
2+580	1471.10	1471.10	0.00	
2+590	1471.30	1471.30	0.00	
2+600	1471.50	1471.50	0.00	
2+610	1471.70	1471.70	0.00	
2+620	1471.90	1471.90	0.00	
2+630	1472.10	1472.10	0.00	
2+640	1472.30	1472.30	0.00	
2+650	1472.50	1472.50	0.00	
2+660	1472.70	1472.70	0.00	
2+670	1472.90	1472.90	0.00	
2+680	1473.10	1473.10	0.00	
2+690	1473.30	1473.30	0.00	
2+700	1473.50	1473.50	0.00	
2+710	1473.70	1473.70	0.00	
2+720	1473.90	1473.90	0.00	
2+730	1474.10	1474.10	0.00	
2+740	1474.30	1474.30	0.00	
2+750	1474.50	1474.50	0.00	
2+760	1474.70	1474.70	0.00	
2+770	1474.90	1474.90	0.00	
2+780	1475.10	1475.10	0.00	
2+790	1475.30	1475.30	0.00	
2+800	1475.50	1475.50	0.00	
2+810	1475.70	1475.70	0.00	
2+820	1475.90	1475.90	0.00	
2+830	1476.10	1476.10	0.00	
2+840	1476.30	1476.30	0.00	
2+850	1476.50	1476.50	0.00	
2+860	1476.70	1476.70	0.00	
2+870	1476.90	1476.90	0.00	
2+880	1477.10	1477.10	0.00	
2+890	1477.30	1477.30	0.00	
2+900	1477.50	1477.50	0.00	
2+910	1477.70	1477.70	0.00	
2+920	1477.90	1477.90	0.00	
2+930	1478.10	1478.10	0.00	
2+940	1478.30	1478.30	0.00	
2+950	1478.50	1478.50	0.00	
2+960	1478.70	1478.70	0.00	
2+970	1478.90	1478.90	0.00	
2+980	1479.10	1479.10	0.00	
2+990	1479.30	1479.30	0.00	
3+000	1479.50	1479.50	0.00	
3+010	1479.70	1479.70	0.00	
3+020	1479.90	1479.90	0.00	
3+030	1480.10	1480.10	0.00	
3+040	1480.30	1480.30	0.00	
3+050	1480.50	1480.50	0.00	
3+060	1480.70	1480.70	0.00	
3+070	1480.90	1480.90	0.00	
3+080	1481.10	1481.10	0.00	
3+090	1481.30	1481.30	0.00	
3+100	1481.50	1481.50	0.00	
3+110	1481.70	1481.70	0.00	
3+120	1481.90	1481.90	0.00	
3+130	1482.10	1482.10	0.00	
3+140	1482.30	1482.30	0.00	
3+150	1482.50	1482.50	0.00	
3+160	1482.70	1482.70	0.00	
3+170	1482.90	1482.90	0.00	
3+180	1483.10	1483.10	0.00	
3+190	1483.30	1483.30	0.00	
3+200	1483.50	1483.50	0.00	
3+210	1483.70	1483.70	0.00	
3+220	1483.90	1483.90	0.00	
3+230	1484.10	1484.10	0.00	
3+240	1484.30	1484.30	0.00	
3+250	1484.50	1484.50	0.00	
3+260	1484.70	1484.70	0.00	
3+270	1484.90	1484.90	0.00	
3+280	1485.10	1485.10	0.00	
3+290	1485.30	1485.30	0.00	
3+300	1485.50	1485.50	0.00	

PLANTA - Esc. 1:1000



PERFIL LONGITUDINAL - Esc. H. 1:1000 - Esc. V. 1:200



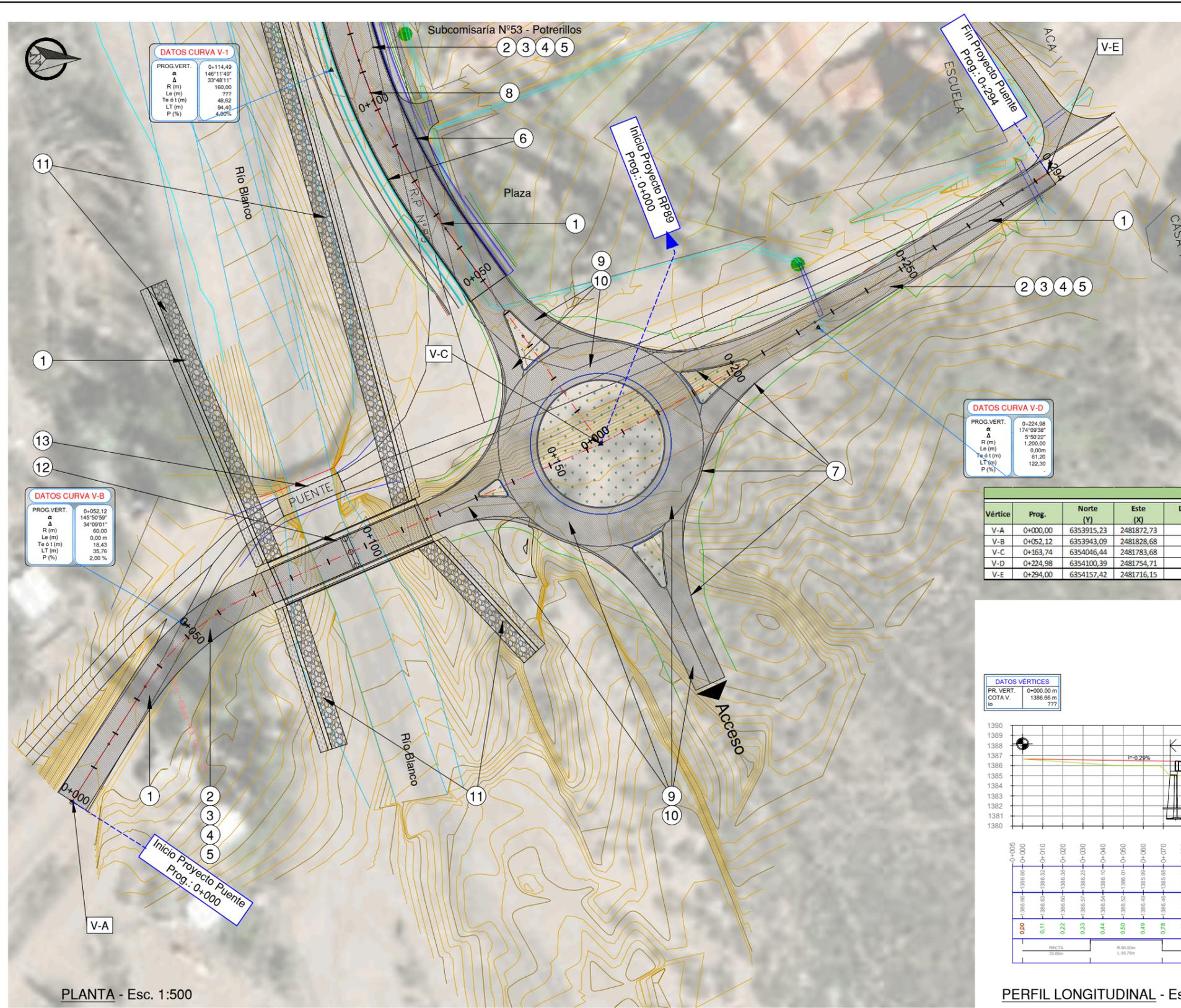
SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS

1	Demolición de pavimento asfáltico existente.	2	Erradicación de forestales según especificaciones.	3	Carpeta de concreto asfáltico en caliente, incluido riego de liga, e=0,05m.	4	Base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	5	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	6	Imprimación con material bituminoso.
7	Construcción de cordón banquina de hormigón p/pav. flexible, según detalle.	8	Construcción de cordón montable en eje de calzada, según detalle.	9	Baranda peatonal metálica, según detalle.	10	Ejecución de cuneta trapezoidal revestida con piedra.	11	Vereda peatonal de hormigón a construir, e= 0,08m, según perfiles transversales tipo.	12	Alcantarilla Alc_07 de H"A" tipo A-42.
13	Alcantarilla Alc_08 de H"A" tipo A-42.	14	Provisión y colocación de rejillas para bocas de limpieza, según detalle.	15		16		17		18	

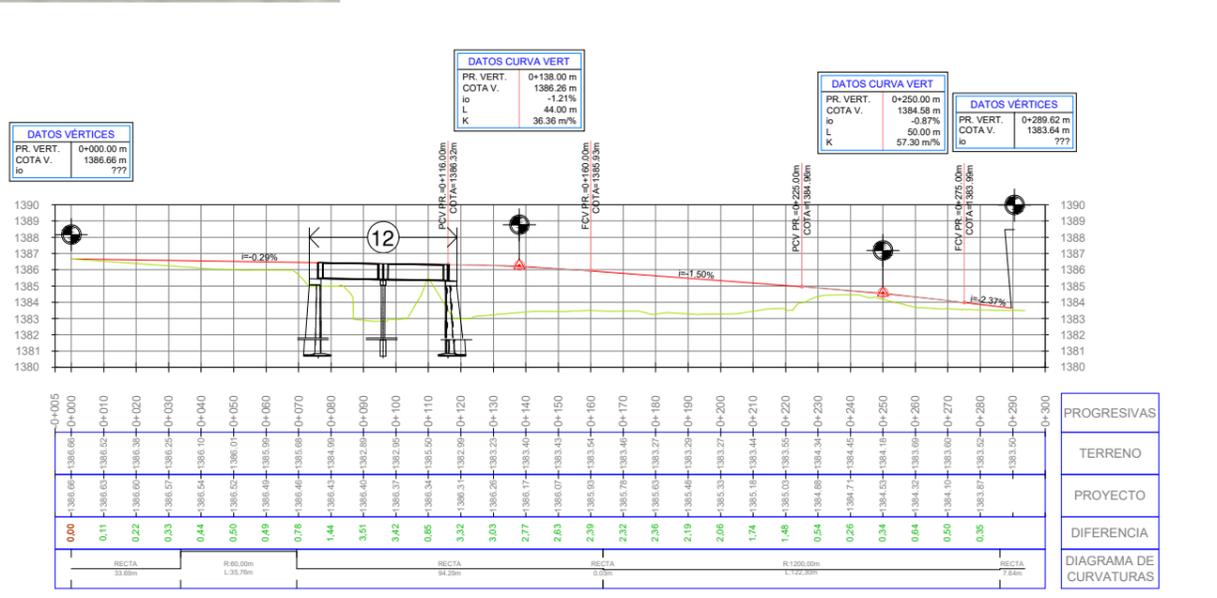
NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

PROGRESIVAS	PLANO
TERRENO	09
PROYECTO	
DIFERENCIA	
DIAGRAMA DE CURVATURAS	

Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO
 Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto
 Ubicación: Departamento Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza
 PLANIALTIMETRÍA DE DETALLE - 2+900 a 3+300



VÉRTICES EJE DE PROYECTO DE PUENTE SOBRE RÍO BLANCO - RP N° 89															
Vértice	Prog.	Norte (Y)	Este (X)	Distancia (m)	α [°'"]	Δ [°'"]	Radio (m)	Te 1 (m)	Te 2 (m)	Le 1 (m)	Le 2 (m)	Lc (m)	Desarrollo (m)	p [%]	Sobrancho (m)
V-A	0+000,00	6353915,23	2481872,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V-B	0+052,12	6353943,09	2481828,68	52,12	145° 50' 59"	34° 09' 01"	60,00	18,43	18,43	0,00	0,00	35,76	35,76	2,00%	1,20
V-C	0+163,74	6354046,44	2481783,68	112,72	175° 12' 39"	04° 47' 21"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V-D	0+224,98	6354100,39	2481754,71	61,24	174° 09' 38"	05° 50' 22"	1200,00	61,2	61,2	0,00	0,00	122,3	122,3	0,00%	-
V-E	0+294,00	6354157,42	2481716,15	68,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



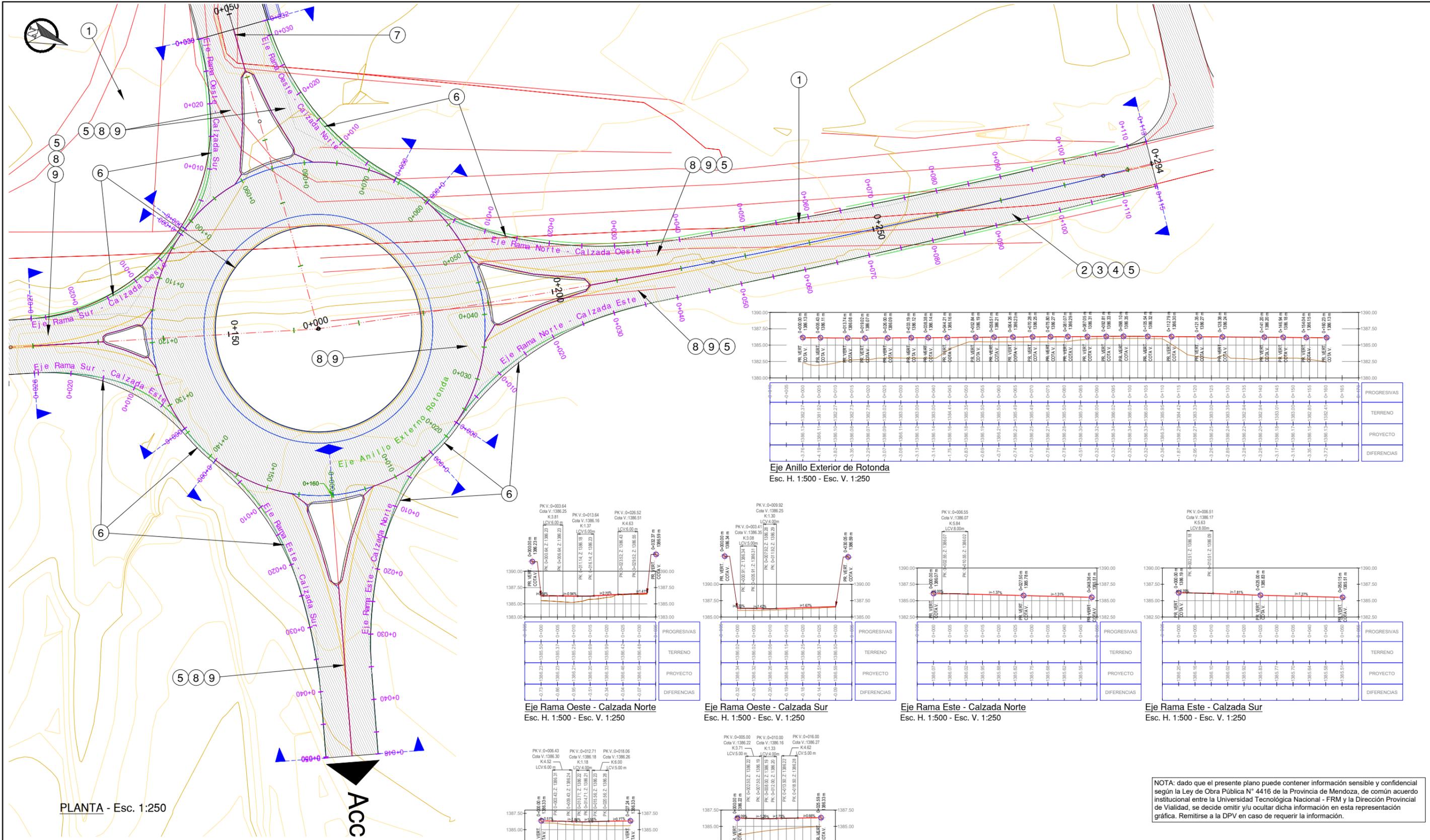
PERFIL LONGITUDINAL - Esc. H. 1:1000 - Esc. V. 1:200

SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS	1	2	3	4	5	6	7
1	Demolición de pavimento asfáltico existente.	Carpeta de concreto asfáltico en caliente, incluido riego de liga, e=0,05m.	Base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Imprimación con material bituminoso.	Construcción de cordón banquina de hormigón p/pav. flexible, según detalle.	Construcción de cordón integral de hormigón p/pav. rígido, según detalle.
8	Construcción de cordón montable en eje de calzada, según detalle.	Pavimento de hormigón H-30, e=0,23 m.	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. rígido, e= 0,20m.	Estructura de gaviones para protección de márgenes, no estudiado en este proyecto.	Proyecto de puente vehicular sobre Río Blanco, no contemplado en este proyecto.	Puente vehicular existente a conservar como puente peatonal.	
15							

NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO
 Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto
 Ubicación: Departamento Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza
 PLANIALTIMETRÍA DE DETALLE - Rotonda y puente

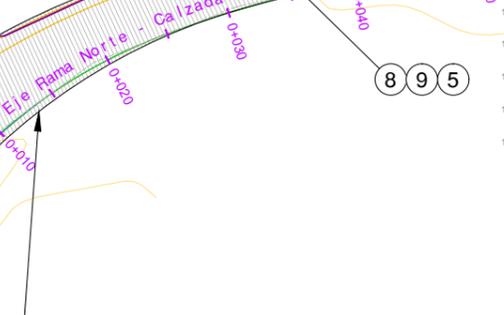
PLANO



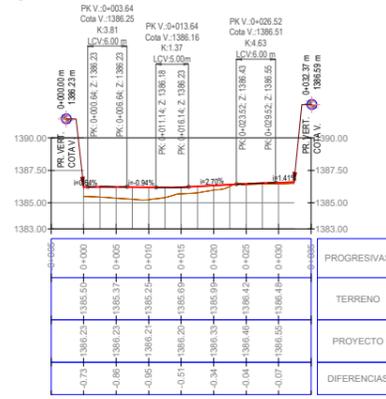
PLANTA - Esc. 1:250

ACC

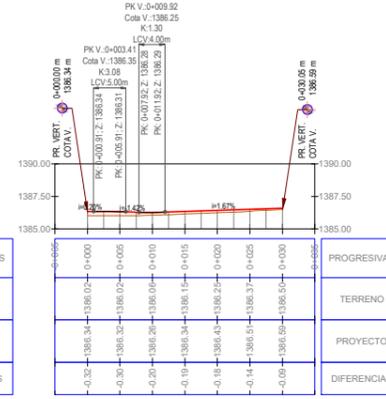
SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS	
1	Demolición de pavimento asfáltico existente.
2	Carpeta de concreto asfáltico en caliente, incluido riego de liga, e=0,05m.
3	Base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.
4	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.
5	Imprimación con material bituminoso.
6	Construcción de cordón integral de hormigón p/pav. rígido, según detalle.
7	Construcción de cordón montable en eje de calzada, según detalle.
8	Pavimento de hormigón H-30, e=0,23 m.
9	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. rígido, e= 0,20m.
10	
11	
12	



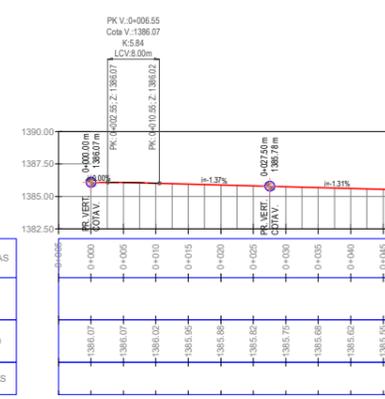
Eje Anillo Exterior de Rotonda
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



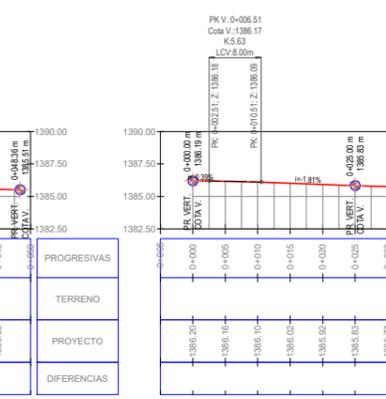
Eje Rama Oeste - Calzada Norte
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



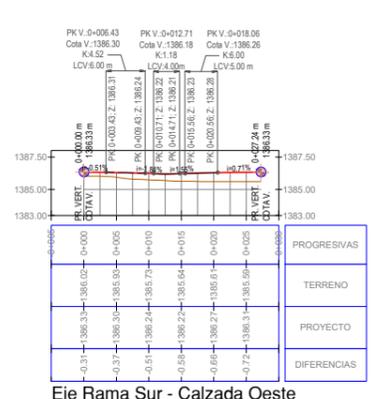
Eje Rama Oeste - Calzada Sur
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



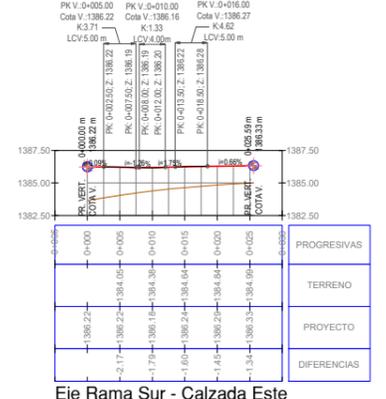
Eje Rama Este - Calzada Norte
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



Eje Rama Este - Calzada Sur
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250

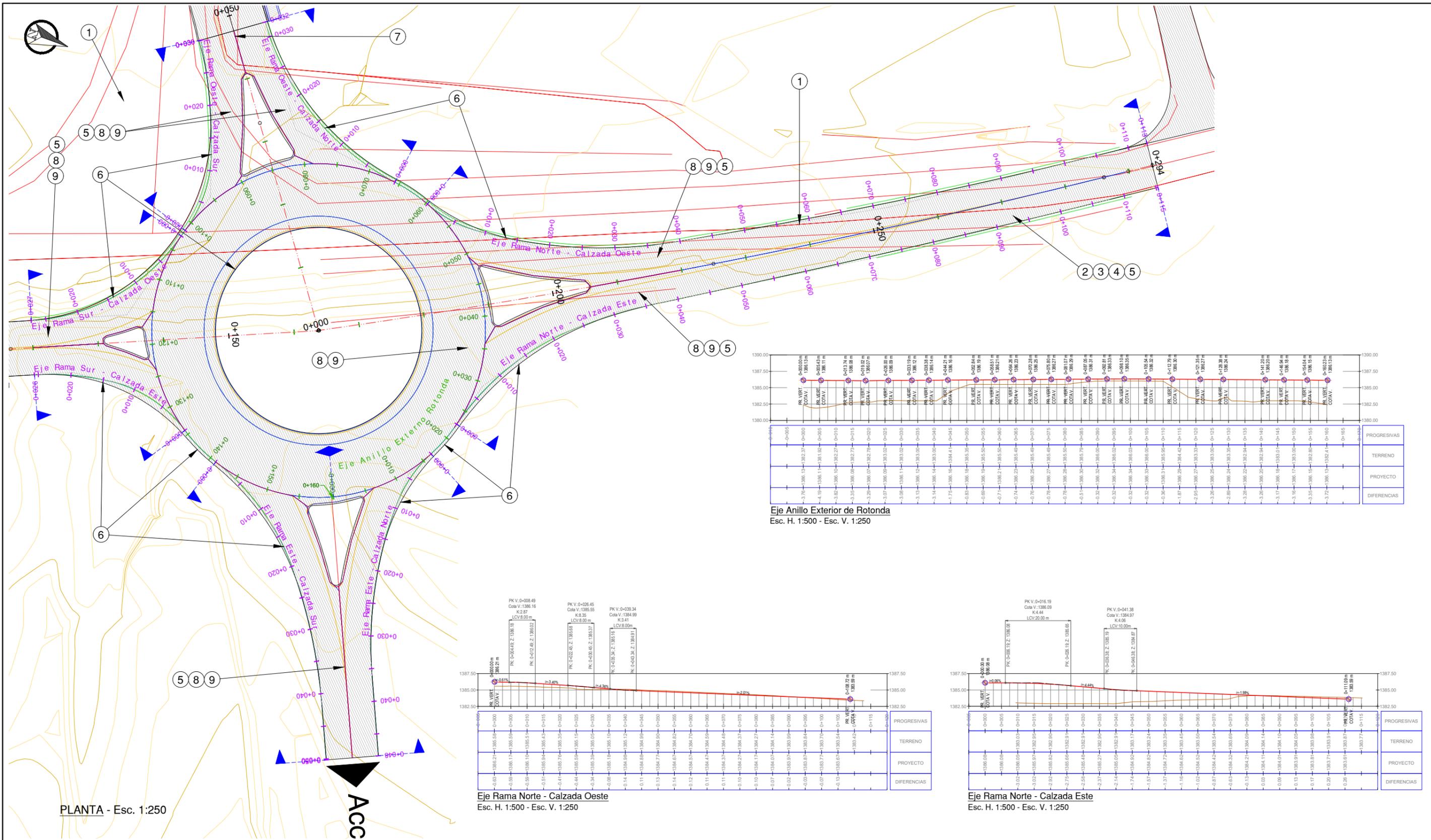


Eje Rama Sur - Calzada Oeste
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



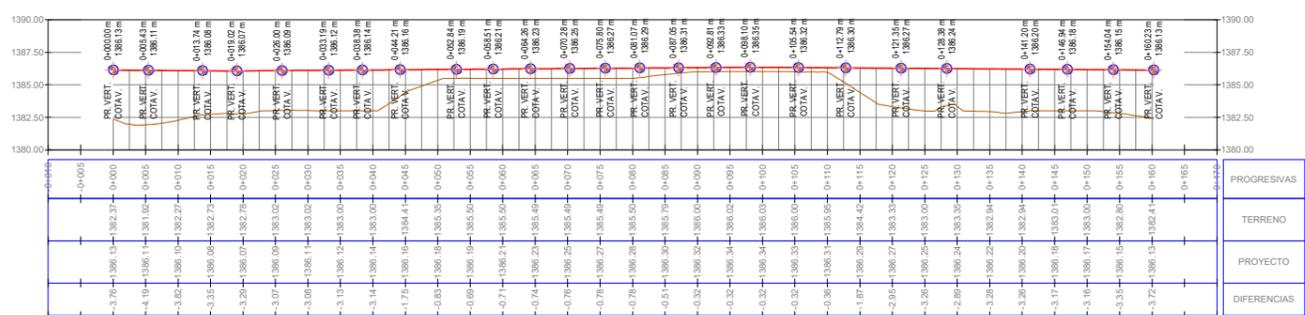
Eje Rama Sur - Calzada Este
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250

NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/o ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

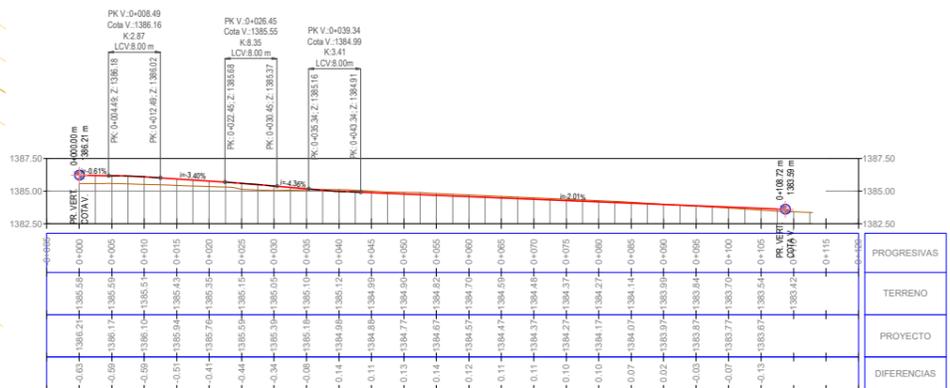


PLANTA - Esc. 1:250

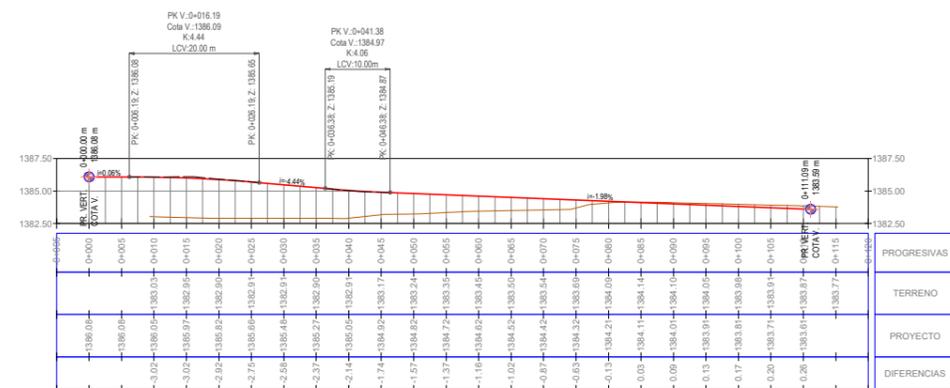
ACC



Eje Anillo Exterior de Rotonda
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



Eje Rama Norte - Calzada Oeste
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



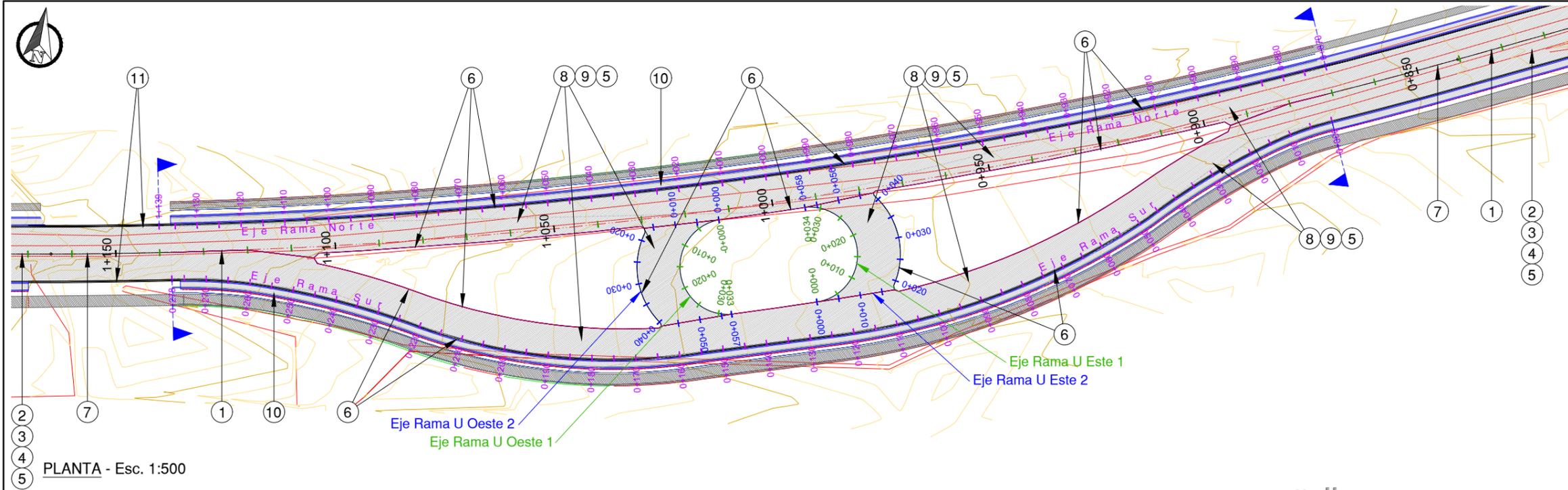
Eje Rama Norte - Calzada Este
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250

SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS	
1	Demolición de pavimento asfáltico existente.
2	Carpeta de concreto asfáltico en caliente, incluido riego de liga, e=0,05m.
3	Base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.
4	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.
5	Imprimación con material bituminoso.
6	Construcción de cordón integral de hormigón p/pav. rígido, según detalle.
7	Construcción de cordón montable en eje de calzada, según detalle.
8	Pavimento de hormigón H-30, e=0,23 m.
9	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. rígido, e= 0,20m.
10	
11	
12	

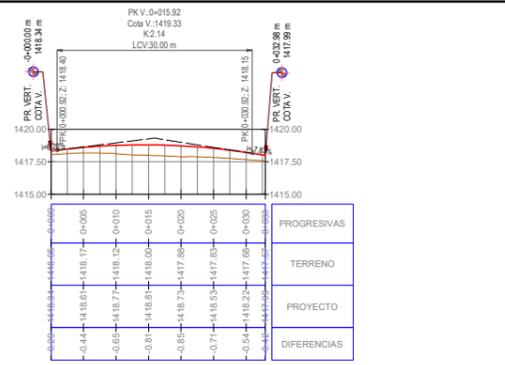
NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

PLANO
II

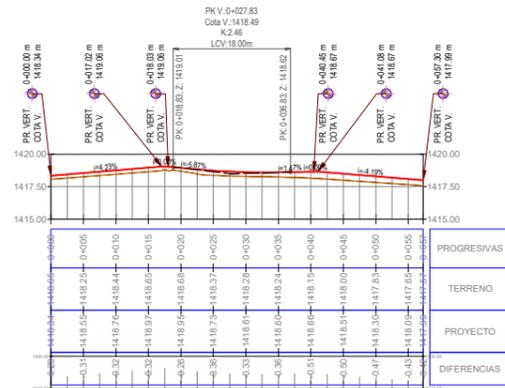
Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO
Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto
Ubicación: Departamento Luján de Cuyo, Provincia de Mendoza
PLANIALTIMETRÍA DE DETALLE - Rotonda



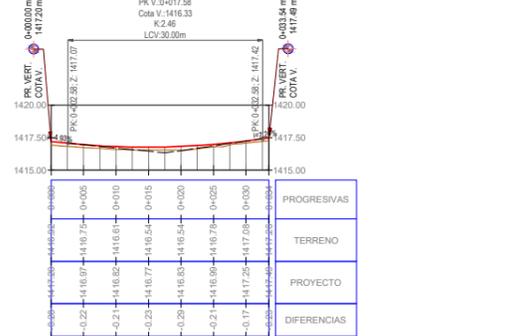
PLANTA - Esc. 1:500



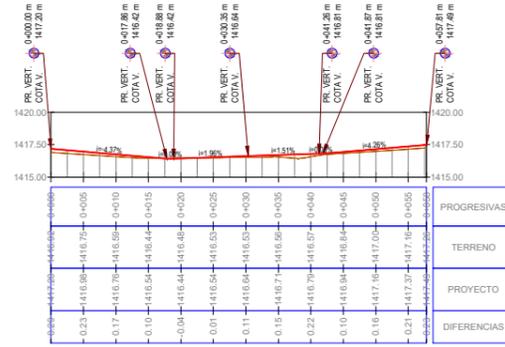
Eje Rama U Oeste 1
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



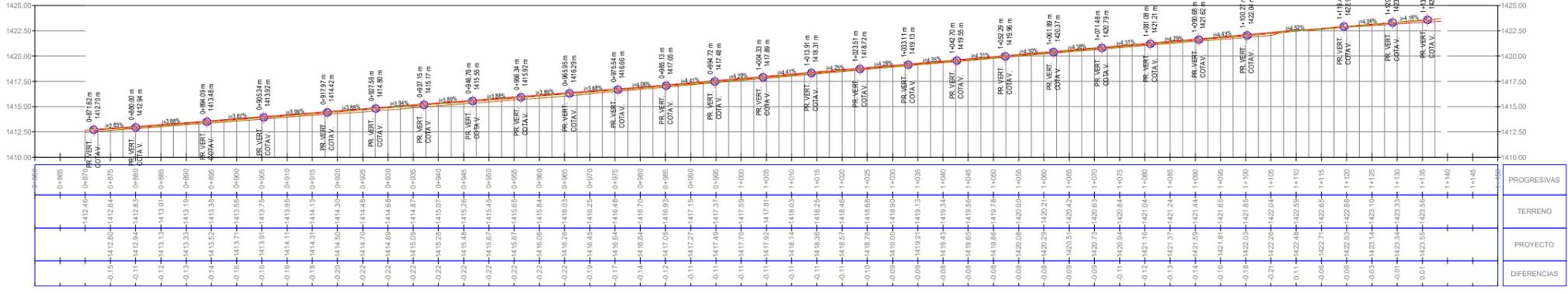
Eje Rama U Oeste 2
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



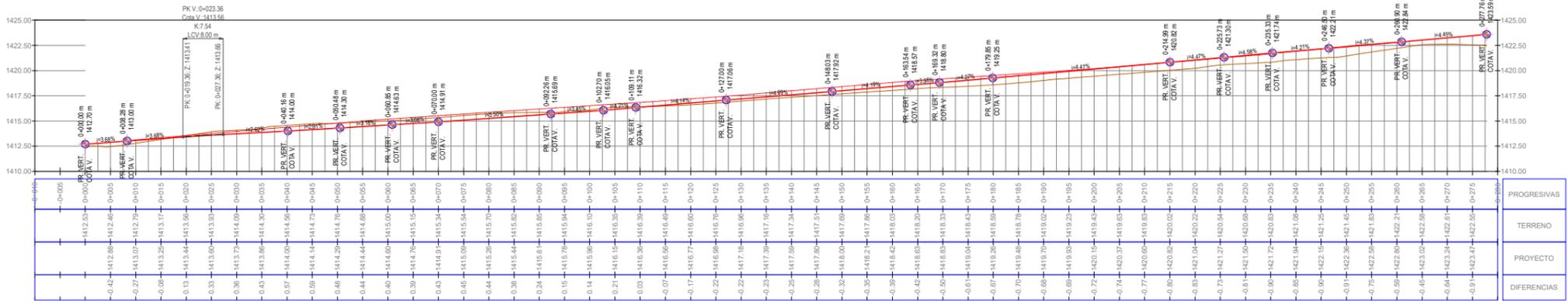
Eje Rama U Este 1
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



Eje Rama U Este 2
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



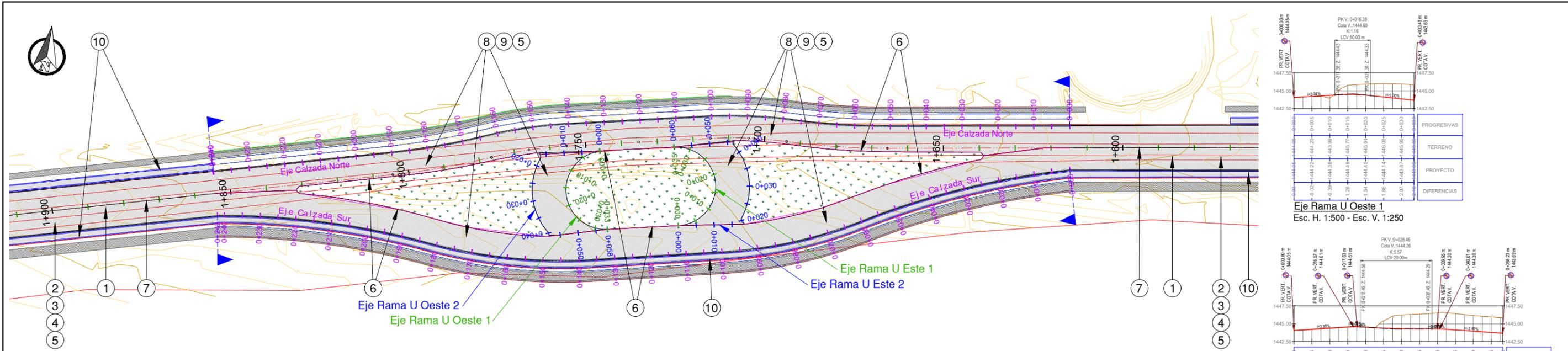
Eje Rama Norte
Esc. H. 1:5000 - Esc. V. 1:250



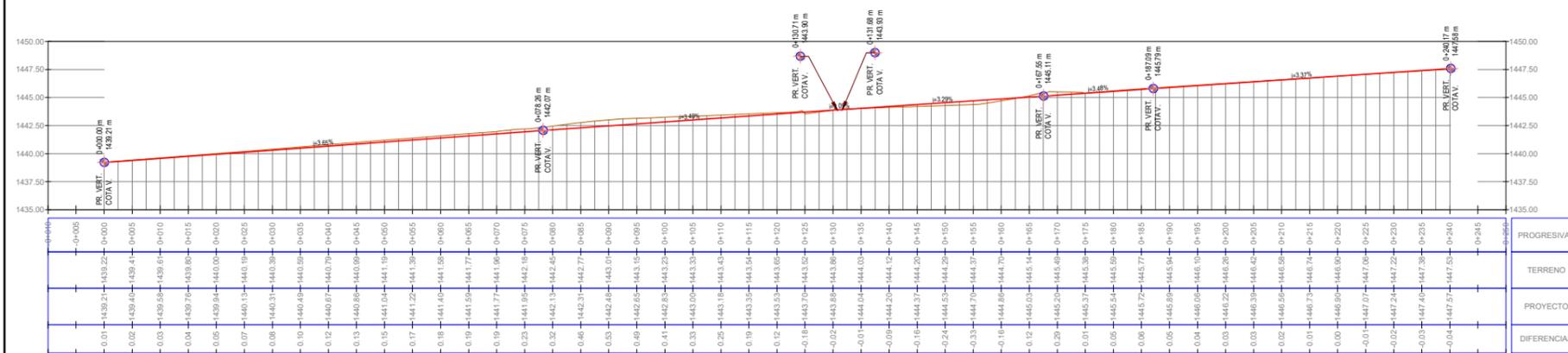
Eje Rama Sur
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250

SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS	1	2	3	4	5	6	7
1	Demolición de pavimento asfáltico existente.	Carpeta de concreto asfáltico con caliente, incluido riego de liga, e=0,05m.	Base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Impresión con material bituminoso.	Construcción de cordón integral de hormigón p/pav. rígido, según detalle.	Construcción de cordón montable en eje de calzada, según detalle.
8	Pavimento de hormigón H-30, e=0,23 m.	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. rígido, e= 0,20m.	Ejecución de cuneta trapecial revestida con piedra.	Construcción de defensa rígida tipo medio New Jersey, según plano de detalles.			
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							

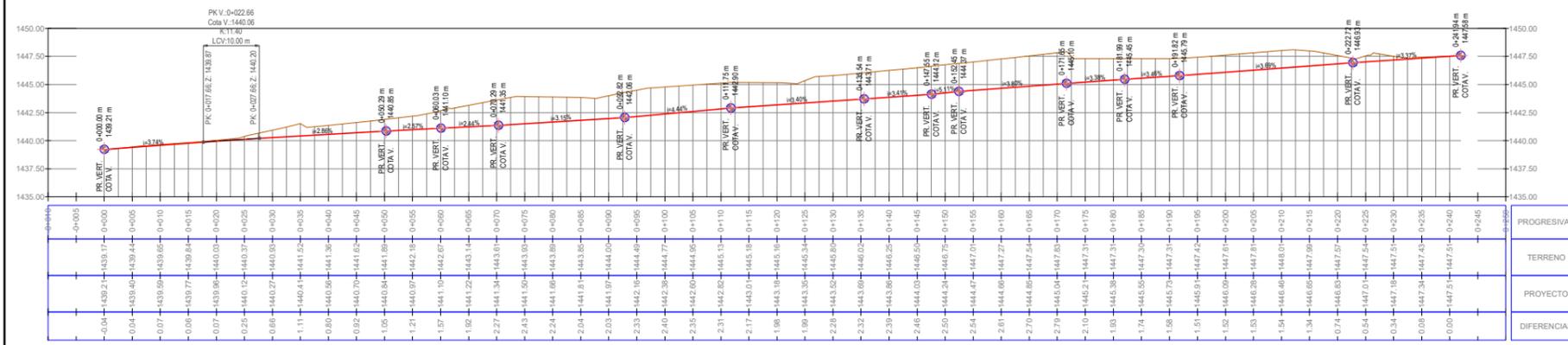
NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.



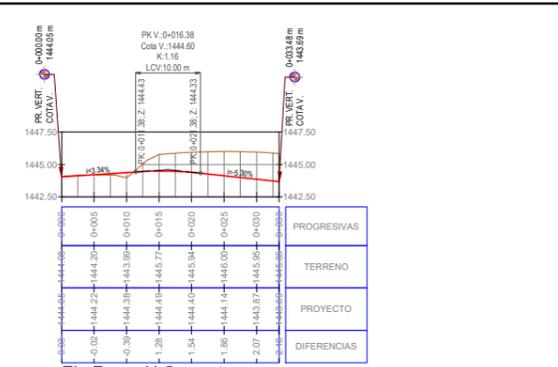
PLANTA - Esc. 1:500



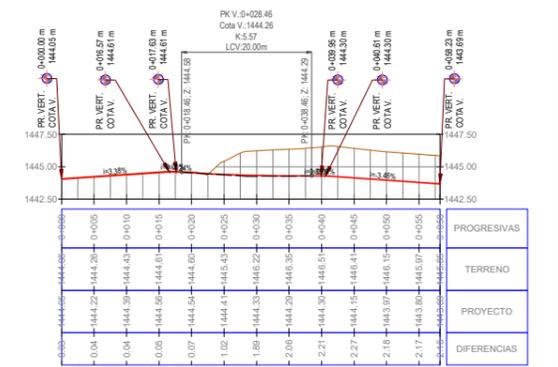
Eje Rama Norte
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



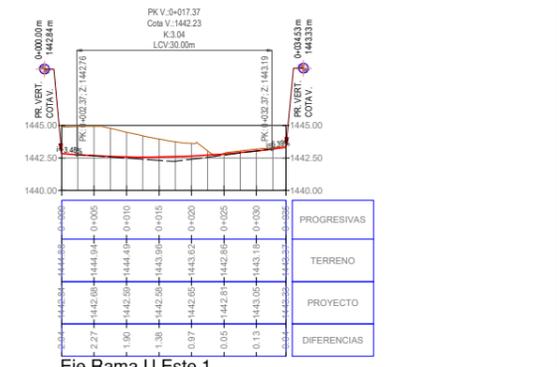
Eje Rama Sur
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



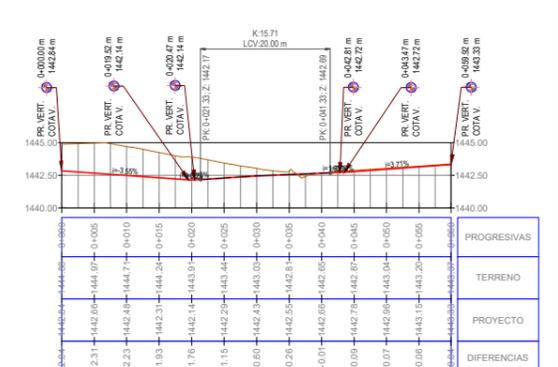
Eje Rama U Oeste 1
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



Eje Rama U Oeste 2
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



Eje Rama U Este 1
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250

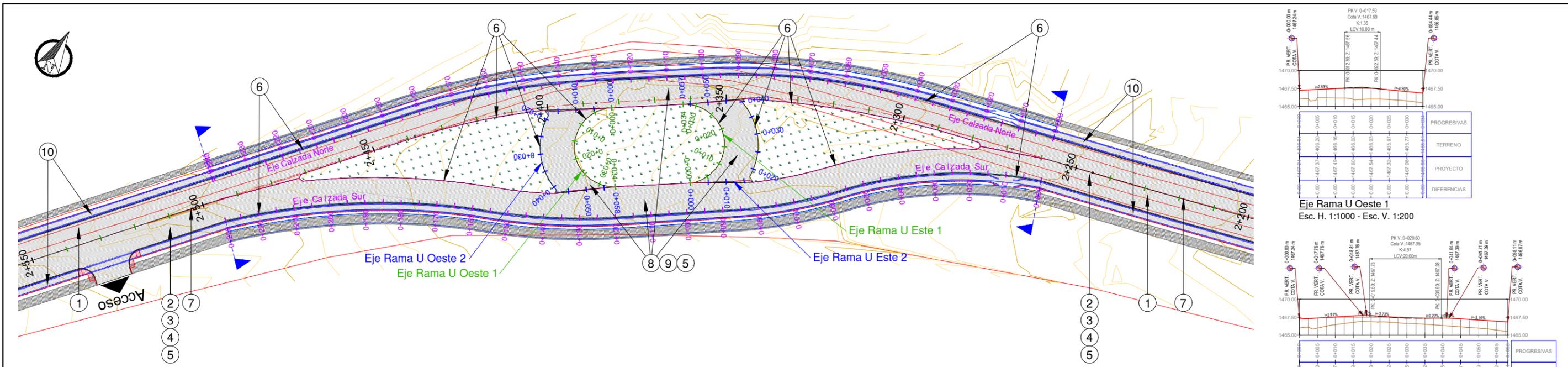


Eje Rama U Este 2
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250

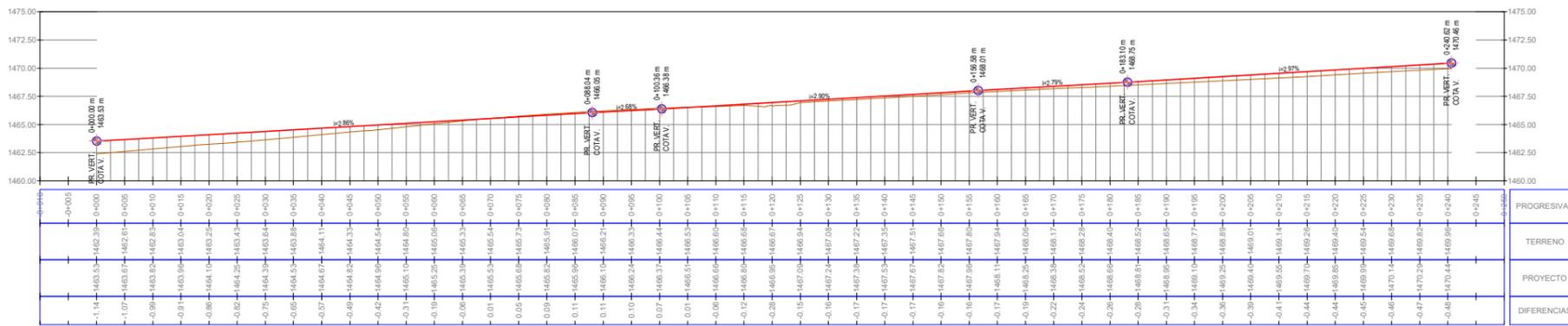
SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	Demolición de pavimento asfáltico existente.	Carpeta de concreto asfáltico en caliente, incluido riego de liga, e=0,05m.	Base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e=0,15m.	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e=0,15m.	Imprimación con material bituminoso.	Construcción de cordón integral de hormigón p.pav. rígido, según detalle.	Construcción de cordón montable en eje de calzada, según detalle.															

NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

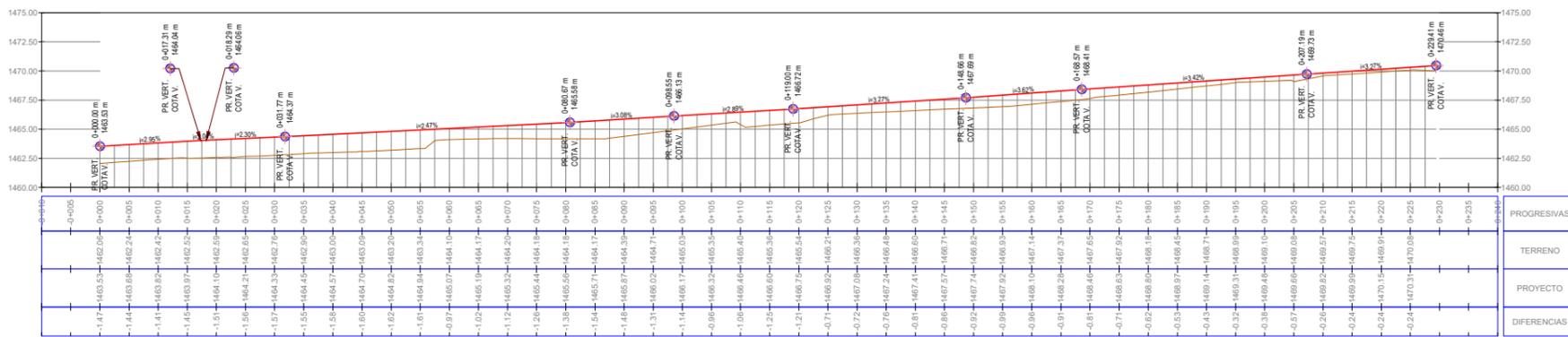
PLANO	13
Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO	
Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto	
Ubicación: Departamento Luján de Cuyo, Provincia de Mendoza	
PLANIALTIMETRÍA DE DETALLE - Retorno N°2	



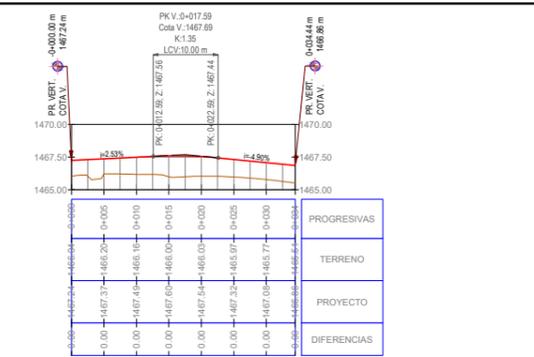
PLANTA - Esc. 1:500



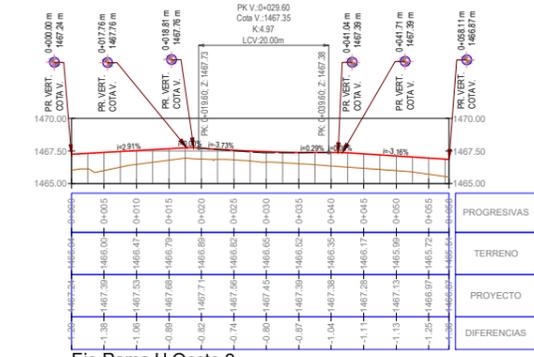
Eje Rama Norte
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



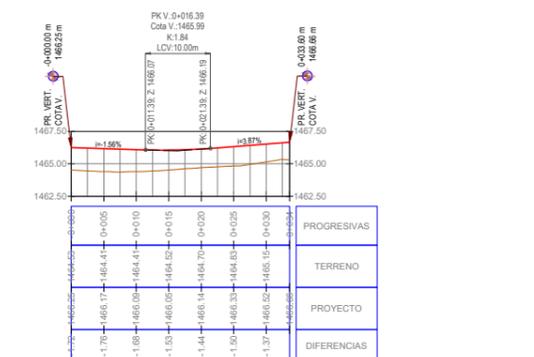
Eje Rama Sur
Esc. H. 1:500 - Esc. V. 1:250



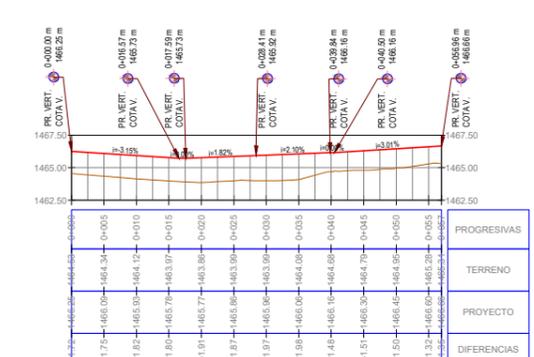
Eje Rama U Oeste 1
Esc. H. 1:1000 - Esc. V. 1:200



Eje Rama U Oeste 2
Esc. H. 1:1000 - Esc. V. 1:200



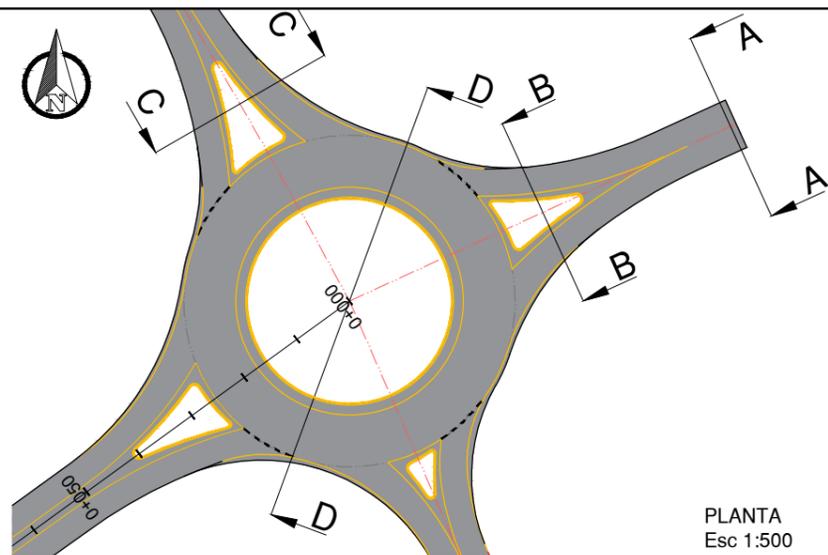
Eje Rama U Este 1
Esc. H. 1:1000 - Esc. V. 1:200



Eje Rama U Este 2
Esc. H. 1:1000 - Esc. V. 1:200

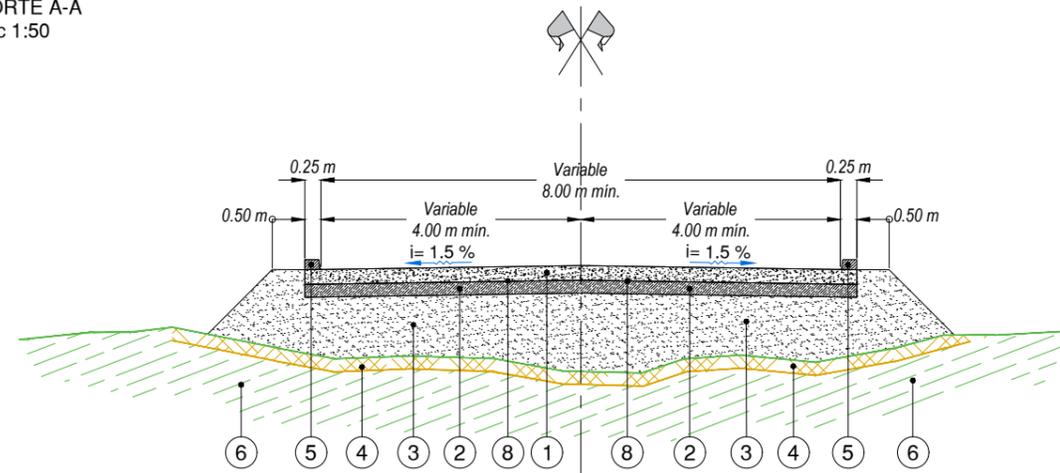
SIGNIFICADO DE LOS NUMEROS	1	2	3	4	5	6	7
1	Demolición de pavimento asfáltico existente.	Carpeta de concreto asfáltico en caliente, incluido riego de liga, e=0,05m.	Base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. flexible, e= 0,15m.	Imprimación con material bituminoso.	Construcción de cordón integral de hormigón p/pav. rígido, según detalle.	Construcción de cordón montable en eje de calzada, según detalle.
8	Pavimento de hormigón H-30, e=0,23 m.	Sub-base estabilizada de agregado pétreo y suelo para estructura de pav. rígido, e= 0,20m.	Ejecución de cuneta trapecial revestida con piedra.				
15							

NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remítirse a la DPV en caso de requerir la información.

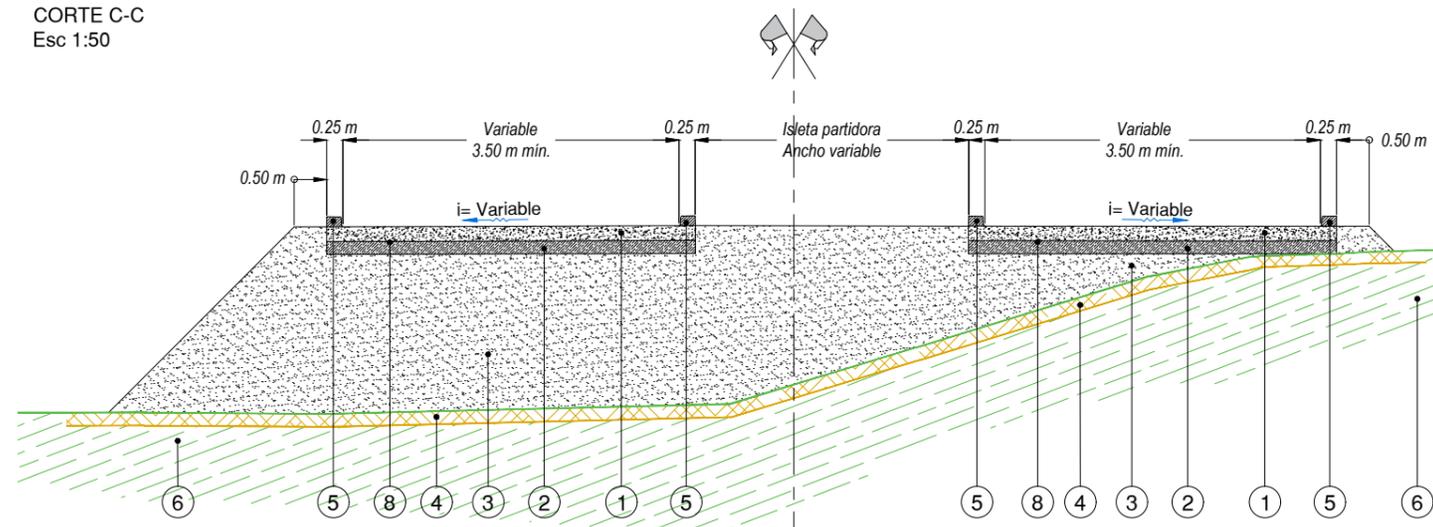


PLANTA
Esc 1:500

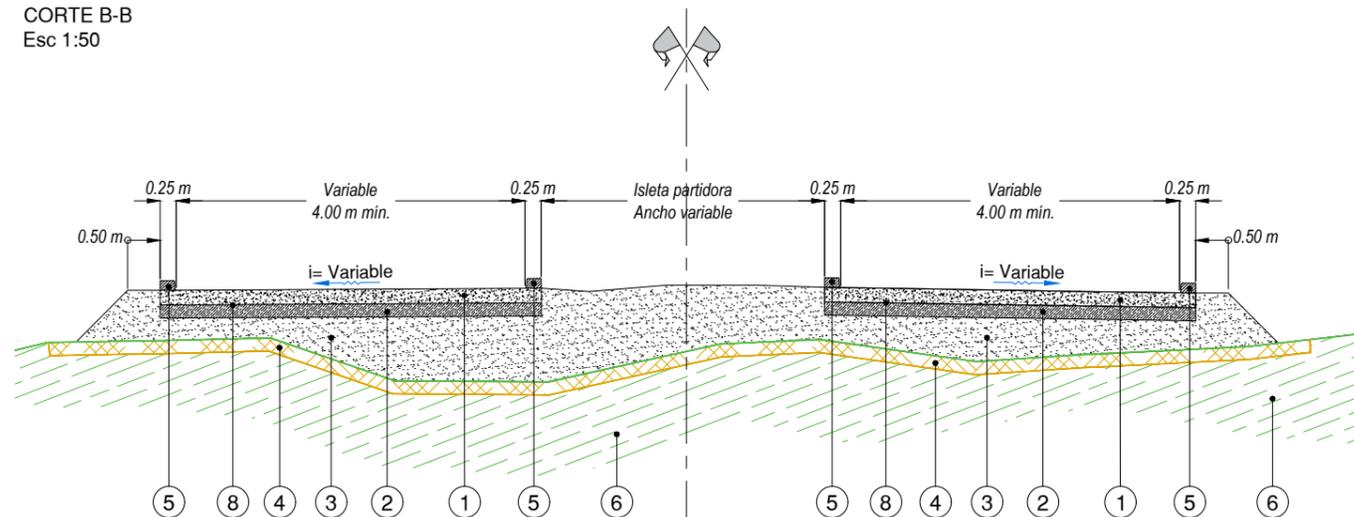
CORTE A-A
Esc 1:50



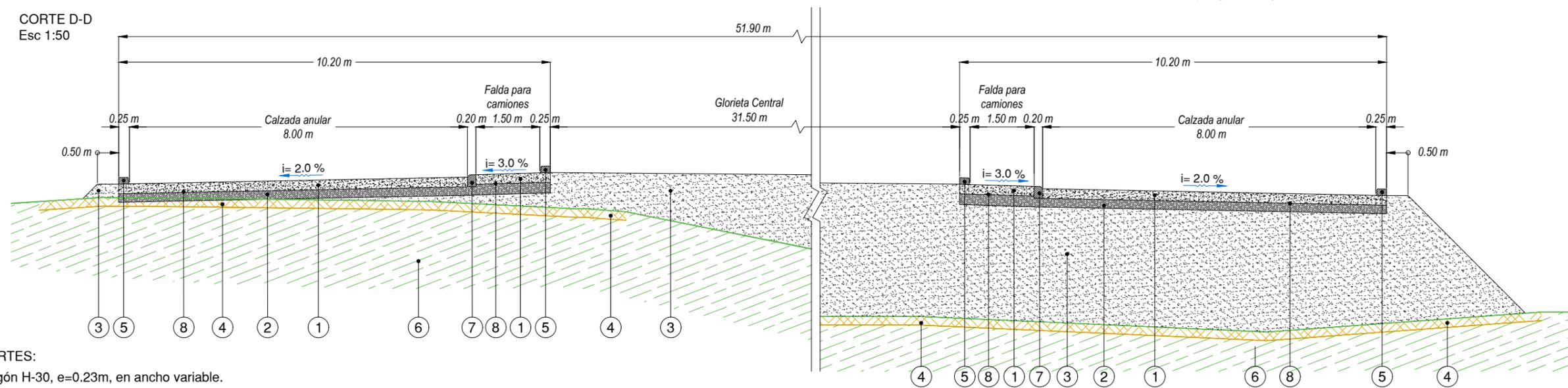
CORTE C-C
Esc 1:50



CORTE B-B
Esc 1:50



CORTE D-D
Esc 1:50

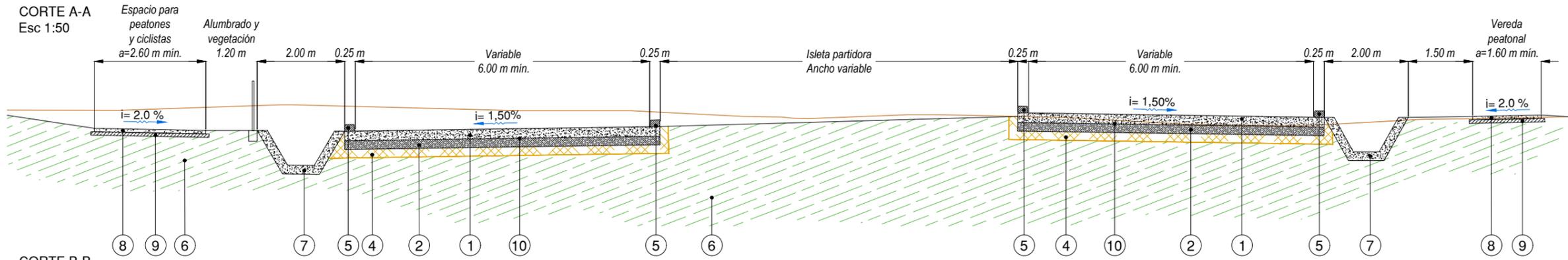


REFERENCIAS DE CORTES:

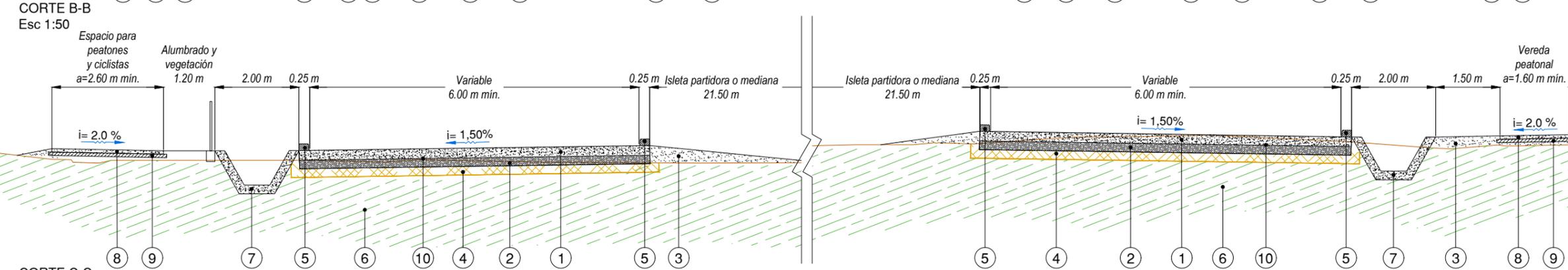
- ① Pavimento de hormigón H-30, e=0.23m, en ancho variable.
- ② Sub-Base granular de 0.20m de espesor, CBR>80, en ancho variable.
- ③ Terraplén con compactación especial, según especificaciones.
- ④ Compactación base de asiento de terraplén, esp.= 0.20m.
- ⑤ Cordón integral de hormigón según detalle.
- ⑥ Terreno natural.
- ⑦ Cordón montable de hormigón según detalle.
- ⑧ Riego de imprimación, en ancho variable.

NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

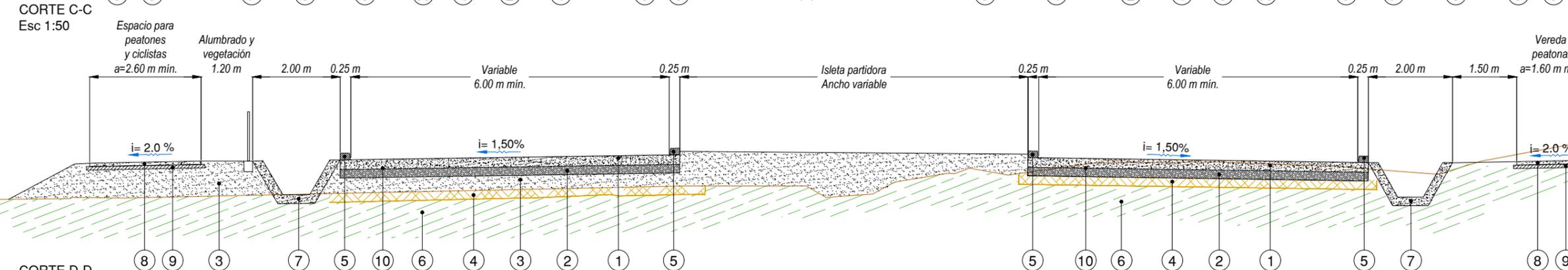
CORTE A-A
Esc 1:50



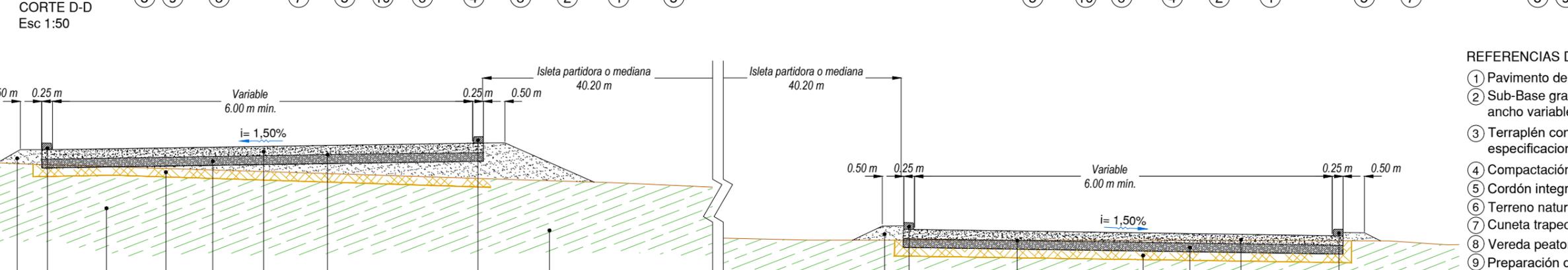
CORTE B-B
Esc 1:50



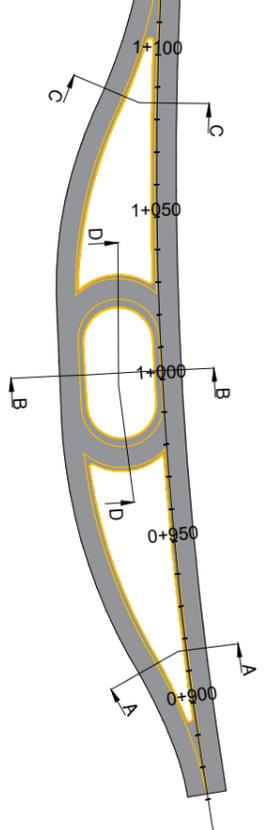
CORTE C-C
Esc 1:50



CORTE D-D
Esc 1:50



PLANTA
Esc 1:1000

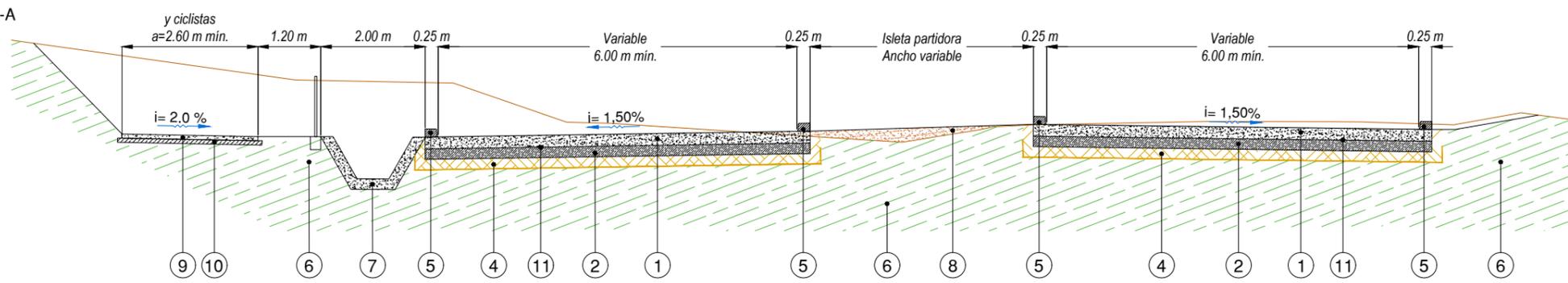


- REFERENCIAS DE CORTES:
- ① Pavimento de hormigón H-30, e=0.23m, en ancho variable.
 - ② Sub-Base granular de 0.20m de espesor, CBR>80, en ancho variable.
 - ③ Terraplén con compactación especial, según especificaciones.
 - ④ Compactación base de asiento de terraplén, esp.= 0.20m.
 - ⑤ Cordón integral de hormigón según detalle.
 - ⑥ Terreno natural.
 - ⑦ Cuneta trapecial de hormigón a construir, según detalle.
 - ⑧ Vereda peatonal de hormigón a construir, e= 0,08m.
 - ⑨ Preparación de base de asiento, según especificaciones.
 - ⑩ Riego de imprimación, en ancho variable.

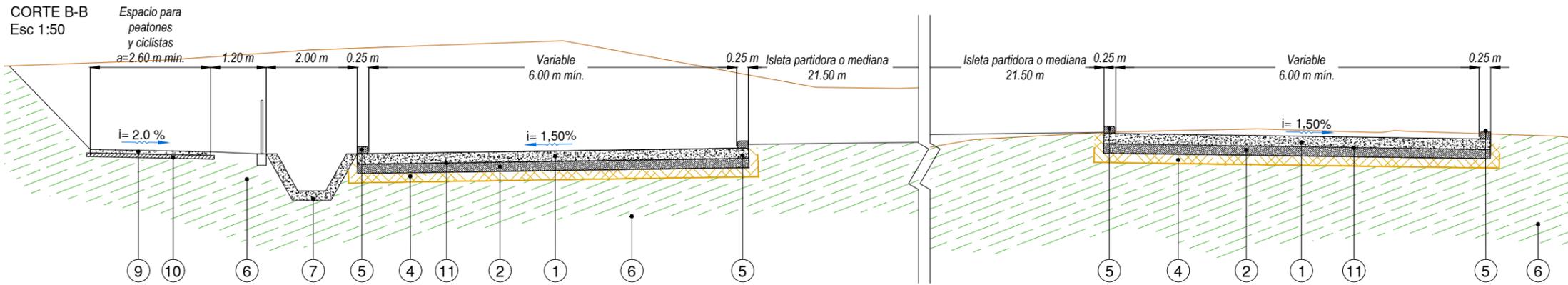
NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

PLANO	16
Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO	
Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto	
Ubicación: Departamento Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza	
CORTES TRANSVERSALES EN RETORNO N°1	

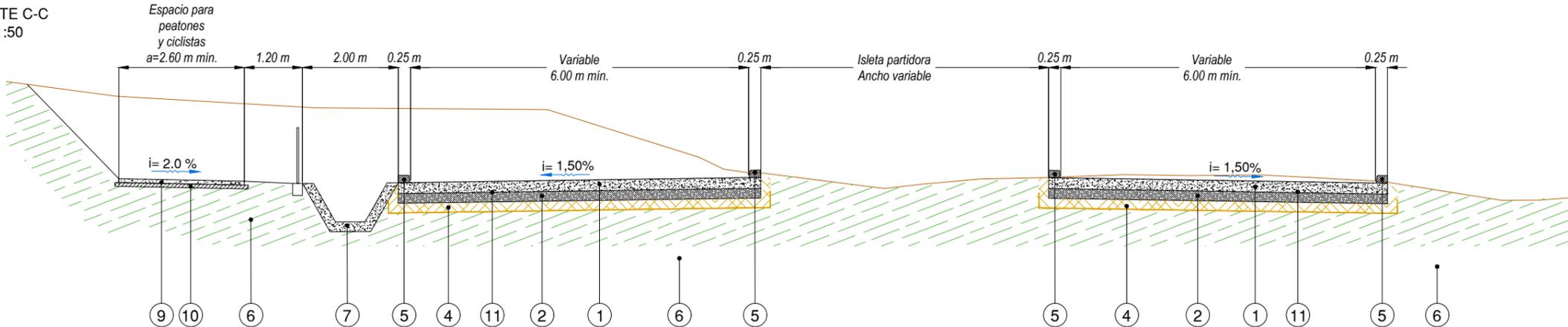
CORTE A-A
Esc 1:50



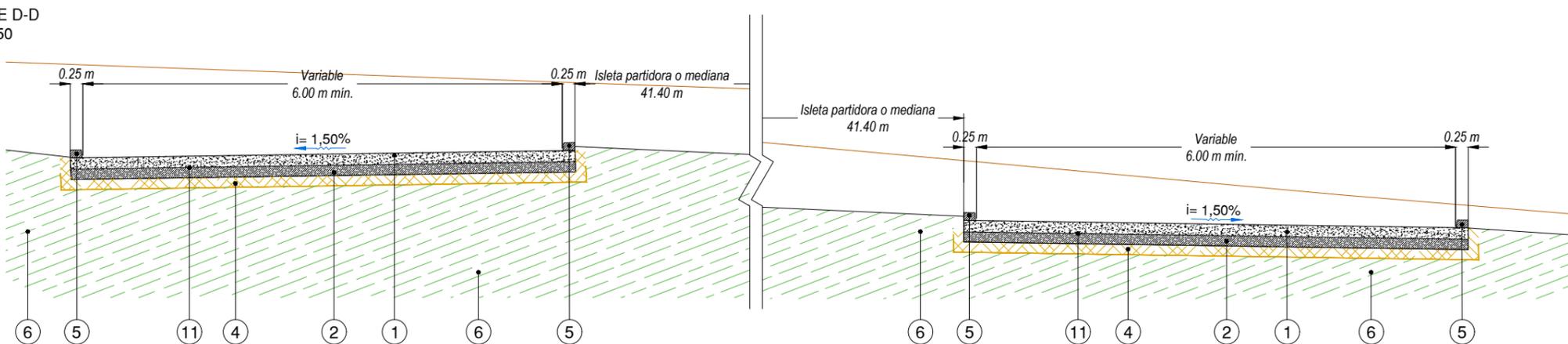
CORTE B-B
Esc 1:50



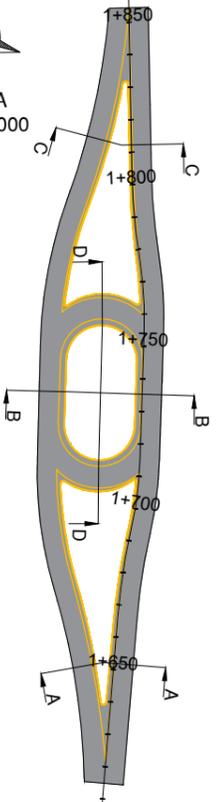
CORTE C-C
Esc 1:50



CORTE D-D
Esc 1:50



PLANTA
Esc 1:1000



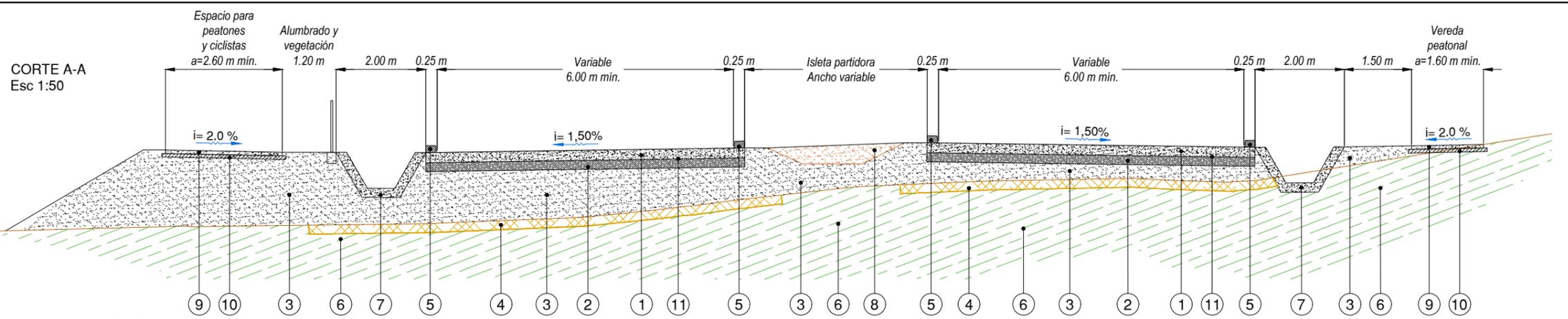
REFERENCIAS DE CORTES:

- ① Pavimento de hormigón H-30, e=0.23m, en ancho variable.
- ② Sub-Base granular de 0.20m de espesor, CBR>80, en ancho variable.
- ③ Terraplén con compactación especial, según especificaciones.
- ④ Compactación base de asiento de terraplén, esp.= 0.20m.
- ⑤ Cordón integral de hormigón según detalle.
- ⑥ Terreno natural.
- ⑦ Cuneta trapecial de hormigón a construir, según detalle.
- ⑧ Relleno de tierra preparada para gramíneas.
- ⑨ Vereda peatonal de hormigón a construir, e= 0,08m.
- ⑩ Preparación de base de asiento, según especificaciones.
- ⑪ Riego de imprimación, en ancho variable.

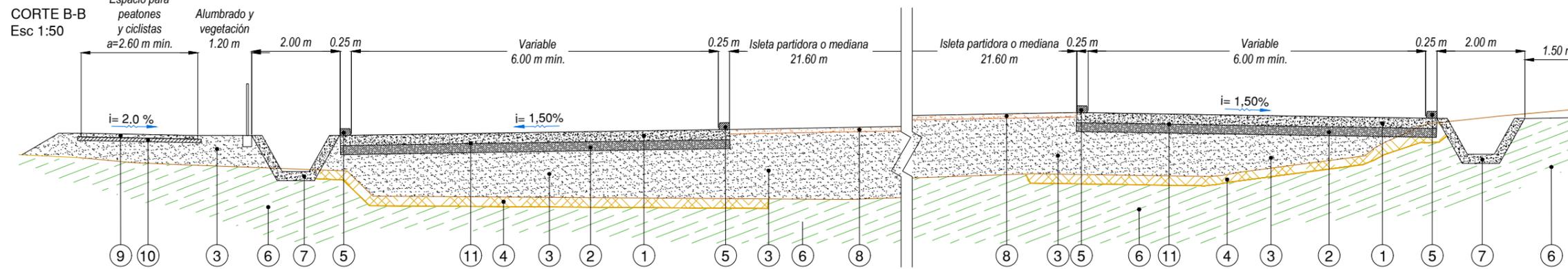
NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

	PLANO 17
Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO	
Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto	
Ubicación: Departamento Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza	
CORTES TRANSVERSALES EN RETORNO N°2	

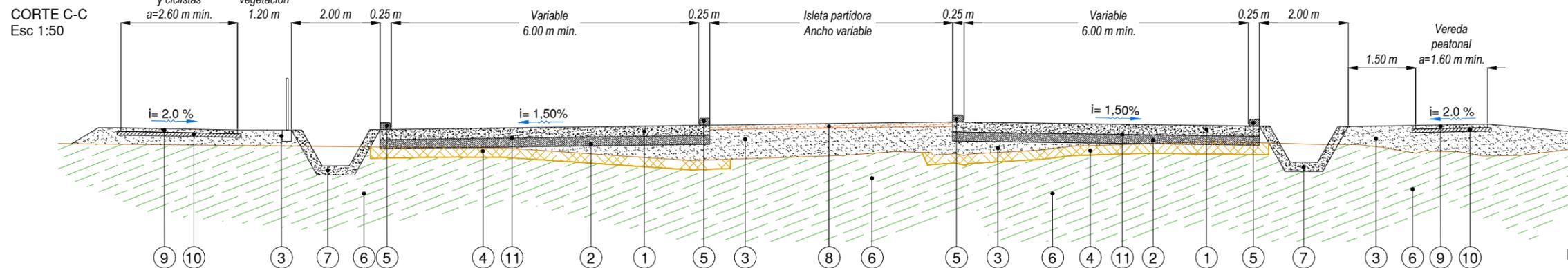
CORTE A-A
Esc 1:50



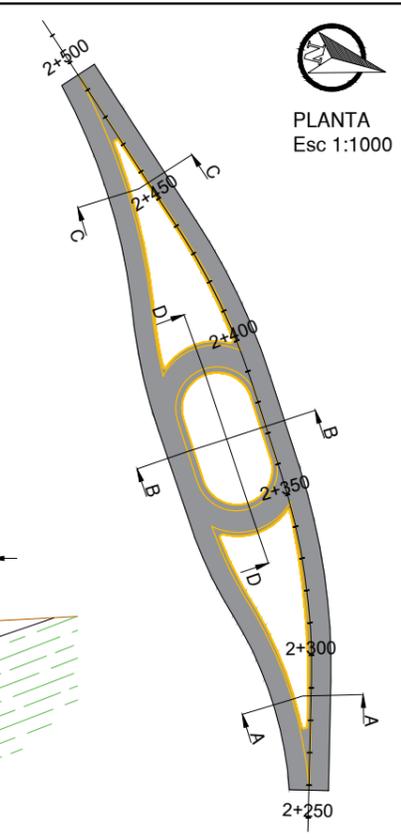
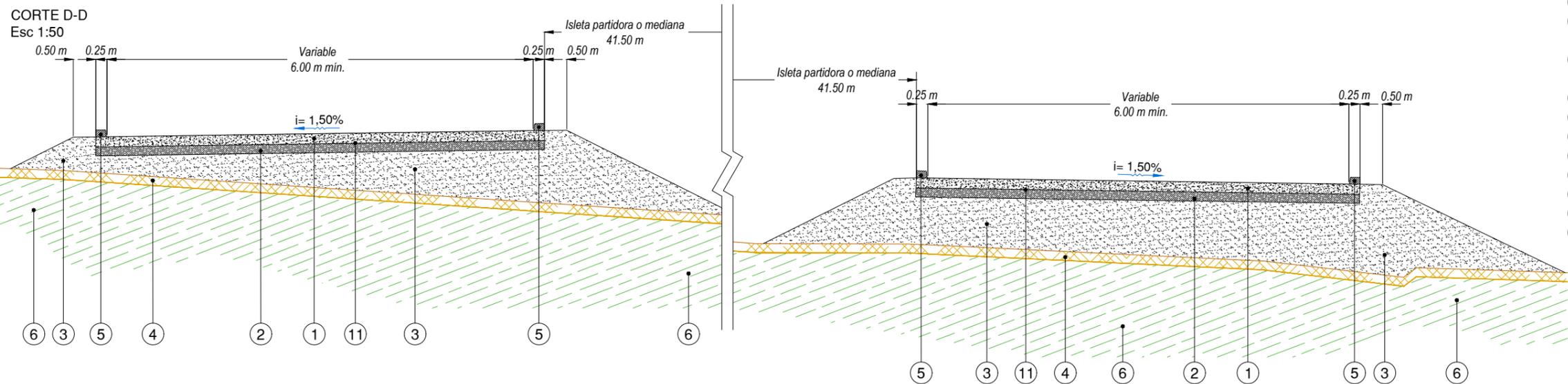
CORTE B-B
Esc 1:50



CORTE C-C
Esc 1:50



CORTE D-D
Esc 1:50

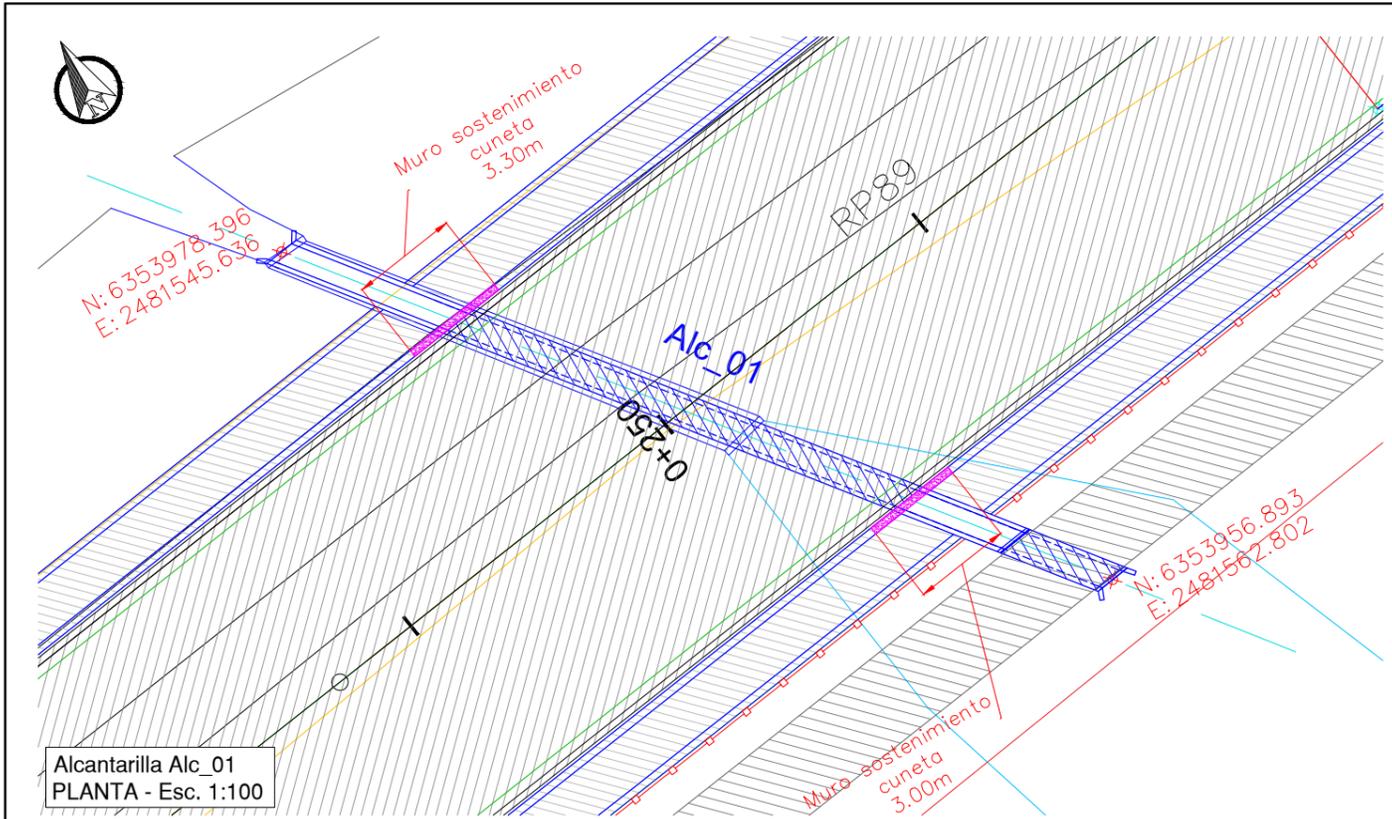


PLANTA
Esc 1:1000

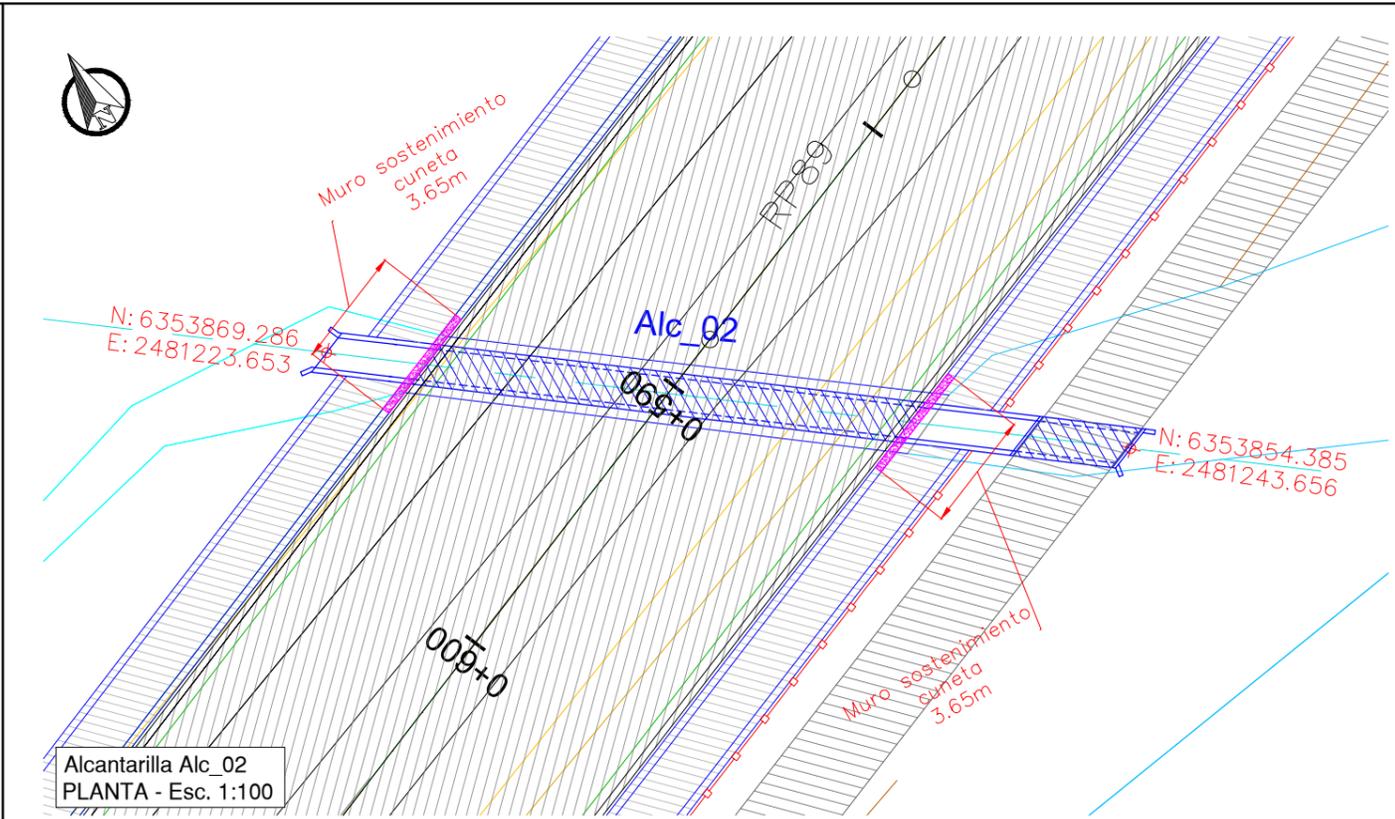
NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

- REFERENCIAS DE CORTES:
- ① Pavimento de hormigón H-30, e=0.23m, en ancho variable.
 - ② Sub-Base granular de 0.20m de espesor, CBR>80, en ancho variable.
 - ③ Terraplén con compactación especial, según especificaciones.
 - ④ Compactación base de asiento de terraplén, esp.= 0.20m.
 - ⑤ Cordón integral de hormigón según detalle.
 - ⑥ Terreno natural.
 - ⑦ Cuneta trapezoidal de hormigón a construir, según detalle.
 - ⑧ Relleno de tierra preparada para gramíneas.
 - ⑨ Vereda peatonal de hormigón a construir, e= 0,08m.
 - ⑩ Preparación de base de asiento, según especificaciones.
 - ⑪ Riego de imprimación, en ancho variable.

PLANO 18
Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO
Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto
Ubicación: Departamento Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza
CORTES TRANSVERSALES EN RETORNO N°3

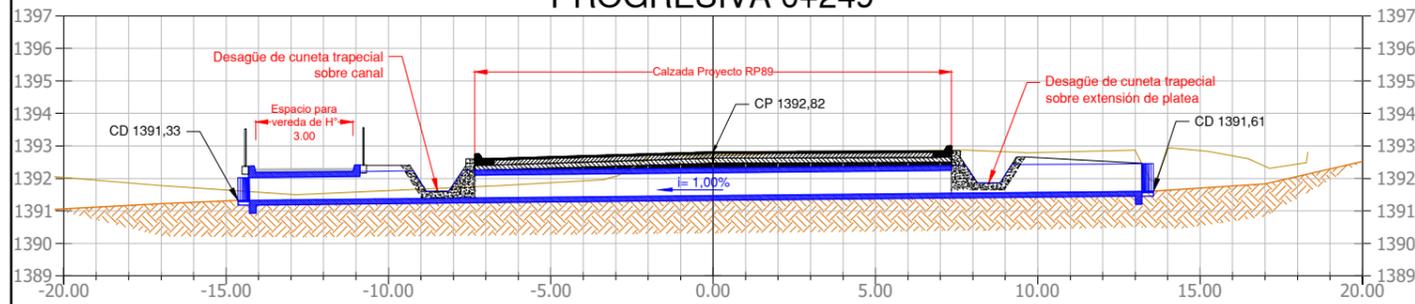


Alcantarilla Alc_01
PLANTA - Esc. 1:100



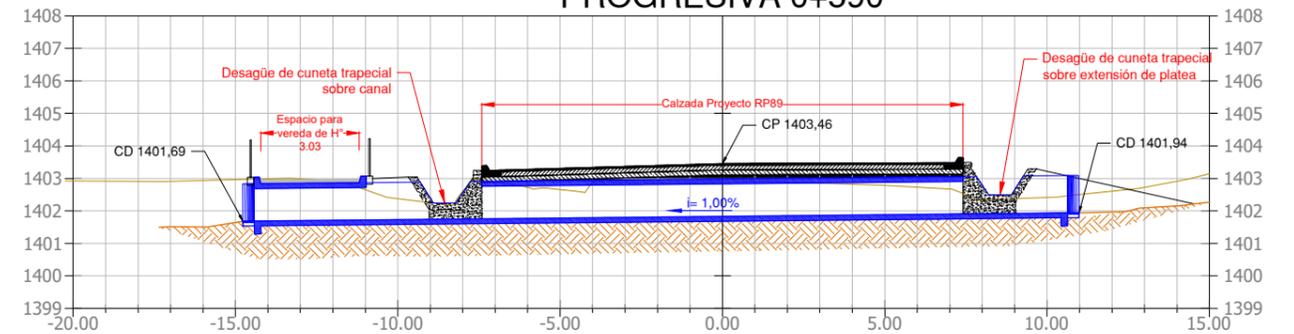
Alcantarilla Alc_02
PLANTA - Esc. 1:100

Alc_01
PROGRESIVA 0+249



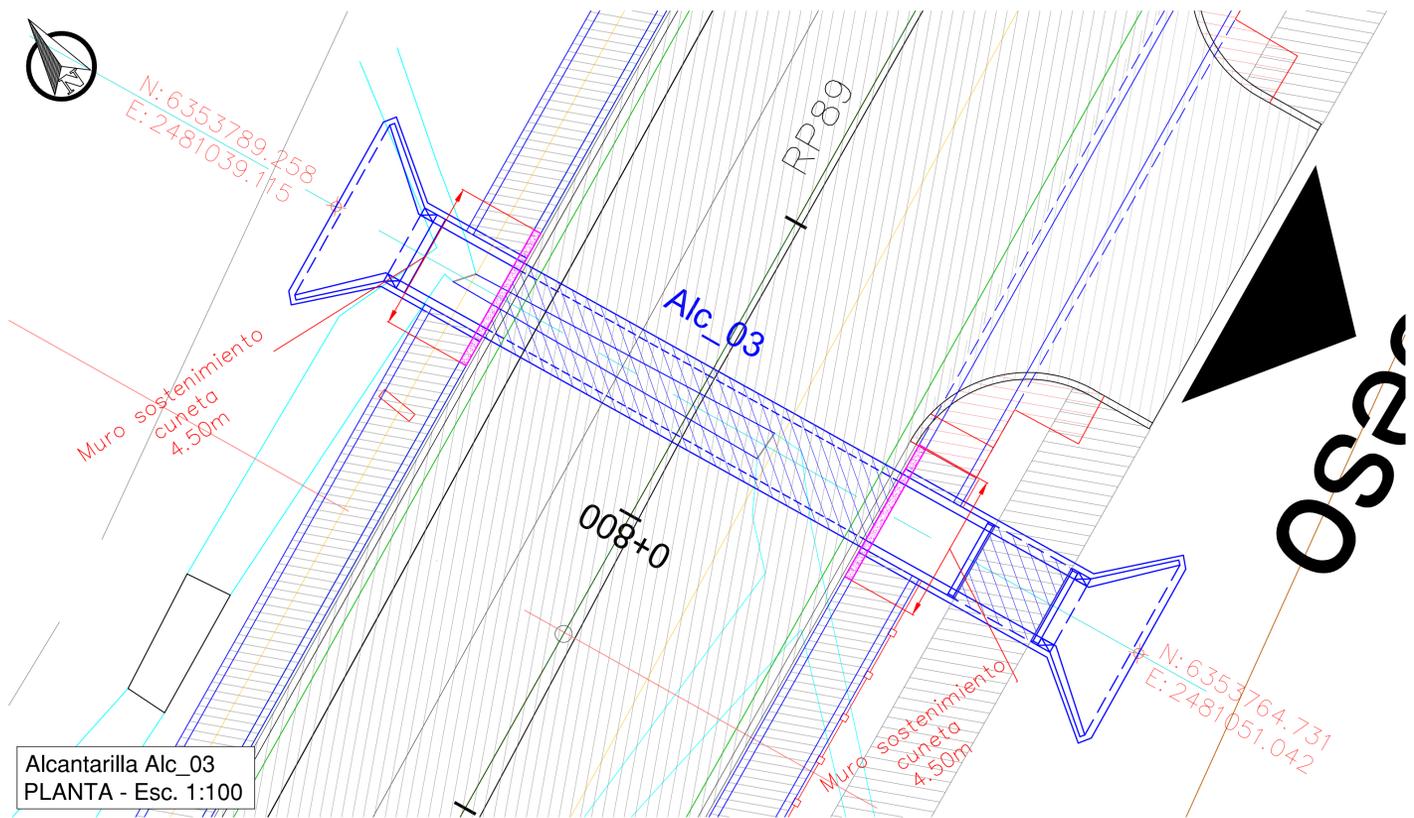
Alcantarilla Alc_01
PERFIL - Esc. H. y Esc. V. 1:100

Alc_02
PROGRESIVA 0+590

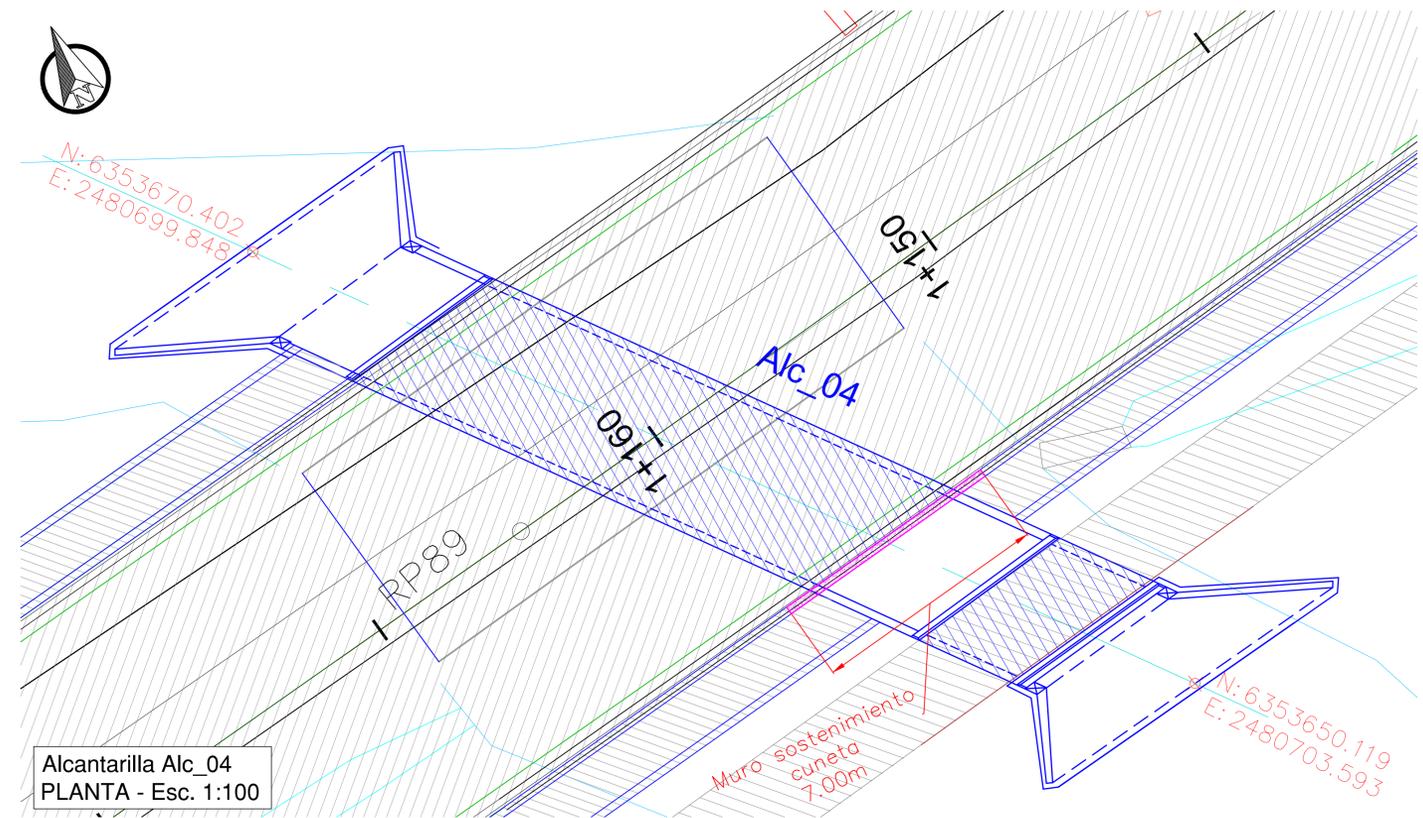


Alcantarilla Alc_02
PERFIL - Esc. H. y Esc. V. 1:100

NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

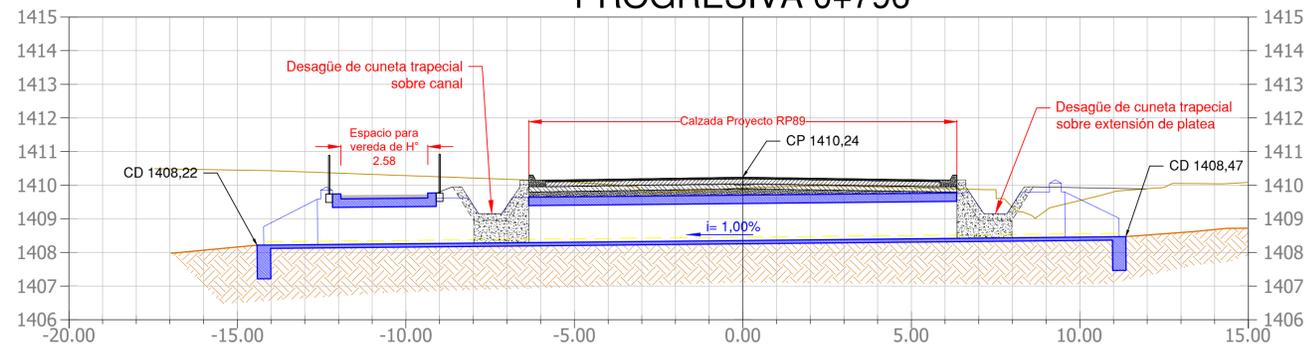


Alcantarilla Alc_03
PLANTA - Esc. 1:100



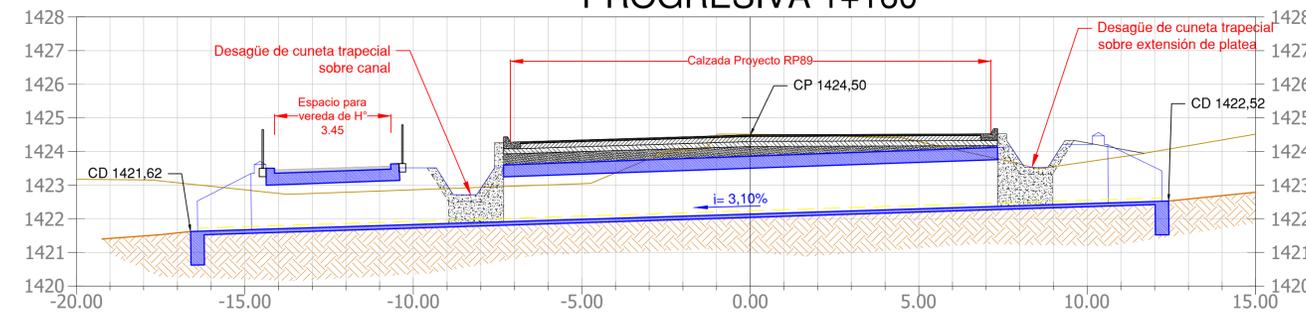
Alcantarilla Alc_04
PLANTA - Esc. 1:100

Alc_03
PROGRESIVA 0+796



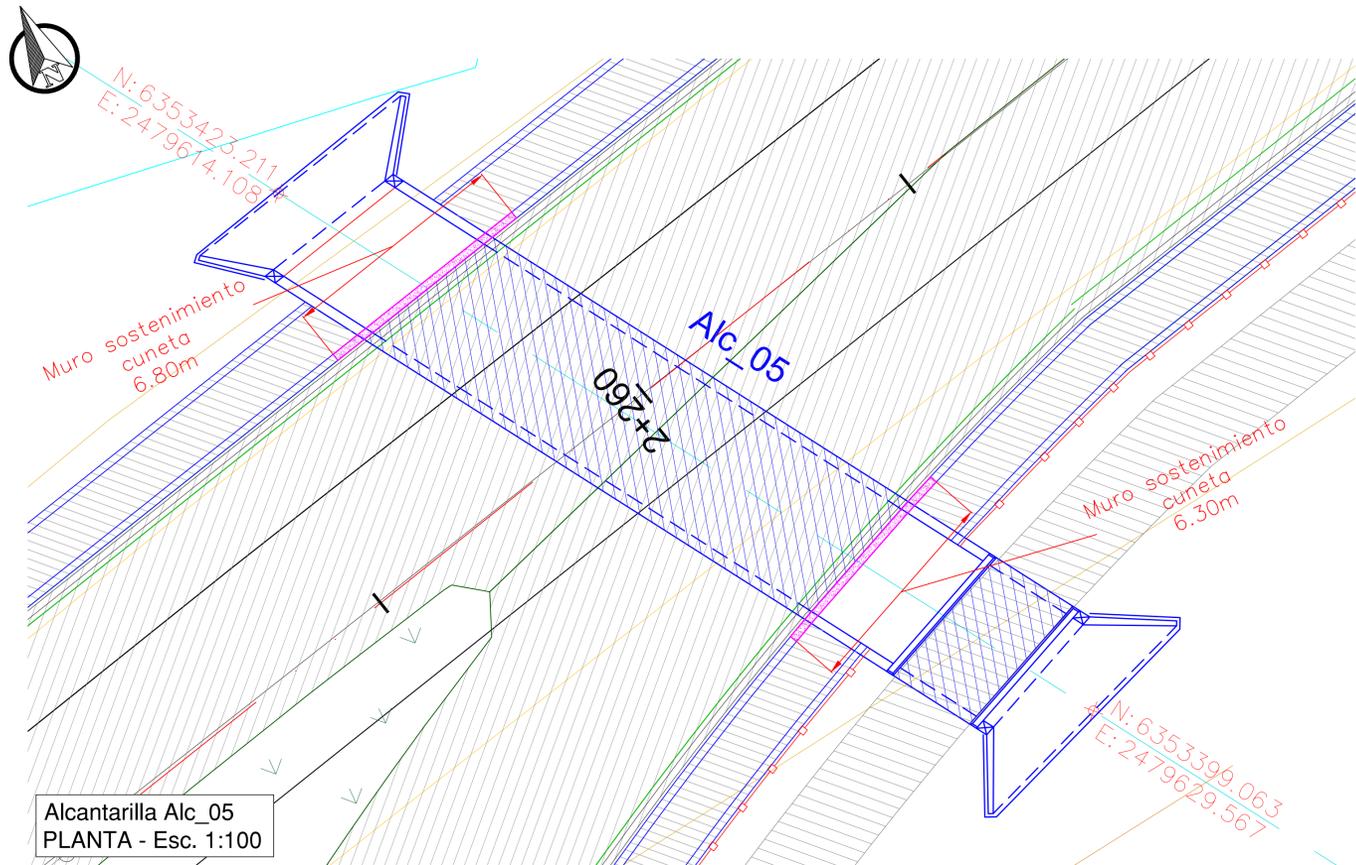
Alcantarilla Alc_03
PERFIL - Esc. H. y Esc. V. 1:100

Alc_04
PROGRESIVA 1+160



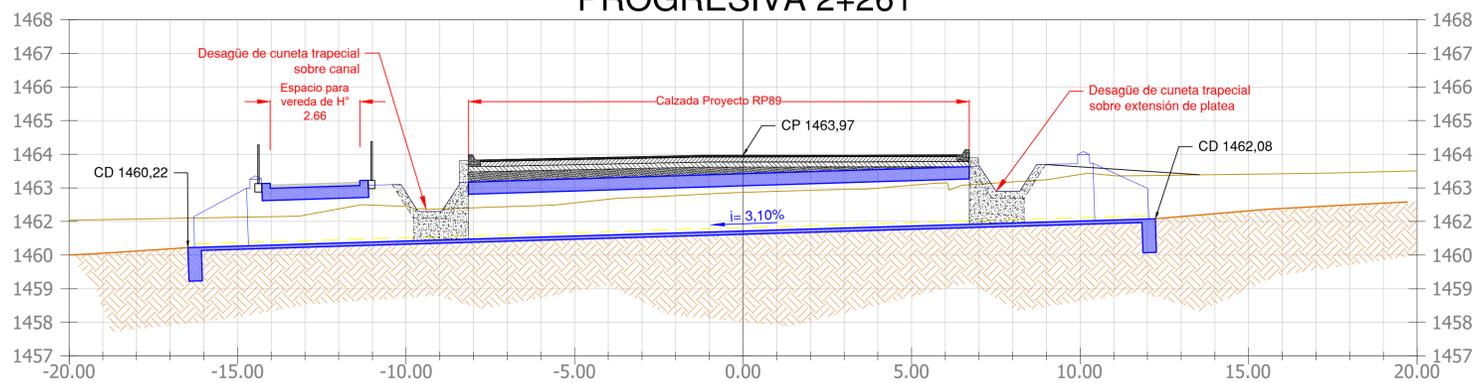
Alcantarilla Alc_04
PERFIL - Esc. H. y Esc. V. 1:100

NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

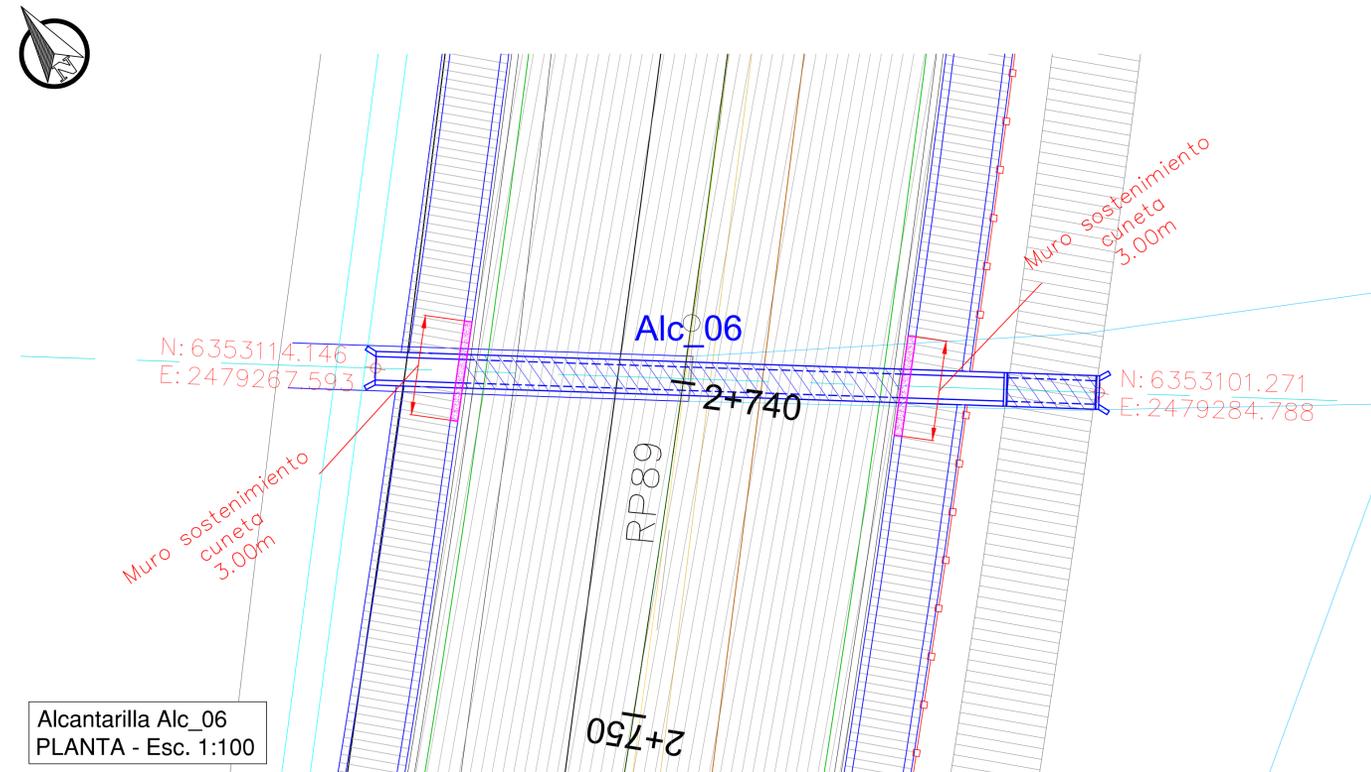


Alcantarilla Alc_05
PLANTA - Esc. 1:100

Alc_05
PROGRESIVA 2+261

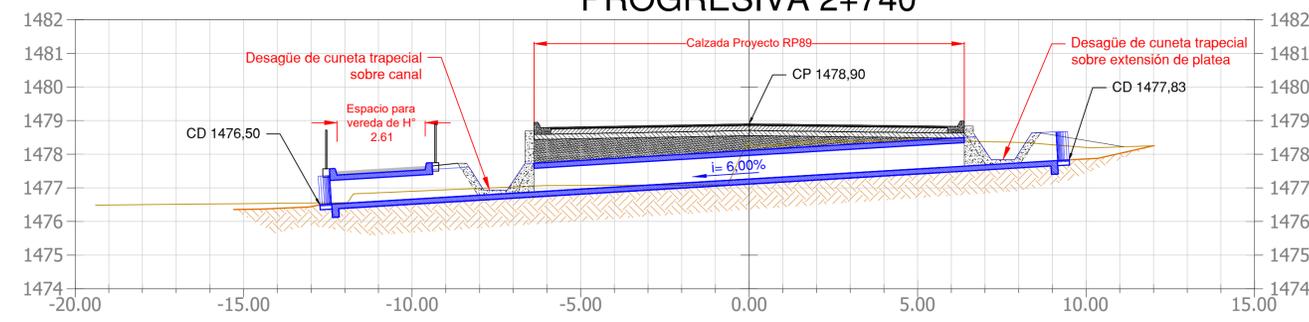


Alcantarilla Alc_05
PERFIL - Esc. H. y Esc. V. 1:100



Alcantarilla Alc_06
PLANTA - Esc. 1:100

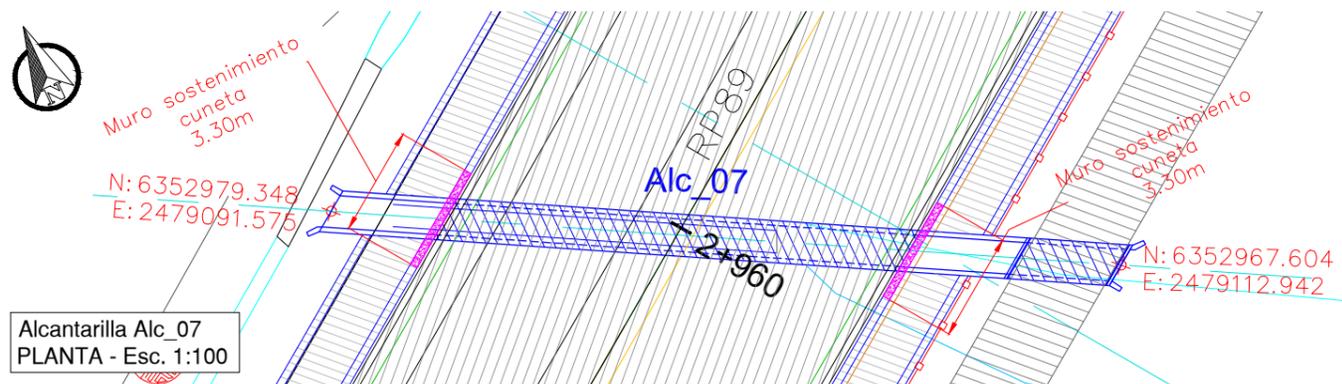
Alc_06
PROGRESIVA 2+740



Alcantarilla Alc_06
PERFIL - Esc. H. y Esc. V. 1:100

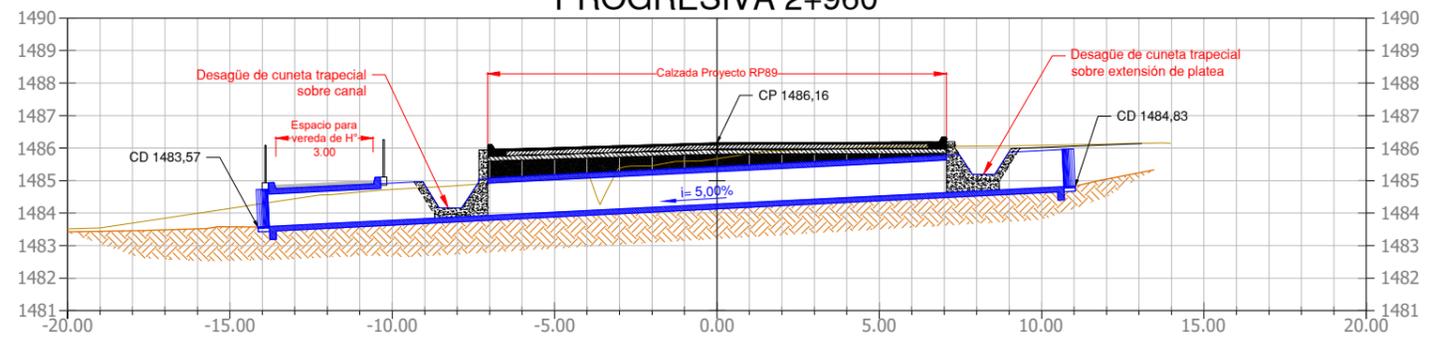
NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

PLANO	21
Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO	
Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto	
Ubicación: Departamento Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza	
ALCANTARILLAS Alc_05 y Alc_06 - Plantas y perfiles	

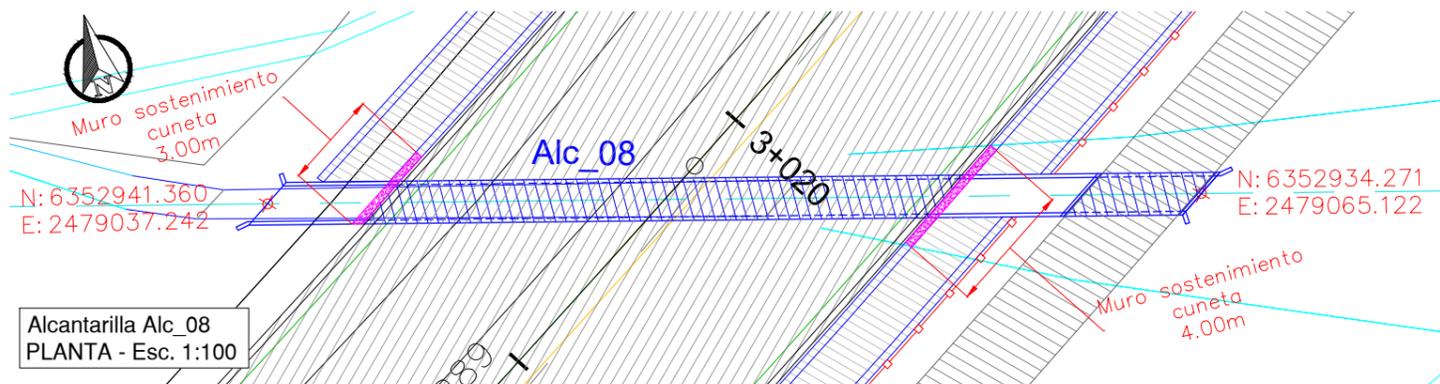


Alcantarilla Alc_07
PLANTA - Esc. 1:100

Alc_07
PROGRESIVA 2+960

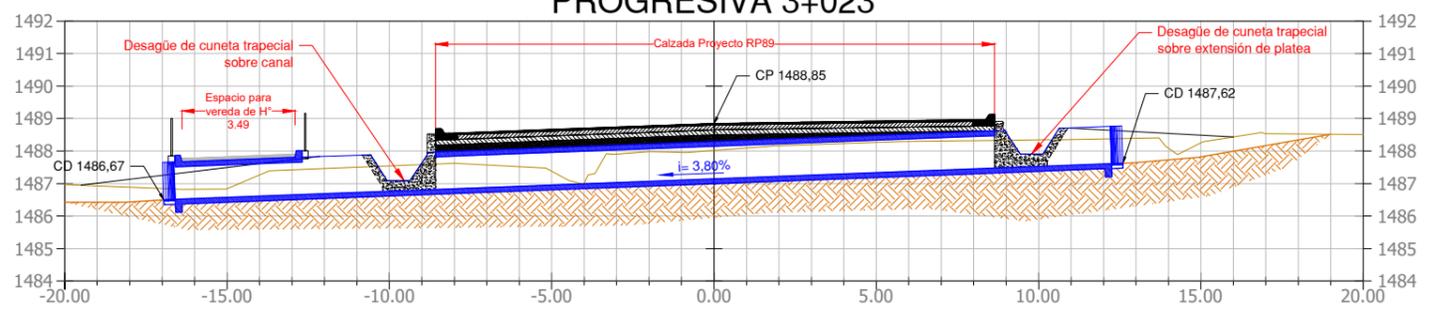


Alcantarilla Alc_07
PERFIL - Esc. H. y Esc. V. 1:100



Alcantarilla Alc_08
PLANTA - Esc. 1:100

Alc_08
PROGRESIVA 3+023



Alcantarilla Alc_08
PERFIL - Esc. H. y Esc. V. 1:100

NOTA: dado que el presente plano puede contener información sensible y confidencial según la Ley de Obra Pública N° 4416 de la Provincia de Mendoza, de común acuerdo institucional entre la Universidad Tecnológica Nacional - FRM y la Dirección Provincial de Vialidad, se decide omitir y/u ocultar dicha información en esta representación gráfica. Remitirse a la DPV en caso de requerir la información.

	PLANO 22
Obra: RECONSTRUCCIÓN R.P. N°89 Y PUENTE SOBRE RÍO BLANCO	
Tramo: Empalme R.P. N°82 - Arroyo El Salto	
Ubicación: Departamento Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza	
ALCANTARILLAS Alc_07 y Alc_08 - Plantas y perfiles	