

Autopista Ruta Nacional N°7

Tramo Empalme RNN°40 – Aguas del Pizarro

Faccio, Franco Daniel – Legajo 35694
Olguin, Maximiliano – Legajo 35848
Sindoni Lenz, Geronimo – Legajo 35805

Director del trabajo: Ing. Antonio Cereseto
Integrantes de la cátedra:
Titular.: Ing. Pablo Martín
JTP.: Ing. Gustavo Castro
Ayudante.: Ing. Helvio Grili

Año: 2023

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

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Agradecimientos

Quiero agradecer en primera instancia, mis padres y hermanos quienes van formando a la persona que soy hoy en día y los valores que me fueron enseñados, mis hermanos que con su experiencia me ayudaron a tomar decisiones que hoy día me hacen elegir esta hermosa profesión. También quiero agradecer a mi pareja Marina, quien estos últimos años me ha sabido sobrellevar en momentos de frustración y alegrías.

En segunda instancia agradecer a todo el personal docente como no docente de la facultad, los cuales con su gran desempeño me formaron profesionalmente para poder desarrollarme en el ámbito laboral.

En tercera instancia quería agradecer a mis compañeros de facultad y tesis, con los cuales en los tiempos de cursado eran un apoyo vital en el camino del estudio, siendo pilares importantes en momentos difíciles.

Olguin Maximiliano Andrés



En primer lugar, agradecer a toda mi familia, son ellos quienes me han ayudado a forjar a la persona que hoy soy, con valores que me fueron enseñados. También quiero agradecer a mi pareja Ivana, que me ha apoyado de manera incondicional en esta etapa importante de aprendizaje

También agradecer a todo el personal docente como no docente de la facultad, los cuales con su gran desempeño me formaron profesionalmente para poder desarrollarme en el ámbito laboral.

No quiero dejar de nombrar al Departamento de Estudios y Proyectos de la Dirección Provincial de Vialidad, donde aplico todos los días los conocimientos adquiridos durante la carrera durante mis horas de trabajo, destacando principalmente a los Ingenieros José Giunta, Daniel Navarro y Sebastián Rosales, por ser fuente de constantes consultas.

En tercera instancia quería agradecer a mis compañeros de facultad y tesis, con los cuales en los tiempos de cursado eran un apoyo vital en el camino del estudio, siendo pilares importantes en momentos difíciles.

Franco Daniel Faccio



Quiero agradecer en primer lugar a Dios, por guiarme en el camino y fortalecerme espiritualmente para empezar un camino lleno de éxito.

Muestro mis más sinceros agradecimientos al tutor de este proyecto, quien con su conocimiento y su guía fue una pieza clave para que pudiéramos desarrollar cada etapa de desarrollo del trabajo. También, mencionar y agradecer a nuestra institución, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Mendoza, a todos sus profesionales docentes y no docentes por dedicar con vocación sus conocimientos.

A mis compañeros, quienes a través de tiempo fuimos fortaleciendo una amistad, muchas gracias por toda su colaboración, por convivir todo este tiempo conmigo, por compartir experiencias, alegrías, frustraciones, tristezas, peleas, celebraciones y múltiples factores que ayudaron a que hoy demos cierre a una etapa maravillosa, por aportarme confianza y por crecer juntos en este proyecto, muchas gracias.

Por último y no menos importante, quiero agradecer a la base de todo, a mi familia, en especial a mis padres y hermanos, tomándome el tiempo para nombrarnos, papá Félix, mamá Nélide y hermanos Esteban y Micaela, y también a mi compañera de vida Antonella, que quienes con sus consejos fueron el motor de arranque y mi constante motivación, muchas gracias por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amor.

Geronimo Sindoni Lenz



Resumen

A modo introductorio, en las siguientes páginas se pueden encontrar con un proyecto final que tiene como objetivo, establecer algunas pautas mínimas para desarrollar a modo de anteproyecto la ampliación y/o estudio de una carretera 1+1 a una autovía o autopista 2+2.

Teniendo en cuenta los diferentes factores que intervienen en este tipo de estudio, como los son los técnicos o ingenieriles, sociales, y económicos.

En el podemos encontrar estudios de tránsito su estado actual y su proyección futura, el comportamiento climático e hidrológico de la zona, como así también el suelo y sus características para la implantación del proyecto.

Luego se puede encontrar con todo lo relacionado al diseño geométrico, estudio de intersecciones con los cruces, y diseño del paquete estructural.

Por último, se desarrolló una evolución económica partiendo de la hipótesis de como serían los costos sin la intervención y comprándolos de como sería los costos de operación si las mejoras se llevan a cabo.

Palabras claves

- Autopista, caminos y rutas
- Estudio de tránsito, de hidrología, de suelo
- Diseño geométrico vial
- Vialidad especial
- Ingeniería vial, de caminos
- Alcantarillas, puentes
- Diseño de pavimentos, paquete estructural



Índice de contenido

Capítulo 1. Antecedentes.....	14
Capítulo 2. Estudio de tránsito.....	16
I. Recopilación de información	16
a. Censo de tránsito	16
b. Población.....	20
c. Parque automotor.....	22
d. Economía regional	23
II. Elección de tasa de crecimiento	25
III. Justificación y nivel de servicio	25
a. Definiciones.....	25
b. Nivel de servicio tramo empalme RNN°40 – Destilería YPF.....	27
c. Conclusión de resultado de nivel de servicio en tramo empalme RNN°40-Destilería YPF	35
IV. Tránsito futuro.....	36
a. Proyección de tránsito futuro a 20 años de servicio.....	36
b. Nivel de servicio sin modificación de trazado y con proyección de tránsito futuro	39
c. Conclusión.....	42
Capítulo 3. Estudio Hidrológico.....	43
I. Relevamiento de obras existentes.....	43
II. Hidrología e hidráulica	44
a. Ubicación	44
b. Información meteorológica	46
c. Tiempo de recurrencia.....	50
d. Intensidad de precipitaciones de diseño	53
e. Estudio de cuenca	54
f. Cálculos de caudales	54
III. Obras de arte.....	57
a. Fundamentos	57
b. Dimensionamiento.....	67



Capítulo 4. Estudio de suelo.....	87
I. Descripción general	87
II. Metodología de estudio de suelo de la traza	87
III. Resultados de ensayos.....	88
IV. Perfil edafológico.....	89
V. Análisis de Resultados	90
a. Suelos	90
b. Sales	91
c. Valor Soporte	91
VI. Conclusión	92
Capítulo 5. Diseño de Pavimento	106
I. Descripción general	106
II. Determinación de ejes equivalentes.....	106
III. Diseño de pavimentos	110
a. Numero estructural.....	110
b. Ejes equivalentes de 8n2 tn	111
c. Confiabilidad y desvío estándar de las variables.....	111
d. Pérdida de servicio a través del tiempo.....	111
e. Cálculo de espesores de capa	111
f. Resumen de valores	115
Capítulo 6. Diseño Vial.....	121
I. Relevamiento Planialtimétrico	121
a. Reconocimiento del trazado	121
b. Relevamiento topográfico.....	121
II. Diseño vial	122
a. Parámetros básicos de diseño	122
b. Perfil transversal	123

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

III.	<i>Diseño planialtimétrico</i>	124
a.	Parámetros de Diseño.....	124
b.	Velocidad de Diseño.....	124
c.	Alineamiento horizontal	124
IV.	<i>Diseño altimétrico</i>	126
V.	<i>Intercambiadores</i>	126
a.	Consideraciones sobre ubicación y tipo.....	126
Capítulo 7. Intersecciones y cruces		142
I.	<i>Estudio de puentes</i>	142
a.	Generalidades	142
b.	Materiales	142
c.	Cargas actuantes	142
d.	Puentes carreteros ubicados sobre Cochabamba y Cobos	143
e.	Puentes carreteros ubicados sobre el ingreso a destilería como ruta provincial N°84	143
II.	<i>Cálculo de puente cruce Cochabamba y Cobos</i>	143
a.	Losa	143
b.	Vigas.....	144
III.	<i>Cálculo de puente de ingreso a destilería y cruce RP N° 82</i>	145
a.	Losa	145
b.	Vigas.....	145
IV.	<i>Calculo estribos de puente</i>	146
a.	Estribos.....	146
b.	Pilotes.....	150
Capítulo 8. Evaluación Económica.....		159
I.	<i>Origen del proyecto y objetivo de estudio</i>	159
II.	<i>Cronograma de proyecto</i>	159
III.	<i>Diagnóstico de situación actual</i>	160
IV.	<i>Situación sin proyecto</i>	161

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

a.	Evolución del tránsito y nivel de servicio	161
b.	Evolución de velocidades medias y tiempos medios de viaje.....	161
c.	Evolución de costos medios operativos	161
d.	Evolución de los costos por tiempo de viaje	165
e.	Evolución de accidentes.....	166
f.	Tabulación de costos de mantenimiento.....	170
g.	Resumen de costos sin proyecto	172
V.	<i>Situación con proyecto</i>	173
a.	Evolución del tránsito y nivel de servicio	173
b.	Evolución de velocidades medias y tiempo medios de viaje	173
c.	Evolución de costos operativos y costos por tiempo de viaje	174
d.	Evolución de accidentes.....	175
e.	Tabulación de costos de construcción y mantenimiento.....	176
f.	Resumen de Costos con Proyecto.....	177
VI.	<i>Evaluación socioeconómica del proyecto</i>	178
a.	Comparación de alternativas	178
b.	Parámetros de evaluación económica	180
Capítulo 9.	Conclusiones	183
I.	<i>Conclusiones</i>	183
Capítulo 10.	Bibliografía	184



Lista de Figuras

<i>Figura 1. Tramo en estudio</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2. Censo de tránsito RNN°40-Destilería</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3. Clasificación extendida de ejes RNN°40 - Destilería</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4. Datos de tránsito Destilería YPF – Potrerillos</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5. Clasificación extendida de ejes Destilería YPF – Potrerillos</i>	<i>20</i>
<i>Figura 6. Tabla 4 HCM-FHWA.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 7. Tabla 5 HCM-FHWA.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 8. Tabla 3 HCM-FHWA.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 9. Tabla 9 HCM-FHWA.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 10. Tabla 10 HCM-FHWA</i>	<i>32</i>
<i>Figura 11. Tabla 7 HCM-FHWA.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 12. Tabla 8 HCM-FHWA.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 13. Tabla 6 HCM-FHWA.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 14. Tabla 1 HCM-FHWA.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 15. Tabla 2 HCM-FHWA.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 16. Zonas de Relieve.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 17. Cuenca de Mendoza</i>	<i>45</i>
<i>Figura 18. Mapa de clasificación de clima</i>	<i>47</i>
<i>Figura 19. Variación de temperaturas en 10 años</i>	<i>48</i>
<i>Figura 20. Precipitaciones Estación Pedriel</i>	<i>49</i>
<i>Figura 21. Periodo de retorno s/Ven Te Chow</i>	<i>51</i>
<i>Figura 22. Periodo de retorno s/Jarocki.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 23. Procedimiento de HDG – AASHTO.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 24. Curvas IDR p/Mendoza</i>	<i>54</i>
<i>Figura 25. Caso A</i>	<i>60</i>
<i>Figura 26. Caso B</i>	<i>60</i>
<i>Figura 27. Monograma de calculo.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 28. Casos de flujo con control de salida</i>	<i>65</i>
<i>Figura 29. Nomograma control de flujo de salida</i>	<i>67</i>
<i>Figura 30. CBR vs. Progresivas</i>	<i>92</i>
<i>Figura 31. AASHTO 93 – Capa de rodamiento</i>	<i>112</i>
<i>Figura 32. AASHTO 93 – Base</i>	<i>113</i>
<i>Figura 33. AASHTO 93 - Subbase</i>	<i>114</i>
<i>Figura 34. Predimensionado de viga s/Vialidad Nacional</i>	<i>144</i>
<i>Figura 35. Predimensionado viga ingreso destilería</i>	<i>146</i>
<i>Figura 36. Estribo de puente – Soft GEO5.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 37. Condiciones de suelo</i>	<i>147</i>
<i>Figura 38. Verificación vuelvo y deslizamiento en GEO5.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 39. Verificación portante del suelo GEO5</i>	<i>149</i>
<i>Figura 40. Datos Accidentes viales</i>	<i>168</i>
<i>Figura 41. Datos de seguridad vial s/ Vialidad Nacional</i>	<i>168</i>
<i>Figura 42. Velocidades vs Intensidades</i>	<i>174</i>



Lista de Tablas

<i>Tabla 1. Datos de Población y crecimiento</i>	21
<i>Tabla 2. Tasas de Crecimiento</i>	22
<i>Tabla 3. Parque automotor</i>	23
<i>Tabla 4. Actividad económica argentina</i>	24
<i>Tabla 5. Elección de tasa</i>	25
<i>Tabla 6. Empalme RNN°40 – Destilería YPF</i>	37
<i>Tabla 7. Destilería - Potrerillos</i>	38
<i>Tabla 8. Obras existentes</i>	43
<i>Tabla 9. Tiempo de retorno del HDG - AASHTO 1979</i>	53
<i>Tabla 10. Caudales de Diseño</i>	56
<i>Tabla 11. Verificación de alcantarillas</i>	68
<i>Tabla 12. Nuevas características geométricas</i>	69
<i>Tabla 13. Progresiva de calicatas</i>	88
<i>Tabla 14. Determinación de N° de ejes</i>	108
<i>Tabla 15. Resumen de valores</i>	115
<i>Tabla 16. Dimensiones básicas de sección transversal</i>	124
<i>Tabla 17. Resumen de curvas calzada Norte</i>	125
<i>Tabla 18. Resumen de curvas calzada Sur</i>	125
<i>Tabla 19. Valores para determinación de carga</i>	152
<i>Tabla 20. Cálculo de Armadura longitudinal</i>	153
<i>Tabla 21. Composición del tránsito futuro</i>	161
<i>Tabla 22. Datos auxiliares para estimación de costos operativos</i>	162
<i>Tabla 23. Costo de operación Vehículo</i>	163
<i>Tabla 24. Costo de operación Camión</i>	163
<i>Tabla 25. Costo de operación Ómnibus mediano</i>	164
<i>Tabla 26. Costo de operación total</i>	165
<i>Tabla 27. Costo por tiempo de viaje</i>	166
<i>Tabla 28. Proyección de costos por accidentes</i>	170
<i>Tabla 29. Tiempo de viajes</i>	174
<i>Tabla 30. Valores tiempo de viaje</i>	175
<i>Tabla 31. Resumen con proyecto</i>	178



Lista de Ecuaciones

<i>Ecuación 2.1</i>	28
<i>Ecuación 2.2</i>	28
<i>Ecuación 2.3</i>	29
<i>Ecuación 2.4</i>	30
<i>Ecuación 2.5</i>	30
<i>Ecuación 2.6</i>	31
<i>Ecuación 2.7</i>	32
<i>Ecuación 2.8</i>	33
<i>Ecuación 2.9</i>	36
<i>Ecuación 3.1</i>	54
<i>Ecuación 3.2</i>	55
<i>Ecuación 3.3</i>	55
<i>Ecuación 3.4</i>	56
<i>Ecuación 3.5</i>	65
<i>Ecuación 5.1</i>	106
<i>Ecuación 5.2</i>	110
<i>Ecuación 5.3</i>	110
<i>Ecuación 5.4</i>	110
<i>Ecuación 7.1</i>	150
<i>Ecuación 7.2</i>	150
<i>Ecuación 7.3</i>	151
<i>Ecuación 7.4</i>	151
<i>Ecuación 7.5</i>	151
<i>Ecuación 7.6</i>	152

Lista de Anexos

<i>Anexo 3-I. Resumen</i>	<i>71</i>
<i>Anexo 3-II. Característica de la cuenca</i>	<i>85</i>
<i>Anexo 3-III. Plano de detalles alcantarilla O-41211-C.....</i>	<i>86</i>
<i>Anexo 4-I. Perfil edafológico</i>	<i>94</i>
<i>Anexo 4-II. Análisis granulométrico.....</i>	<i>95</i>
<i>Anexo 5-I. Proyección de crecimiento de vehículos.....</i>	<i>117</i>
<i>Anexo 5-II. Coeficientes estructurales y Módulos Resilientes.....</i>	<i>119</i>
<i>Anexo 6-I. Perfiles transversales</i>	<i>130</i>
<i>Anexo 6-II. Intercambiadores y planos de planimetría</i>	<i>132</i>
<i>Anexo 7-I. Losa Cochabamba – Cobos</i>	<i>155</i>
<i>Anexo 7-II. Losa RP84 – Losa Destilería</i>	<i>156</i>
<i>Anexo 7-III. Viga RP84 – Viga Destilería</i>	<i>157</i>
<i>Anexo 7-IV. Viga Cochabamba – Cobos.....</i>	<i>158</i>



Capítulo 1. Antecedentes

Para comenzar con la descripción del proyecto, es importante ubicarnos geográficamente en donde se encuentra emplazado el proyecto a estudiar. El camino a estudiar es el que esta sobre Ruta Nacional N°7, desde el intercambiador en la intersección con Ruta Nacional N°40, pasando por una zona de actividad agroindustrial, el ingreso a destilería de YPF, ingreso a penitenciaría Almafuerite, hasta Agua del Pizarro.


Las coordenadas de inicio de obra son: RNN°7 y Calle San Martin -33.101382, -68.888389 y las de fin de obra son: RN°7 y entrada a Agua del Pizarro -33.079339, -69.077145



Figura 1. Tramo en estudio

En base a la actual necesidad de otorgar y elevar el nivel de servicio, parámetro fundamental para clasificar la operación en caminos, del actual tramo de carretera 1+1, es que se centra este proyecto de ingeniería para lograr obtener una o varias soluciones apropiadas con el fin de satisfacer la necesidad. Dicha necesidad se logra satisfacer cambiando la categoría de camino de común 1+1 al de una autopista 2+2 en adelante.

Esta necesidad se resuelve por medio de una serie de alternativas ingenieriles que se basa en el estudio de aumentar la infraestructura vial apoyados en datos reales que tienen como factores:

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

- Tipo y característica de tránsito a servir, (cantidad, composición);
- Tipo y características del suelo;
- Característica de la actividad económica que se realiza en las inmediaciones de la obra;
- Tasas de crecimiento del parque automotor;
- Tasas de crecimiento de la población y actividad económica nacional e internacional.

Un aumento en la capacidad de servicio del camino conlleva a modificaciones de ciertos parámetros como: disminución en los tiempos de viaje, disminución de los costos de operación de los vehículos, disminución de accidentes de tránsito, aplicación del plan de ordenamiento territorial.



Capítulo 2. Estudio de tránsito

I. Recopilación de información

El objetivo principal de la recopilación de información es otorgar una herramienta importante para tomar una decisión respecto a la adopción de una tasa de crecimiento de tránsito y estimar dicho tránsito en el año último de servicio de la infraestructura vial que se pretende diseñar.

Para ello se estudian y se recopilan información de diferentes factores que influyen directamente al crecimiento del volumen de vehículos a servir. Estos factores tienen características económicas, políticas y sociales:

- Censos de tránsito
- Población nacional y provincial
- Crecimiento poblacional
- Crecimiento del PBI anual
- Crecimiento del PBI per cápita
- Crecimiento del ingreso nacional bruto
- Crecimiento del parque automotor

a. Censo de tránsito

El estudio de tránsito se basa en los datos estadísticos generados por la (DNV, s.f.) Dirección de Vialidad Nacional, dichos datos son de público conocimiento ingresando a la página web de la institución. En el tramo que se estudia y enfoca este proyecto, se cuenta con dos tipos de censos realizados por DNV. En el primer tramo desde empalme con RNN°40 al acceso de destilería, se realiza con un censo de cobertura, y el siguiente tramo acceso a Destilería al acceso a Potrerillos, se realiza un censo permanente.

Datos del tramo Empalme RNN°40 - Destilería: Se tiene los siguientes datos del censo de cobertura en el tramo mencionado, en la Figura 2. Censo de tránsito RNN°40-Destilería:

	F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
---	------------------------------	-----------------------	-------------

Nº	Distrito	Límites del Tramo	Inicio	Fin	TMDA	Obs
4	Mza	EMP.R.N.40 - ACC.A DESTILERIA YPF	1054,34	1063,41	7800	Cobertura

Año	Nº Distrito	Distrito	Límites del Tramo	Inicio	Fin	TMDA
2016	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1054,34	1063,41	7650
2015	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1054,34	1063,41	7450
2014	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1054,34	1063,41	7250
2013	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1054,34	1063,41	7850
2012	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1054,34	1063,41	7700
2011	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1054,34	1063,41	6500
2010	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1054,34	1063,41	5950
2009	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1054,34	1063,41	5300
2008	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1054,34	1063,41	5450
2007	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1054,34	1063,41	5000
2006	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1054,34	1063,41	4200

Figura 2. Censo de tránsito RNN°40-Destileria

Otras características:

- Longitud del tramo: 9,07 km
- Tipo de vía: 1+1 convencional
- Tipo de terreno: Llano
- Categoría de camino: Troncal



- Ancho de carril: 3,65 m
- Ancho de banquina: 3,00 m

Clasificación extendida de ejes en censos de cobertura, en la Figura 3. Clasificación extendida de ejes RNN°40 - Destilería

Limites del Tramo	Año	Mes	Hs	LIV	BU1	BU2	SA1	SA2	CA1	CA2	CA3	SE1	SE2	SE3	SE4	TMD	%PES	%LIV
RNN40-DESTILERIA	2007	2	48	62,40	1,00	1,10	9,00	1,20	0,40	3,20	0,00	0,60	9,70	9,20	2,20	4557	37,60	62,40
RNN40-DESTILERIA	2007	3	48	52,00	1,20	1,00	8,60	0,40	0,40	4,90	0,10	1,00	12,00	15,00	3,30	4322	47,90	52,00
RNN40-DESTILERIA	2007	4	48	53,30	1,30	1,10	10,50	0,50	0,70	5,00	0,20	1,00	11,00	12,90	2,50	4062	46,70	53,30
RNN40-DESTILERIA	2007	7	48	58,60	1,10	1,00	6,30	0,40	0,20	4,00	0,10	1,10	10,50	13,10	3,50	4761	41,30	58,60
RNN40-DESTILERIA	2007	8	48	52,00	1,10	1,00	8,60	0,70	0,30	5,50	0,20	1,00	11,50	14,60	3,50	3801	48,00	52,00
RNN40-DESTILERIA	2008	2	24	64,40	1,30	1,30	7,70	0,40	0,40	3,80	0,10	0,80	8,80	9,00	2,00	5357	35,60	64,40
RNN40-DESTILERIA	2008	3	48	58,10	1,30	1,30	8,50	0,50	0,40	3,30	0,20	1,00	11,10	12,10	2,00	4808	41,70	58,10
RNN40-DESTILERIA	2010	3	48	50,90	1,10	1,50	7,80	0,30	0,40	4,80	0,30	1,30	13,10	16,00	2,60	4338	49,20	50,90
RNN40-DESTILERIA	2012	1	48	66,40	0,50	1,40	6,00	0,40	0,40	1,90	0,20	1,00	8,70	11,00	2,20	7444	33,70	66,40
RNN40-DESTILERIA	2012	4	48	58,50	0,70	1,30	9,50	0,40	0,40	2,30	0,10	1,20	10,40	13,10	2,10	6330	41,50	58,50
RNN40-DESTILERIA	2012	7	48	65,70	0,50	1,10	9,30	0,50	0,20	2,10	0,10	1,50	7,10	9,80	2,20	5947	34,40	65,70
RNN40-DESTILERIA	2012	8	48	60,60	1,00	1,20	8,40	0,60	0,30	2,30	0,20	1,30	9,80	12,10	2,20	5951	39,40	60,60
RNN40-DESTILERIA	2014	6	48	68,50	0,50	0,70	8,00	0,50	0,20	2,20	0,10	1,80	7,00	8,50	2,0	4502	29,50	68,50
RNN40-DESTILERIA	2016	7	48	63,90	0,60	1,00	8,20	0,70	0,30	1,90	0,30	1,20	9,00	10,10	2,60	6143	35,90	63,90

- LIV: autos y camionetas
 - BU: ómnibus larga distancia BU1: Bus de 2 ejes BU2: Bus de 3 ejes y Bus de 4 ejes
 - SA: camión sin acoplado y ómnibus corta distancia SA1: 11 y Bus de dos ejes SA2: 12 y 13
 - CA: camión con acoplado CA1: 11-11 CA2: 11-12 CA3: 12-12
 - SE: camión con semiremolque SE1: 111 SE2: 112 SE3: 113 y 122 SE4: 123
 - TMD: Volumen medio diario del censo.
 - PRi: progresiva Inicial del Tramo PRf: progresiva final del Tramo

Figura 3. Clasificación extendida de ejes RNN°40 - Destilería

Datos del tramo Destilería - Potrerillos: La estación permanente en el tramo desde acceso a Destilería al acceso a Potrerillos otorga los siguientes datos, en la Figura 4. Datos de tránsito Destilería YPF – Potrerillos.

Nº Distrito	Distrito	Límites del Tramo	Inicio	Fin	TMDA
4	Mendoza	ACC.A DESTILERIA YPF - ACC.A POTRERILLOS	1063,41	1095,42	5183

Año	Autos y Ctas.	S/A	Bus-C/A-Semi
2017	75,1	5	19,9

Estimador	Liv	Otros
P85	116,7	90,1
VM	95,9	80,2

H30	Asc/Desc
939	19/81

Año	Nº Distrito	Distrito	Límites del Tramo	Ini.	Fin	TMDA
2016	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1063,41	1095,42	5087
2015	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1063,41	1095,42	5019
2014	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1063,41	1095,42	4881
2013	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1063,41	1095,42	5591
2012	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1063,41	1095,42	5483
2011	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1063,41	1095,42	4841
2010	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1063,41	1095,42	4447
2009	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1063,41	1095,42	4116
2008	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1063,41	1095,42	4318
2007	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1063,41	1095,42	4250
2006	4	Mendoza	EMP.R.N.40 (F.SUP.) - ACC.A DESTILERIA YPF	1063,41	1095,42	4084

Figura 4. Datos de tránsito Destilería YPF – Potrerillos

Otras características:

- Longitud del tramo: 32,01 km
- Tipo de vía: 1+1 convencional
- Tipo de terreno: ondulado
- Categoría de camino: Troncal
- Ancho de carril: 3,65 m
- Ancho de banquina: 3,00 m

Clasificación extendida de ejes en censos de cobertura, en la Figura 5. Clasificación extendida de ejes Destilería YPF – Potrerillos.

Limites del Tramo	Año	Mes	Hs	LIV	BU1	BU2	SA1	SA2	CA1	CA2	CA3	SE1	SE2	SE3	SE4	TMD	%PES	%LIV
DESTILERIA-POTRERILLOS	2012	3	48	55,80	0,70	1,80	9,40	0,40	0,50	2,80	0,20	0,60	11,00	14,00	2,90	4096	44,30	55,80
DESTILERIA-POTRERILLOS	2013	4	48	56,50	0,80	1,60	9,90	0,40	0,20	2,80	0,30	0,30	10,40	14,30	2,50	3749	43,50	56,50
DESTILERIA-POTRERILLOS	2013	9	48	55,30	0,60	2,10	9,30	0,40	0,30	2,20	0,30	0,40	10,40	15,70	3,10	4054	44,80	55,30
DESTILERIA-POTRERILLOS	2014	1	24	76,40	0,70	1,60	5,60	0,20	0,50	1,40	0,10	0,70	5,20	6,40	1,30	5533	23,70	76,40
DESTILERIA-POTRERILLOS	2014	7	48	56,50	0,60	1,70	8,10	0,30	0,10	2,60	0,40	0,50	8,90	16,50	3,90	2252	43,60	56,50
DESTILERIA-POTRERILLOS	2015	3	48	57,50	0,30	2,00	6,90	0,50	0,30	2,60	0,30	0,50	11,60	14,50	2,80	3717	42,30	57,50
DESTILERIA-POTRERILLOS	2015	9	48	62,70	0,20	1,60	9,30	0,10	0,20	2,70	0,30	0,60	6,80	13,00	2,70	2329	37,50	62,70
DESTILERIA-POTRERILLOS	2016	2	48	75,20	0,20	1,30	4,60	0,30	0,20	0,70	0,20	0,30	6,40	8,70	2,10	4938	25,00	75,20
DESTILERIA-POTRERILLOS	2016	9	48	71,80	0,70	2,00	5,10	0,20	0,10	1,20	0,20	0,40	7,70	8,20	2,30	4609	28,10	71,80
DESTILERIA-POTRERILLOS	2017	3	48	63,00	0,30	2,60	6,90	0,30	0,20	1,40	0,30	0,40	8,40	12,50	3,70	3454	37,00	63,00
DESTILERIA-POTRERILLOS	2017	7	48	75,60	0,40	1,60	5,80	0,20	0,20	0,80	0,20	0,20	5,70	7,60	1,60	5056	24,30	75,60

- LIV: autos y camionetas
- BU: ómnibus larga distancia BU1: Bus de 2 ejes BU2: Bus de 3 ejes y Bus de 4 ejes
- SA: camión sin acoplado y ómnibus corta distancia SA1: 11 y Bus de dos ejes SA2: 12 y 13
- CA: camión con acoplado CA1: 11-11 CA2: 11-12 CA3: 12-12
- SE: camión con semiremolque SE1: 111 SE2: 112 SE3: 113 y 122 SE4: 123
- TMD: Volumen medio diario del censo.
- PRi: progresiva Inicial del Tramo PRf: progresiva final del Tramo

Figura 5. Clasificación extendida de ejes Destilería YPF – Potrerillos

En este caso, podemos adoptar y estimar que la tendencia es de 70% transporte liviano y 30% transporte pesado. Estos valores son importantes tenerlos en cuenta para proyectar crecimiento y composición vehicular para el diseño de la autopista.

b. Población

En la Tabla 1. Datos de Población y crecimiento se observan datos de fuentes oficiales como el (INDEC, s.f.) y (Banco Mundial de Desarrollo, s.f.)



Referencias de Tabla 1. Datos de Población y crecimiento

- En columna 1: el año bajo estudio.
- En columna 2 (INDEC): se observa el crecimiento de la población en ese año.
- En columna 3 (INDEC): se indica la cantidad de la población.
- En columna 4 y 5 (Banco Mundial) se observan datos relacionados con el PBI.
- En columna 6 y 7 (Banco Mundial) se indican datos relacionados con nivel de ingreso nacional bruto.

Tabla 1. Datos de Población y crecimiento

AÑO	Crecimiento de la población (% anual)	Población total N°	Crecimiento del PIB (% anual)	Crecimiento del PIB per cápita (% anual)	Crecimiento del INB (% anual)	Crecimiento per cápita del INB (% anual)
1	2	3	4	5	6	7
1990	1,43	32729739	-2,40	-3,79	1,97	0,52
1991	1,41	33193918	12,67	11,09	14,05	12,45
1992	1,38	33655151	11,94	10,41	13,25	11,70
1993	1,35	34110917	5,91	4,49	6,51	5,09
1994	1,30	34558115	5,84	4,47	5,68	4,31
1995	1,26	34994814	-2,85	-4,06	-3,18	-4,39
1996	1,21	35419682	5,53	4,26	5,27	4,01
1997	1,16	35833969	8,11	6,86	7,98	6,73
1998	1,13	36241590	3,85	2,68	3,48	2,32
1999	1,12	36648068	-3,39	-4,46	-3,50	-4,57
2000	1,11	37057452	-0,79	-1,89	-0,83	-1,92
2001	1,11	37471509	-4,41	-5,47	-4,58	-5,63
2002	1,11	37889370	-10,89	-11,88	-14,97	-15,91
2003	1,10	38309379	8,84	7,64	10,15	8,94
2004	1,09	38728696	9,03	7,85	9,54	8,35
2005	1,07	39145488	8,85	7,69	11,13	9,94
2006	1,05	39558890	8,05	6,92	8,58	7,44
2007	1,03	39970224	9,01	7,89	9,75	8,62
2008	1,03	40382389	4,06	3,00	4,14	3,08
2009	1,03	40799407	-5,92	-6,88	-6,49	-7,45
2010	1,04	41223889	10,13	8,99	9,67	8,55
2011	1,04	41656879	6,00	4,90	6,58	5,48
2012	1,05	42096739	-1,03	-2,06	-0,51	-1,55
2013	1,05	42539925	2,41	1,34	2,66	1,59
2014	1,03	42981515	-2,51	-3,51	-2,39	-3,40
2015	1,01	43417765	2,65	1,62	2,79	1,75
2016	0,98	43847430	-2,25	-3,20	-2,60	-3,55

Se puede apreciar que el PBI y el PBI per cápita es un factor que, si crece, también lo hace el tránsito pero que, si decrece, también el tránsito decrece. Este factor es uno de los indicadores



que más peso e importancia tiene al momento de adoptar tasas de crecimiento sobre el volumen de tránsito.

En la

Tabla 2. Tasas de Crecimiento, se exponen las diferentes tasas de crecimiento segmentadas en años, en base a estudios de proyección realizados por el Banco Mundial de Desarrollo.

Tabla 2. Tasas de Crecimiento

AÑO	Crecimiento de la población	Crecimiento del PIB proyectado	Crecimiento del PIB per cápita proyectado	Crecimiento del INB proyectado	Crecimiento per cápita del INB proyectado
	(% anual)	(% anual)	(% anual)	(% anual)	(% anual)
2017	1,05	2,80	2,30	2,80	2,30
2018	1,05	2,00	1,50	2,00	1,50
2019	1,05	3,20	2,70	3,20	2,70
2020	1,05	3,10	2,60	3,10	2,60
2021	1,05	3,20	2,70	3,20	2,70
2022	1,10	3,30	2,50	3,30	2,50
2023	1,10	3,30	2,50	3,30	2,50
2024	1,10	3,00	2,50	3,00	2,50
2025	1,10	3,00	2,50	3,00	2,50
2026	1,10	3,00	2,50	3,00	2,50
2027	1,10	3,00	2,50	3,00	2,50
2028	1,10	3,00	2,50	3,00	2,50
2029	1,10	3,00	2,50	3,00	2,50
2030	1,10	3,00	2,50	3,00	2,50
2031	1,10	3,00	2,50	3,00	2,50
2032	1,10	3,00	2,50	3,00	2,50
2033	1,15	2,50	2,00	2,50	2,00
2034	1,15	2,50	2,00	2,50	2,00
2035	1,15	2,50	2,00	2,50	2,00
2036	1,15	2,50	2,00	2,50	2,00
2037	1,15	2,50	2,00	2,50	2,00
2038	1,20	2,00	1,50	2,00	1,50
2039	1,20	2,00	1,50	2,00	1,50
2040	1,20	2,00	1,50	2,00	1,50
2041	1,20	2,00	1,50	2,00	1,50

c. Parque automotor

A continuación, en la Tabla 3. Parque automotor, se exponen datos sobre el crecimiento del parque automotor a nivel nacional y provincial, dato que se encuentra disponible en (DNRPA, s.f.) Se observa un crecimiento sostenido del patentamiento y registro de vehículos, lo que

implica que este factor es uno más que incide positivamente en la tasa de crecimiento de tránsito.

Tabla 3. Parque automotor

AÑO	PARQUE AUTOMOTOR		AÑO	PARQUE AUTOMOTOR	
	Argentina	Crecimiento %		Mendoza	Crecimiento %
2002	10.455.830	1,39	2002	449.832	0,78
2003	10.601.276	3,56	2003	453.347	9,63
2004	10.978.703	3,59	2004	497.021	2,52
2005	11.372.487	3,99	2005	509.569	2,97
2006	11.826.456	4,85	2006	524.681	3,87
2007	12.399.887	4,70	2007	544.998	9,99
2008	12.982.547	3,98	2008	599.468	3,17
2009	13.499.531	-25,82	2009	618.461	-14,46
2010	10.014.003	8,01	2010	529.024	6,89
2011	10.815.732	7,50	2011	565.481	7,32
2012	11.626.894	7,85	2012	606.856	7,40
2013	12.539.370	5,04	2013	651.790	4,87
2014	13.171.695	4,57	2014	683.542	4,27
2015	13.773.058	4,69	2015	712.730	4,02
2016	14.419.277	5,86	2016	741.394	5,11
2017	15.264.625		2017	779.285	

d. Economía regional

Una característica principal del tramo bajo estudio es que este pertenece al corredor bioceánico, que conecta puertos sobre el Océano Atlántico con puertos sobre el Océano Pacífico, vinculando tres grandes centros urbanos y económicos (Buenos Aires en Argentina, San Pablo en Brasil y Santiago en Chile. Como el tramo que se está estudiando se encuentra en los límites de Argentina a continuación en Tabla 4. Actividad económica argentina, se exponen datos sobre la exportación, importación, actividad agraria e industrial del país.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Tabla 4. Actividad económica argentina

AÑO	Exportaciones de bienes y servicios (% del PIB)	Importaciones de bienes y servicios (% del PIB)	Industria, valor agregado (% del PIB)	Agricultura, valor agregado (% del PIB)
1978	8,61	5,72	46,10	7,50
1979	6,51	6,33	44,03	7,80
1980	5,06	6,48	41,22	6,35
1981	6,92	7,37	40,34	6,48
1982	9,09	6,52	41,10	9,60
1983	9,15	5,84	41,56	8,66
1984	7,59	4,76	39,71	8,35
1985	11,74	6,27	39,28	7,63
1986	8,16	6,32	37,38	7,80
1987	7,87	7,58	37,83	8,09
1988	9,53	6,21	38,49	8,98
1989	13,06	6,58	42,35	9,62
1990	10,36	4,63	36,02	8,12
1991	7,68	6,08	32,72	6,72
1992	6,60	8,13	30,68	5,99
1993	6,91	9,31	29,23	5,49
1994	7,53	10,60	29,02	5,51
1995	9,68	10,09	28,44	5,79
1996	10,43	11,08	28,82	6,08
1997	10,56	12,78	29,53	5,67
1998	10,42	12,93	29,00	5,70
1999	9,83	11,56	28,29	4,82
2000	10,99	11,64	28,06	5,05
2001	11,58	10,27	27,04	4,89
2002	28,38	13,37	32,40	10,82
2003	25,93	14,71	34,90	11,04
2004	23,85	16,85	33,90	9,84
2005	23,25	17,32	33,66	9,33
2006	23,03	17,41	34,40	8,17
2007	22,66	18,28	32,49	8,83
2008	22,06	18,34	31,33	8,73
2009	19,56	14,50	30,15	6,29
2010	18,93	16,04	30,11	8,50
2011	18,45	16,76	30,01	8,33
2012	16,24	14,29	29,13	6,89
2013	14,62	14,72	28,59	7,21
2014	14,41	14,00	28,93	8,00
2015	11,01	11,85	28,06	6,04
2016	12,78	13,49	26,68	7,56

II. Elección de tasa de crecimiento

Luego de realizar un análisis basado en la búsqueda de información, apoyado en base de datos reales y oficiales, se establecen tasas de crecimiento que llevan una correlación con los factores que anteriormente se detallaron.

En Tabla 5. Elección de tasa, se observa que como primera medida la tasa de crecimiento se encuentra segmentada de manera similar a como esta en la proyección del PBI, factor determinante para estimaciones de crecimiento. Se destaca que las tasas de crecimiento que se adoptaron fueron ordenadas en orden decreciente, debido a la gran incertidumbre que provoca la falta de políticas económicas, sociales e institucionales que el Estado Nacional sufre cada que vez que se comienza nuevos mandatos ejecutivos y legislativos (mayor incertidumbre a medida que avanza el tiempo).

Tabla 5. Elección de tasa

AÑO	Tasa de crecimiento (%)
2019-2023	3,00%
2024-2034	2,50%
2035-2045	2,00%

III. Justificación y nivel de servicio

a. Definiciones

Para que este proyecto tenga una justificación se debe determinar cuál es la calidad del servicio con la que la infraestructura vial actual cuenta.

Se determina el nivel de servicio por medio de la metodología de análisis de operación expuesta (Federal Highway Administration de Estados Unidos, Edición 2010.)

A modo de definición, el nivel de servicio es un término que refleja las condiciones de operación que pueden ocurrir en un carril o en una calzada cuando sirven a volúmenes diversos. Sirve así, como medida del grado de congestión del carril o calzada. El nivel de servicio es una medida cualitativa del efecto de muchos factores que incluyen:



- Velocidad y el tiempo de viaje
- Interrupciones del tránsito
- Libertad de maniobra
- Seguridad y comodidad
- Conveniencia del conductor
- Costos de operación

La clasificación de los niveles de servicio, que de alguna manera ordena cuantitativamente a estos, son:

Nivel de Servicio A:

Velocidades medias próximas a los 96 km/h. Casi no se observan pelotones de 3 o más vehículos. En condiciones ideales se puede alcanzar un volumen máximo de 420 autos/h en ambos sentidos.

Nivel de Servicio B:

En terreno llano las velocidades medias son del orden de 90 km/h. La demanda de sobrepaso necesaria para mantener las velocidades deseadas es significativa, y aproximadamente igual a la capacidad de sobrepaso en el límite del NS B, cerca de pasar a NS C. En condiciones ideales se alcanzan volúmenes máximos de servicio de 750 autos/h en ambos sentidos.

Nivel de Servicio C:

Se incrementa notablemente la formación de pelotones, sus longitudes y la frecuencia de imposibilidad de sobrepaso. En terrenos llanos se supera la velocidad media de 83 km/h. Bajo condiciones ideales los volúmenes máximos son de hasta 1.200 autos/h en ambos sentidos.

Nivel de Servicio D:

El flujo de tránsito se aproxima al régimen inestable. Los dos sentidos de circulación empiezan a funcionar separadamente dado que las maniobras de sobrepaso se tornan extremadamente difíciles. Son frecuentes los pelotones de 5 o 10 vehículos. Se pueden mantener velocidades de 80 km/h. En condiciones ideales el máximo volumen en ambos sentidos es de 1.800 autos/h.

Nivel de Servicio E:

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

El sobrepaso es prácticamente imposible. La formación de pelotones se hace más intensa. Las velocidades bajan de los 80 km/h y pueden llegar a los 40 km/h, dependiendo de la presencia de vehículos lentos y pendientes prolongadas. El máximo volumen de servicio del nivel E define la capacidad de la carretera: 3.200 autos/h en ambos sentidos y un máximo de 1.700 autos/h en un sentido.

Nivel de Servicio F:

Se presenta una circulación muy congestionada con una demanda superior a la capacidad. Las condiciones de operación son inestables, y el flujo de tránsito cae por debajo de la capacidad.

En consecuencia, se determina el nivel de servicio actual de la Ruta Nacional N°7, en el tramo bajo estudio. A partir de dicho análisis y en base a los datos de tránsito recopilados podremos justificar la necesidad o no de realizar cambios en el trazado para obtener niveles de operación.

Desde el punto de vista del diseño geométrico, el tramo de proyecto presenta características uniformes, pero, desde el punto de vista de la demanda de tránsito, se pueden reconocer dos secciones diferenciadas:

- Sección 1: Empalme RN 40 – Acceso a Destilería YPF
- Sección 2: Acceso Destilería YPF – Intersección RP 84

Atento a las reducidas longitudes de las secciones, se adopta la hipótesis más desfavorable y exigente que consiste en considerar que el tramo de proyecto está sometido en toda su extensión a la demanda de tránsito mayor (que corresponde a la Sección 1).

b. Nivel de servicio tramo empalme RNN°40 – Destilería YPF

Para comenzar con el análisis debemos tener en cuenta los siguientes datos:



- Longitud del tramo: Progresiva Inicio: 1054,34
Progresiva final: 1063,41
- Tipo de camino: Tipo (Categoría) II
- Topografía: Llanura
- Ancho de carril: 3,65 m
- Ancho de banquina: 3,00 m
- Volumen: 1.495 v/h
- Porcentaje de distancia sin posibilidad de adelantamiento: 25%
- Reparto por sentido: 50%
- de vehículos livianos: 60%
- de vehículos pesados: 40%
- de vehículos de recreo: 0%
- Velocidad de flujo libre: 90 km/h
- Factor de hora pico: 0,95

Se determina el valor del PTSOV (porcentaje de tiempo que se ocupa en seguir otro vehículo), para ello es necesario conocer la velocidad equivalente en un periodo pico y el porcentaje de tiempo base en seguir otro vehículo. Para conocer el equivalente V_p (ver Ecuación 2.1) tasa de flujo equivalente en automóvil para el período pico de 15 minutos, se necesita determinar:

- Un factor de hora pico (FHP)
- Un factor que depende del tipo de terreno y su pendiente (f_g), y, por último
- Un factor para considerar los vehículos pesados (f_{HV})

$$v_p = \frac{V}{(FHP)(f_g)(f_{HV})}$$

Ecuación 2.1

Valor de prueba para V_p :

$$v_p = \frac{V}{FHP} = \frac{1.495}{0,95} \Rightarrow v_p = 1.574 \left(\frac{Veh}{h} \right)$$

Ecuación 2.2

Dónde:

- V : el volumen de vehículos por hora obtenido en el estudio de tránsito que se detalló anteriormente en los censos realizados por DNV.
- FHP : el factor de hora pico, es la variación del tránsito dentro de una hora, tomando periodos de 15 minutos. Se adopta 0,95, suponiendo que la mayor parte del tránsito fluye dentro de los 15 minutos más cargados.

En la Figura 6. Tabla 4 HCM-FHWA, edición 2010, se adopta el valor de factor de ajuste de la pendiente para terreno plano u ondulado, $f_G = 1,00$ para rango de tasa de flujo en dos sentidos > 1.200 para terreno llano o plano y tipo de terreno plano.

Tabla 4 Factor de ajuste de pendiente (f_G), para determinar el porcentaje de tiempo que se ocupa en seguir a otro vehículo, en tramos de dos sentidos y direccionados

Rango de tasas de flujo en dos sentidos (v/h)	Rango de tasas de flujo direccionado (v/h)	Tipo de terreno	
		Plano	Ondulado
0 - 600	0 - 300	1.00	0.77
> 600 - 1200	> 300 - 600	1.00	0.94
> 1200	> 600	1.00	1.00

Figura 6. Tabla 4 HCM-FHWA

Para conocer el valor de f_{HV} (ver Ecuación 2.3), factor de ajuste para considerar a los vehículos pesados en el flujo de tránsito, se necesita conocer los equivalentes a vehículos pesados.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Ecuación 2.3

En la Figura 7. Tabla 5 HCM-FHWA, edición 2010, con un rango de tasa de flujo en dos sentidos > 1.200 para terreno llano para camiones y terreno plano $E_T = 1,00$ y para vehículos de recreo, $E_R = 0,00$; $P_T = 0,14$; $P_R = 0,00$.

$$F_{HV} = \frac{1}{1 + 0,14(1 - 1) + 0,04(0 - 1)} \Rightarrow F_{HV} = 1,00$$

Tabla 5 Equivalentes en automóviles para caminos (E_T) y VRs (E_R) para determinar el porcentaje de tiempo que se ocupa en seguir a otro vehículo, para tramos de dos sentidos y direccionados

Tipo de vehículos	Rango de tasas de flujo en dos sentidos (v/h)	Rango de tasas de flujo direccionado (v/h)	Tipo de terreno	
			Plano	Ondulado
Camiones, E_T	0 - 600	0 - 300	1.1	1.8
	> 600 - 1200	> 300 - 600	1.1	1.5
	> 1200	> 600	1.0	1.0
VRs, E_R	0 - 600	0 - 300	1.0	1.0
	> 600 - 1200	> 300 - 600	1.0	1.0
	> 1200	> 600	1.0	1.0

Figura 7. Tabla 5 HCM-FHWA

Entonces, volviendo a reemplazar valores en Ecuación 2.1

$$v_p = \frac{1.574}{0,95 \times 1,00 \times 1,00} \Rightarrow v_p = 1.657 \left(\frac{Veh}{h} \right)$$

Ecuación 2.1

A continuación, con la Ecuación 2.4 se calcula el porcentaje de tiempo base que se ocupa en seguir a otro vehículo (TBPSV).

$$TBPSV = 100(1 - e^{-0,000879 \times v_p})$$

Ecuación 2.4

Reemplazando valores:

$$TBPSV = 100(1 - e^{-0,000879 \times 1.657}) \Rightarrow TBPSV = 77\%$$

Luego para calcular el PTSOV (porcentaje de tiempo que se ocupa en seguir otro vehículo), se utiliza la Ecuación 2.5

$$PTSOV = TBPSV + f_{d/np}$$

Ecuación 2.5

Donde en la Figura 8. Tabla 3 HCM-FHWA , edición 2010, $f_{d/np}$, por interpolación = 3,495

Tabla 3 Ajuste (f_{dnp}) para el efecto combinado de la distribución direccionada del tránsito, y del porcentaje de zonas de no rebase, sobre el porcentaje de tiempo que se ocupa en seguir a otro vehículo, sobre los tramos de dos sentidos

Tasa de flujo en dos sentidos, v_p (v/h)	Incremento del porcentaje de tiempo que se ocupa en seguir a otro vehículo (%)					
	Zonas de no rebase (%)					
	0	20	40	60	80	100
	<i>Partición direccionada = 50 / 50</i>					
≤ 200	0.0	10.1	17.2	20.2	21.0	21.8
400	0.0	12.4	19.0	22.7	23.8	24.8
600	0.0	11.2	16.0	18.7	19.7	20.5
800	0.0	9.0	12.3	14.1	14.5	15.4
1400	0.0	3.6	5.5	6.7	7.3	7.9
2000	0.0	1.8	2.9	3.7	4.1	4.4
2600	0.0	1.1	1.6	2.0	2.3	2.4
3200	0.0	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4

Figura 8. Tabla 3 HCM-FHWA

Reemplazando valores:

$$PTSOV = 76,69 + 3,495 \Rightarrow PTSOV = 80,19\%$$

Siguiendo con el proceso también es necesario conocer la velocidad promedio de viaje (VPV). Se comienza con la Ecuación 2.6 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** para conocer la velocidad de flujo libre para las condiciones dadas.

$$VFL = VBFL - f_{LS} - f_a$$

Ecuación 2.6

En donde, de la Figura 9. Tabla 9 HCM-FHWA, edición 2010, f_{LS} (Ajuste para el ancho de carril y el ancho de banquina o distancia a un obstáculo) para ancho de carril: 3,65 m y Ancho de banquina o distancia sin obstrucciones laterales: 3,00 m, entonces: $f_{LS} = 0,0$

Tabla 9 Ajuste (f_{LS}) para el ancho de carril y el ancho de banquina o distancia a obstáculo lateral [km/h]

Ancho del carril [m]	Reducción de la velocidad de flujo libre [km/h]			
	Ancho de banquina o distancia a obstáculo [m]			
	≥ 0 < 0.6	≥ 0.6 < 1.2	≥ 1.2 < 1.8	≥ 1.8
2.75 < 3.05	10.3	7.7	5.6	3.5
≥ 3.05 < 3.36	8.5	6.0	3.9	1.8
≥ 3.36 < 3.66	7.6	4.8	2.7	0.6
≥ 3.66	6.8	4.2	2.1	0.0

Figura 9. Tabla 9 HCM-FHWA

Luego de la Figura 10. Tabla 10 HCM-FHWA, edición 2010, f_A (Ajuste para la densidad de puntos de acceso) con el dato de 0 puntos de acceso por kilómetro $f_A = 0$

<i>Puntos de acceso por kilómetro</i>	<i>Reducción de la velocidad de flujo libre [km/h]</i>
0	0.0
6	4.0
12	8.0
18	12.1
24	16.1

Figura 10. Tabla 10 HCM-FHWA

Reemplazando valores en Ecuación 2.6 ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., tenemos que:

$$VFL = 90 - 0,0 - 0,0 \Rightarrow VFL = 90 \frac{Km}{h}$$

Ecuación 2.6

Se continua con el cálculo de v_p para ello tenemos la Ecuación 2.7

$$v_p = \frac{V}{(FHP)(f_G)(f_{HV})}$$

Ecuación 2.7

De Figura 11. Tabla 7 HCM-FHWA, edición 2010, para $V > 1.200$, terreno llano, $f_G = 1,00$

<i>Rango de tasas de flujo en dos sentidos (v/h)</i>	<i>Rango de tasas de flujo direccionado (v/h)</i>	<i>Tipo de terreno</i>	
		<i>Plano</i>	<i>Ondulado</i>
0 – 600	0 – 300	1.00	0.71
> 600 – 1200	> 300 – 600	1.00	0.93
> 1200	> 600	1.00	0.99

Figura 11. Tabla 7 HCM-FHWA

De Figura 12. Tabla 8 HCM-FHWA, edición 2010, para $V > 1.200$, terreno llano, $E_T = 1,1$ y $E_R = 1,0$ reemplazando estos valores, tenemos que:

Tabla 8 Equivalentes en automóviles para caminos (E_T) y VRs (E_R) para determinar la velocidad en los tramos de dos sentidos y direccionados

Tipo de vehículos	Rango de tasas de flujo en dos sentidos (v/h)	Rango de tasas de flujo direccionado (v/h)	Tipo de terreno	
			Plano	Ondulado
Camiones, E_T	0 - 600	0 - 300	1.7	2.5
	> 600 - 1200	> 300 - 600	1.2	1.9
	> 1200	> 600	1.1	1.5
VRs, E_R	0 - 600	0 - 300	1.0	1.1
	> 600 - 1200	> 300 - 600	1.0	1.1
	> 1200	> 600	1.0	1.1

Figura 12. Tabla 8 HCM-FHWA

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \Rightarrow f_{HV} = 0,98$$

Por último, ya se está en condiciones de reemplazar valores en la Ecuación 2.7 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, y poder conocer el valor de v_p

$$v_p = \frac{1.495}{0.95 \times 1,0 \times 0,98} \Rightarrow v_p = 1.606 \left(\frac{V}{h} \right)$$

se calcula la velocidad promedio de viaje con Ecuación.

$$VPV = VFL - 0,0076 v_p - f_{np}$$

Ecuación 2.8

De la Figura 13. Tabla 6 HCM-FHWA, edición 2010, con $v_p = 1606$ y porcentaje de zonas de no rebase = 25, $f_{np} = 1,075$.



Tabla 6 Ajuste (f_{np}) por el efecto de las zonas de no rebase, para la velocidad promedio de viaje en tramos de dos sentidos

Tasa de flujo de la demanda en dos sentidos, v_p (v/h)	Reducción de la velocidad promedio de viaje (km / h)					
	Zonas de no rebase (0%)					
	0	20	40	60	80	100
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	0.0	1.0	2.3	3.9	4.2	5.6
400	0.0	2.7	4.3	5.6	6.3	7.2
600	0.0	2.6	3.9	4.8	5.5	6.3
800	0.0	2.3	3.1	3.9	4.3	4.8
1000	0.0	1.8	2.6	3.2	3.5	4.2
1200	0.0	1.3	1.9	2.6	3.1	3.4
1400	0.0	1.0	1.4	1.9	2.3	2.7
1600	0.0	1.0	1.3	1.8	2.1	2.4
1800	0.0	0.8	1.1	1.6	1.8	2.1
2000	0.0	0.8	1.0	1.4	1.6	1.8
2200	0.0	0.8	1.0	1.4	1.4	1.8
2400	0.0	0.8	1.0	1.3	1.4	1.8
2600	0.0	0.8	1.0	1.3	1.4	1.6
2800	0.0	0.8	1.0	1.1	1.3	1.4
3000	0.0	0.8	1.0	1.1	1.1	1.3
3200	0.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.1

Figura 13. Tabla 6 HCM-FHWA

Entonces:

$$VPV = 90 - 0,0076 \times 1.606 - 1,075 \Rightarrow VPV = 78,87 \frac{Km}{h}$$

Por último:

Con PTSOV = 80,19 % y VPV = 78,87 km/h, de la Figura 14. Tabla 1 HCM-FHWA, NDS = E

Con PTSOV = 80,19 % de la Figura 15. Tabla 2 HCM-FHWA, NDS = D



Tabla 1 Criterios de nivel de servicio para carreteras de dos carriles de clase I		
<i>NDS</i>	<i>Porcentaje de tiempo que se ocupa en seguir a otro vehículo</i>	<i>Velocidad promedio de viaje (km / hora)</i>
A	≤ 35	> 90
B	> 35 – 50	> 80 – 90
C	> 50 – 65	> 70 – 80
D	> 65 – 80	> 60 – 70
E	> 80	≤ 60

NOTA: El NDS F es aplicable siempre que la tasa de flujo sobrepase a la capacidad del tramo

Figura 14. Tabla 1 HCM-FHWA

Tabla 2 Criterios de nivel de servicio para carreteras de dos carriles de clase II	
<i>NDS</i>	<i>Porcentaje de tiempo que se ocupa en seguir a otro vehículo</i>
A	≤ 40
B	> 40 – 55
C	> 55 – 70
D	> 70 – 85
E	> 85

NOTA: El NDS F es aplicable siempre que la tasa de flujo sobrepase a la capacidad del tramo

Figura 15. Tabla 2 HCM-FHWA

c. Conclusión de resultado de nivel de servicio en tramo empalme RNN°40-Destileria YPF

A modo de conclusión se puede decir que, en base a los procedimientos que establece el Manual de Capacidad de Carretera (HCM) que se acaba de desarrollar para determinar los niveles de servicio, estamos en condiciones de afirmar que dichos niveles son, actualmente, de muy mala calidad, afectando en la economía de transporte y por lo tanto en demoras de tiempo, por ello, se recomienda empezar a evaluar y proyectar mejoras geométricas y estructurales para atender la necesidad de mejoras de servicios.

Con lo cual, se justifica la realización de un tipo de proyecto ejecutivo que establezca parámetros y condiciones sobre el diseño y proyección de una infraestructura vial.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

IV. Tránsito futuro

a. Proyección de tránsito futuro a 20 años de servicio

Para estimar la cantidad de vehículos que se obtienen aplicando las tasas de crecimiento en los periodos marcados, se utilizó la Ecuación 2.9 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, matemática básica de crecimiento futuro:

$$T_f = T_i (1 + i)^n$$

Ecuación 2.9

Dónde:

- Tf = tránsito final
- Ti= tránsito inicial
- i= tasa de crecimiento anual, se adoptó en el apartado I-E del presente capítulo
- n= periodo en años, se adopta 1 año de para la realización del proyecto, 2 años para la construcción y 18 años de servicio, según se recomienda en las normas de diseño de DNV.

Se realiza el mismo procedimiento de aplicación de tasas para ambos tramos en estudio. En Tabla 6. Empalme RNN°40 – Destilería YPF y en Tabla 7. Destilería - Potrerillos

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Tabla 6. Empalme RNN°40 – Destilería YPF

TRAMO EMP RN°40- DESTILERIA				
AÑO	Tasa de crecimiento (%)	TMDA proyectado (veh/día)	Transito liviano	Tránsito pesado
2017	-	7800	4680	3120
2018	3,00%	8034	4820	3214
2019	3,00%	8275	4965	3310
2020	3,00%	8523	5114	3409
2021	3,00%	8779	5267	3512
2022	3,00%	9042	5425	3617
2023	3,00%	9314	5588	3725
2024	2,50%	9546	5728	3819
2025	2,50%	9785	5871	3914
2026	2,50%	10030	6018	4012
2027	2,50%	10280	6168	4112
2028	2,50%	10537	6322	4215
2029	2,50%	10801	6481	4320
2030	2,50%	11071	6643	4428
2031	2,50%	11348	6809	4539
2032	2,50%	11631	6979	4653
2033	2,50%	11922	7153	4769
2034	2,50%	12220	7332	4888
2035	2,00%	12465	7479	4986
2036	2,00%	12714	7628	5086
2037	2,00%	12968	7781	5187
2038	2,00%	13228	7937	5291
2039	2,00%	13492	8095	5397
2040	2,00%	13762	8257	5505
2041	2,00%	14037	8422	5615
2042	2,00%	14318	8591	5727
2043	2,00%	14604	8763	5842
2044	2,00%	14896	8938	5959
2045	2,00%	15194	9117	6078

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Tabla 7. Destilería - Potrerillos

TRAMO DESTILERIA - POTRERILLOS				
AÑO	Tasa de crecimiento (%)	TMDA proyectado (veh/día)	Transito liviano	Tránsito pesado
2017	-	5183	3628	1555
2018	3,00%	5338	3737	1602
2019	3,00%	5499	3849	1650
2020	3,00%	5664	3965	1699
2021	3,00%	5834	4083	1750
2022	3,00%	6009	4206	1803
2023	3,00%	6189	4332	1857
2024	2,50%	6343	4440	1903
2025	2,50%	6502	4551	1951
2026	2,50%	6665	4665	1999
2027	2,50%	6831	4782	2049
2028	2,50%	7002	4901	2101
2029	2,50%	7177	5024	2153
2030	2,50%	7357	5150	2207
2031	2,50%	7540	5278	2262
2032	2,50%	7729	5410	2319
2033	2,50%	7922	5546	2377
2034	2,50%	8120	5684	2436
2035	2,00%	8283	5798	2485
2036	2,00%	8448	5914	2534
2037	2,00%	8617	6032	2585
2038	2,00%	8790	6153	2637
2039	2,00%	8965	6276	2690
2040	2,00%	9145	6401	2743
2041	2,00%	9328	6529	2798
2042	2,00%	9514	6660	2854
2043	2,00%	9704	6793	2911
2044	2,00%	9898	6929	2970
2045	2,00%	10096	7068	3029



A modo de resumen:

Para el tramo Empalme RNN°40 – Destilería

- Periodo 2019-2023 la tasa de crecimiento es de 3% y el transito final proyectado es de 9.314 veh/día.
- Primer periodo de 10 años, 2024-2034, la tasa de crecimiento es de 2,5% con un volumen vehicular proyectado de 12.220 veh/día.
- Periodo de 2035-2045, con tasa de 2% el volumen vehicular es de 15.194 veh/día.

Para el tramo Destilería – Potrerillos

- Periodo 2019-2023 la tasa de crecimiento es de 3% y el transito final proyectado es de 6.189 veh/día.
- Primer periodo de 10 años, 2024-2034, la tasa de crecimiento es de 2,5% con un volumen vehicular proyectado de 8.120veh/día.
- Periodo de 2035-2045, con tasa de 2% el volumen vehicular es de 10.096 veh/día.

b. Nivel de servicio sin modificación de trazado y con proyección de tránsito futuro

A modo de seguir con la justificación de la realizar un proyecto de mejora en el trazado existente, a continuación, se determina el nivel de servicio, con las mismas condiciones geométricas, pero con los volúmenes de vehículos proyectados para el año 2045 con 10.096 veh/día. Dicha metodología es la misma que ya se realizó anteriormente, análisis de operación expuesta en el Manual de Capacidad de Carreteras de la Federal Highway Administration de los Estados Unidos, Edición 2010.

- Longitud del tramo: Progresiva Inicio: 1054,34
Progresiva final: 1063,41
- Tipo de camino: Tipo (Categoría) II
- Topografía: Llanura
- Ancho de carril: 3,65 m
- Ancho de banquina: 3,00 m
- Volumen: 10.096 v/h
- Porcentaje de distancia sin posibilidad de adelantamiento: 25%

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

- Reparto por sentido: 50%
- de vehículos livianos: 60%
- de vehículos pesados: 40%
- de vehículos de recreo: 0%
- Velocidad de flujo libre: 90 km/h
- Factor de hora pico: 0,95

Se determina el valor del PTSOV (porcentaje de tiempo que se ocupa en seguir otro vehículo), para ello es necesario conocer la velocidad equivalente en un periodo pico y el porcentaje de tiempo base en seguir otro vehículo.

Para conocer el equivalente V_p (tasa de flujo equivalente en automóvil para el período pico de 15 minutos), se necesita determinar un factor de hora pico, un factor que depende del tipo de terreno y su pendiente y por último un factor para considerar los vehículos pesados.

Valor de prueba para V_p :


$$v_p = \frac{V}{FHP} = \frac{10.096}{0,95} \Rightarrow v_p = 10.628 \left(\frac{V}{h} \right)$$

Dónde:

- V: el volumen de vehículos por hora obtenido en el estudio de tránsito que se detalló anteriormente en los censos realizados por DNV.
- FHP: el factor de hora pico, es la variación del tránsito dentro de una hora, tomando periodos de 15 minutos, se adopta 0,95, suponiendo que la mayor parte del tránsito fluye dentro de los 15 minutos más cargados.

De Figura 6. Tabla 4 HCM-FHWA, se adopta el valor de factor de ajuste de la pendiente para terreno plano u Ondulado, $f_G = 1,00$ para rango de tasa de flujo en dos sentidos >1200 para terreno llano o plano y tipo de terreno plano.

Para conocer el valor de f_{HV} , factor de ajuste para considerar a los vehículos pesados en el flujo de tránsito, se necesita conocer los equivalentes a vehículos pesados.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

De Figura 7. Tabla 5 HCM-FHWA, edición 2010, con un rango de tasa de flujo en dos sentidos >1200 para terreno llano para camiones y terreno plano ET = 1,00 y para vehículos de recreo, ER = 1,00; PT=0,14, PR=0,04.

$$F_{HV} = \frac{1}{1 + 0,14(1 - 1) + 0,04(1 - 1)} \Rightarrow F_{HV} = 1,00$$

Entonces:

$$v_p = \frac{10.628}{0,95 \times 1,00 \times 1,00} \Rightarrow v_p = 11.188 \left(\frac{V}{h} \right)$$

Calcular el porcentaje de tiempo base que se ocupa en seguir a otro vehículo (TBPSV)

$$TBPSV = 100(1 - e^{-0,000879 \times 11.188}) \Rightarrow TBPSV = 99,99\%$$

Para calcular el PTSOV (porcentaje de tiempo que se ocupa en seguir otro vehículo), se utilizó la siguiente expresión y de Figura 8. Tabla 3 HCM-FHWA, edición 2010, fd/np, por interpolación = 0,01

$$PTSOV = 99,99 + 0,01 \Rightarrow PTSOV = 100\%$$

Es decir, que se ocuparía todo el tiempo de viaje detrás de otro vehículo, con lo cual ya nos da una medida del nivel de servicio deficiente que tiene esta infraestructura vial en operación. Siguiendo con el proceso también es necesario conocer la velocidad promedio de viaje (VPV).

De Figura 9. Tabla 9 HCM-FHWA, edición 2010, fLS (Ajuste para el ancho de carril y el ancho de banquina o distancia a un obstáculo) para Ancho de carril: 3,65 m y Ancho de banquina o distancia sin obstrucciones laterales: 3,00 m, entonces: fLS = 0,0

De Figura 10. Tabla 10 HCM-FHWA, edición 2010, fA (Ajuste para la densidad de puntos de acceso) con el dato de 0 puntos de acceso por kilómetro fA = 0

$$VFL = 90 - 0,0 - 0,0 \Rightarrow VFL = 90 \frac{Km}{h}$$

Por lo tanto, la velocidad promedio de viaje.

De Figura 11. Tabla 7 HCM-FHWA, edición 2010, para V >1200, terreno llano fG = 1,00

De Figura 12. Tabla 8 HCM-FHWA, edición 2010, para V >1200, terreno llano, ET = 1,1 y

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

ER = 1,0

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.14(1,1 - 1) + 0.04(1,0 - 1)} \Rightarrow f_{HV} = 0,98$$

$$v_P = \frac{10.096}{0.95 \times 1,0 \times 0,98} \Rightarrow v_P = 10.845 \left(\frac{V}{h} \right)$$

De Figura 13. Tabla 6 HCM-FHWA, edición 2010, con $v_P = 1606$ y porcentaje de zonas de no rebase = 25, $f_{np} = 1,00$

Entonces:

$$VPV = 90 - 0,0076 \times 10.845 - 1,00 \Rightarrow VPV = 8,5 \frac{Km}{h}$$

Por último:

Con PTSOV = 100 % y VPV = 8,5 km/h, de Tabla 1 (carretera clase I), NDS = E

Con PTSOV = 100 % de Tabla 2 (carretera clase II), NDS = E

c. Conclusión

Evidentemente los niveles de servicio siguen siendo muy malos casi sin variaciones en su clasificación, debido a los rangos que se establecen en los Manual de Capacidad de Carreteras de la Federal Highway Administration de los Estados Unidos, Edición 2010. Pero se debe interpretar los resultados, más allá de la fría clasificación que se detalló.

En la operación del tramo, el conductor que utilice esta vía en el año 2045, sin ningún tipo de mejora vial, destinará el 100% de su tiempo en cola, detrás de un vehículo, y, además, lo hará con una velocidad promedio de 8,5 km/h. Esto implica una pérdida total de tiempo, por lo tanto, esto lleva a pérdidas económicas y lo que es peor aún posibles pérdidas de vidas en accidentes.

Por último, se recomienda que se realicen estudios de mejoras en lo que respecta a condiciones geométricas, lo que con lleva mejoras en la operación y capacidad para atender los volúmenes de vehículos proyectados para el año 2045.



Capítulo 3. Estudio Hidrológico

I. Relevamiento de obras existentes

Se detalla a continuación en Tabla 8. Obras existentes, con características de las obras de arte existente en el tramo bajo estudio. En Anexo 3-I. Resumen, se muestra material fotográfico de dichas obras.

Tabla 8. Obras existentes

Progresiva	N°	Obra	Tipo	Longitud	Altura	Luz	Angulo	Tapada	pendiente
				J	H	L	α	T	i
				(m)	(m)	(m)	(°)	(m)	%
1055,07		Puente	Cruce con RPN°15						
1056,80	1	Canal Corvalán	O-41211-C c/platea	16,20	1,25	1,00	90		
1058,41	2	Canal Flores	O-41211-C c/platea	14,25	1,50	2,00	90		
1058,75	3	Canal Costa Flores	O-41211-C c/platea	13,80	0,75	1,00	90		
1058,87	4	Canal CF-I	O-41211-C c/platea	14,20	1,00	1,00	90		
1059,37	5	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	13,90	0,75	1,00	90	0,69	N/D
1059,74	6	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	13,90	0,75	1,00	90	0,69	N/D
1060,08	7	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	13,90	0,75	1,00	90	0,69	N/D
1060,10	7-I	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	13,90	0,75	1,00	90	0,69	N/D
1060,44	8	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	13,80	0,75	1,00	90	0,69	N/D
1061,04	9	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	13,80	0,75	1,00	90	0,69	N/D
1061,56	10	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	13,80	0,75	1,00	90	0,69	N/D
1061,59	11	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	13,80	0,75	1,00	90	0,69	N/D
1062,10	12	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	14,60	1,00	1,00	90	0,89	N/D
1062,12	13	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	13,90	0,75	1,00	90	0,69	N/D
1062,37	14	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	13,90	0,75	1,00	90	0,69	N/D
1062,62	15	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	14,20	0,75	1,00	90	0,72	N/D
1062,65	16	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	13,80	1,50	2,00	90	0,69	N/D
1063,71	17	Alcantarilla	O-41211-C c/platea	35,60	2,00	2,00	45	2,93	2,0
1064,59	18	Alcantarilla	O-41211-C	13,90	1,00	1,50	90	0,63	0,4
1065,98	19	Alcantarilla	O-41211-C	14,70	1,00	1,50	90	0,90	0,5
1066,27	20	Alcantarilla	O-41211-C	19,80	1,00	4,00	45	0,90	1,0
1067,30	21	Alcantarilla	O-41211-C	17,70	1,50	2,00	60	1,40	1,0
1067,60	22	Alcantarilla	O-41211-C	13,90	0,75	1,50	90	0,81	0,5
1068,85		Puente	RPN°84						
1069,51		Puente	A° Las avispas						



II. Hidrología e hidráulica

a. Ubicación

La red hidrológica de Mendoza corresponde al Sistema del río Colorado con vertiente Atlántica. En la geografía mendocina el recurso hídrico que se utiliza proviene, casi en su totalidad, de la fusión de las nieves y glaciares ubicados en la Cordillera de los Andes. Las lluvias solo se producen en primavera y verano.

En la Figura 16. Zonas de Relieve, se pueden observar dos zonas de relieve que dominan el territorio mendocino separadas por una zona de transición donde generalmente se ubica la mayor concentración poblacional:

- Las montañas o zonas montañosas al Oeste se identifican con color marrón.
- La extensa llanura al Este se identifica con color verde.

La Cordillera de los Andes, como elemento positivo occidental, representa las cabeceras o zona de alimentación de los escurrimientos superficiales.

Delimitadas con color blanco se muestran las cuencas correspondientes a los principales ríos, con pendiente general Oeste-Este y Noroeste-Sudeste.

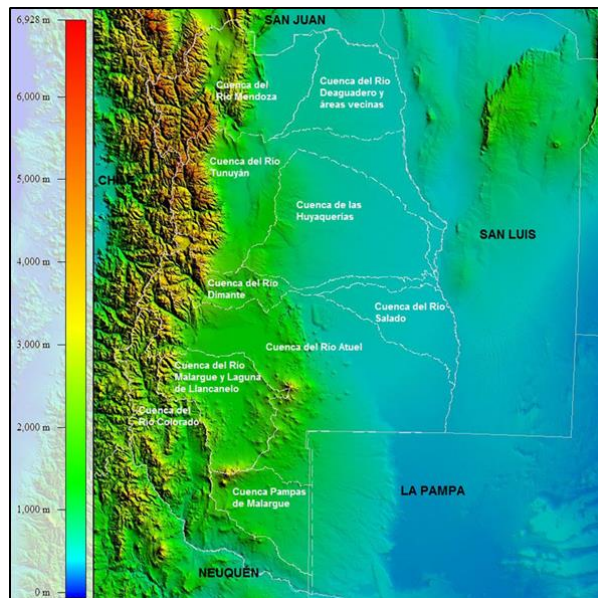


Figura 16. Zonas de Relieve



El proyecto y la actual Ruta Nacional N° 7 se encuentra dentro de los límites de la cuenca del Río Mendoza, a continuación, en Figura 17. Cuenca de Mendoza, se ve un mapa de dicha cuenca y se describe brevemente algunas características de esta cuenca.



Figura 17. Cuenca de Mendoza

Cuenca Alta:

El río Mendoza en las zonas de captación o recolección de alta montaña tiene un frente de 90 km a la Cordillera, supera los 5.600 km² de superficie y comprende las más elevadas crestas andinas. En su zona de recolección hidráulica se destacan los cerros: Aconcagua, Tupungato, Catedral, Tolosa, Penitentes, Blanco, El Plata y Plomo, entre otros. Todos ellos se elevan por encima de los 5.500 m sobre el nivel del mar. Casi la totalidad de las elevaciones de esta cuenca son acopiadoras de la nieve anual.

El frente cordillerano de confluencia que alimenta el nacimiento del río Mendoza se compone del río Tupungato y el río Las Cuevas. A 2 km. de esta confluencia ya recibe su primer afluente: el río Vacas

Cuenca Media:

A partir de Cacheuta, Luján de Cuyo, el río se orienta hacia el Este y es regulado por distintas obras de captación (presas y diques) y obras de conducción (canales e hijuelas). Allí se concentra el Oasis Norte, sector irrigado con la mayor concentración poblacional y su consecuente



desarrollo económico (agrícola e industrial). En esta parte de la cuenca se hace especial hincapié, ya que el proyecto se emplaza en esta zona.

Cuenca Baja:

A partir de San Roque (Maipú), el cauce fluye hacia el Norte para desembocar de forma confusa en las Lagunas del Rosario, pertenecientes al sistema de los bañados de Guanacache. El cauce en esta zona es intermitente debido a los aprovechamientos que se realizan aguas arriba. Gran parte del agua se infiltra, lo que permite la captación para distintos usos a través de perforaciones profundas o pozos balde.

b. Información meteorológica

Clima

Se entiende por clima a “la síntesis de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado, caracterizada por estadísticas a largo plazo –valores medios, varianzas, probabilidades de valores extremos, etc.– de los elementos meteorológicos en dicho lugar”, según lo define el (SMN, s.f.)

El tipo de clima de una región, está caracterizado por un conjunto de valores medios, y por los cambios anuales de la temperatura, la precipitación y otros elementos. Se los designa frecuentemente con letras, como en la clasificación de (Norte, 2010) según la cual el clima de la zona del proyecto se encuadra como BW desértico.

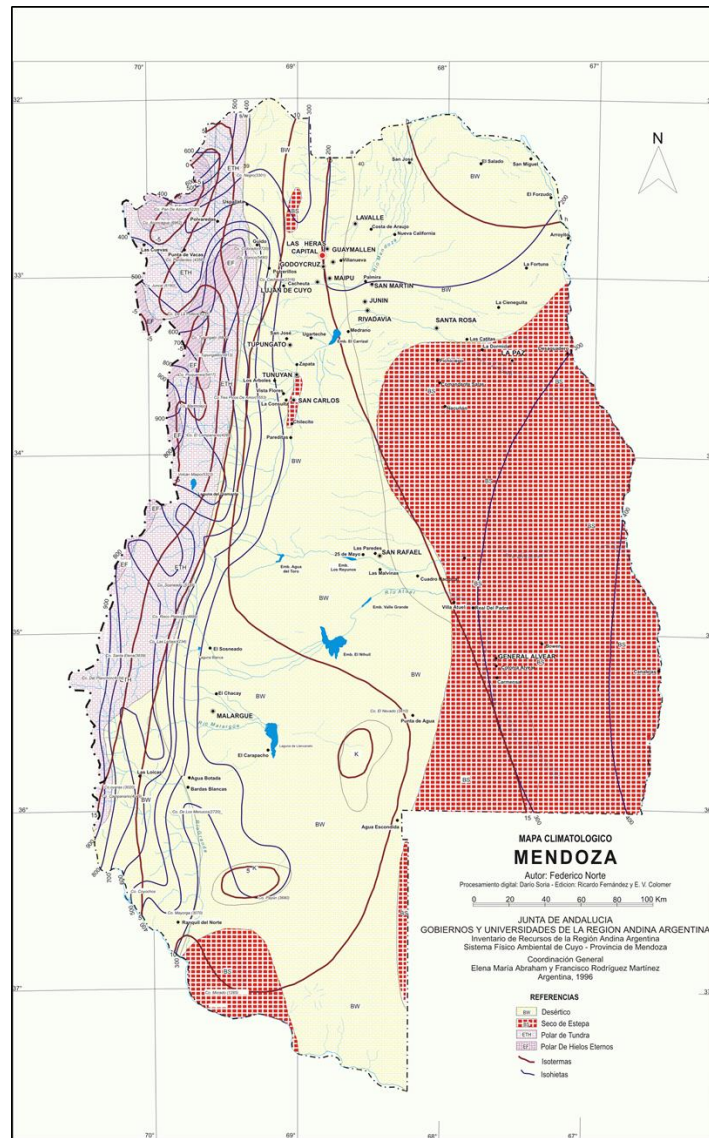


Figura 18. Mapa de clasificación de clima

Para analizar los parámetros climáticos de la zona del proyecto se ha recopilado información de la Red Hidrometeorológicas Nacional, de la Subsecretaría de Recurso Hídrico de la Nación y de la Dirección de Agricultura y contingencias climáticas de la Provincia de Mendoza.

Estación Guido:

- Página web: <http://bdhi.hidricosargentina.gob.ar/MuestraDatos.aspx?Estacion=11413>
- Río: MENDOZA



- Provincia: Mendoza
- Latitud: 32° 54' 55,00"
- Longitud: 69° 14' 16,00"

Estación Meteorológica Pedriel:

- Página web:
http://www.contingencias.mendoza.gov.ar/web1/agrometeorologia/datos_estadisticos_anuales.php
- Provincia: Mendoza
- Latitud: 33° 7' 7.392" S
- Longitud: 68° 54' 32.796" O
- Altura: 960 msnm

Temperatura

Los datos de las temperaturas se toman de la estación Pedriel, en un periodo de 10 años. Se calculan las medias para cada mes y el resultado se expresa y se puede ver en la Figura 19.

Variación de temperaturas en 10 años.

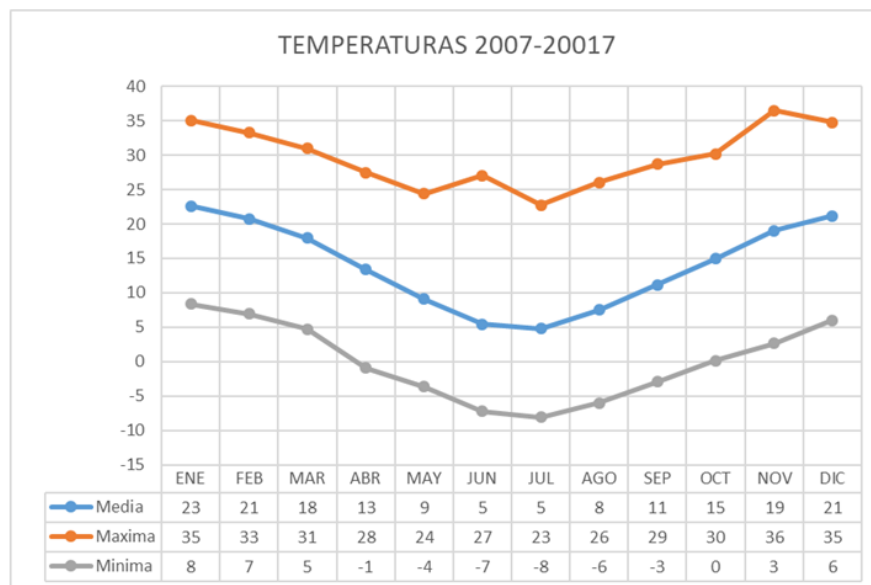


Figura 19. Variación de temperaturas en 10 años



Se puede ver que las temperaturas máximas ocurren en los meses de noviembre, diciembre y enero alcanzando valores entre los 34 a 36 °C, mientras que las mínimas son en los meses de junio, julio y agosto, con valores de -8 a -6°C.

Precipitaciones

Los datos de las precipitaciones se toman de la estación Pedriel, en un periodo de 10 años. Se calculan las medias para cada mes y el resultado se expresa en la siguiente Figura 20.

Precipitaciones

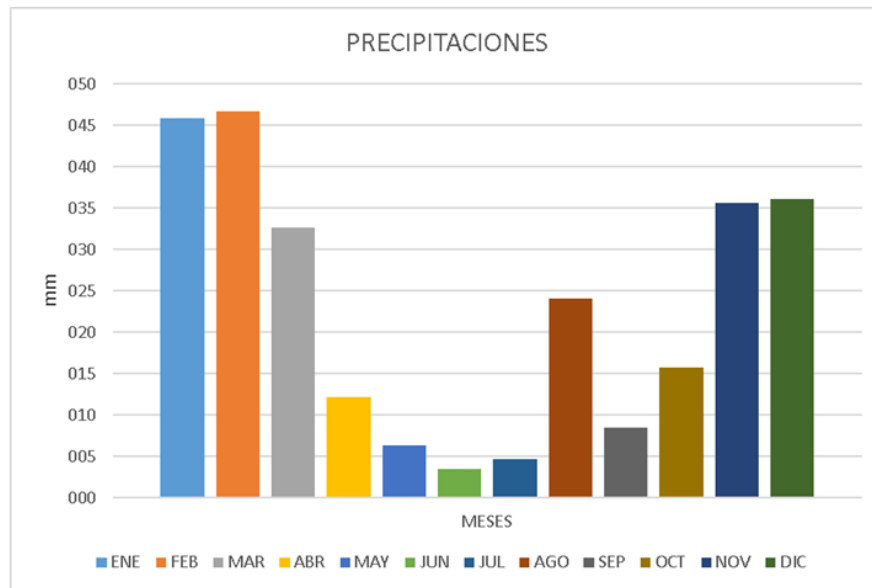


Figura 20. Precipitaciones Estación Pedriel

La precipitación media es de 200 mm anuales, aunque las precipitaciones se desarrollan generalmente en el verano (80% de la precipitación anual) como tormentas convectivas de alta intensidad y corta duración.

Humedad

La humedad alcanza valores promedios desde el periodo 2000-2017, cercano a los 57%, dichos valores dependen de la época en que se mida y por lo tanto de las precipitaciones y temperaturas de dicha estación. El dato se extrajo de la estación Guido, perteneciente a la Red Hidrometeorológicas Nacional.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

Vientos

Los vientos predominantes son del Sur, Sureste y del Suroeste. Las velocidades alcanzadas promedio rondan en los 3,74 km/h, dependiendo en la época del año en que se encuentre. Dicho dato se extrajo de la estación Guido.

c. Tiempo de recurrencia

El tiempo de recurrencia, o solamente recurrencia, es el tiempo promedio expresado en años en que es deseable esperar que una magnitud hidrológica sea igualada o excedida en cualquier momento de dicho lapso temporal. El tiempo de recurrencia pauta la vida útil con que se diseña una estructura. Para la elección de dicho periodo se estudia diferentes autorías, para luego escoger el tiempo de recurrencia.

El autor (Chow, 1994), establece que el tiempo de retorno es de 25 a 50 años para una alcantarilla en grandes ciudades, como se puede ver en la Figura 21. Periodo de retorno .



TABLA 13.1.1
Criterios de diseño generalizados para estructuras de control de agua

Tipo de estructura	Periodo de retorno (años)	ELV
Alcantarillas de carreteras		
Volúmenes de tráfico bajos	5-10	-
Volúmenes de tráfico intermedios	10-25	-
Volúmenes de tráfico altos	50-100	-
Puentes de carreteras		
Sistema secundario	10-50	-
Sistema primario	50-100	-
Drenaje agrícola		
Culverts	5-50	-
Surcos	5-50	-
Drenaje urbano		
Alcantarillas en ciudades pequeñas	2-25	-
Alcantarillas en ciudades grandes	25-50	-
Aeropuertos		
Volúmenes bajos	5-10	-
Volúmenes intermedios	10-25	-
Volúmenes altos	50-100	-
Diques		
En fincas	2-50	-
Alrededor de ciudades	50-200	-
Presas con poca probabilidad de pérdidas de vidas (baja amenaza)		
Presas pequeñas	50-100	-
Presas intermedias	100+	-
Presas grandes	-	50-100%
Presas con probabilidad de pérdidas de vidas (amenaza significativa)		
Presas pequeñas	100+	50%
Presas intermedias	-	50-100%
Presas grandes	-	100%
Presas con probabilidad de altas pérdidas de vidas (alta amenaza)		
Presas pequeñas	-	50-100%
Presas intermedias	-	100%
Presas grandes	-	100%

Figura 21. Periodo de retorno s/Ven Te Chow

Según (Jarocki, 1973), establece los tiempos de recurrencia para las estructuras de alcantarillas según lo indicado en la Figura 22. Periodo de retorno s/Jarocki. Para nuestro caso de estudio, seleccionando la categoría de camino correspondiente a Autopista, se obtiene un periodo de 50 años para el diseño de alcantarillas.

CATEGORÍA DEL CAMINO	TIEMPO DE RECURRENCIA PARA DISEÑO [años]		
	TERRAPLENES	ALCANTARILLAS	PUENTES
Autopistas	100	50	100
Rutas principales	50	25	50
Caminos vecinales	25	10	10
Caminos provisorios	10	5	5

Figura 22. Periodo de retorno s/Jarocki

El manual HDG - AASHTO 1979, estipula el procedimiento para la selección del tiempo de recurrencia para caudales de diseño. En la siguiente Figura 23. Procedimiento de HDG – AASHTO, se consignan los parámetros intervinientes con las calificaciones testigo para cada variable, y la ponderación relativa a la categorización de cada ítem.

PARÁMETRO	CALIFICACIÓN TESTIGO			Categorización del ítem	CALIFICACIÓN	
	1	2	3		Unitaria	Ponderada
Daño a las propiedades	bajo	medio	alto	1	1	1
Daño al camino	bajo	medio	alto	3	3	9
Pérdidas potenciales de vida	bajo	medio	alto	3	1	3
Altura del terraplén	menor de 6 m	6 m a 15 m	mayor de 15 m	1	1	1
Costo de reconstrucción	bajo	medio	alto	2	3	6
TMDA	menor de 100	100 a 750	mayor de 750	4	3	12
Rutas alternativas	sí	mala calidad	no	3	3	9
Sección de camino inundado	sí	eventual	no	3	1	3
Caudales registrados mayores que el caudal para recurrencia de 50 años	ninguno	uno	varios	2	1	2
Valor estratégico	no	no	sí	3	3	9
Efecto sobre la economía local	bajo	medio	alto	4	3	12
				TOTALES	23	67
				CALIFICACIÓN		2,91

Figura 23. Procedimiento de HDG – AASHTO

La cuantía de 2,91 obtenida como promedio de calificación permite adoptar el valor de 50 años como tiempo de recurrencia para el proyecto de las alcantarillas de este tramo, como se desprende de la siguiente Tabla 9. Tiempo de retorno del HDG - AASHTO 1979.



Tabla 9. Tiempo de retorno del HDG - AASHTO 1979.

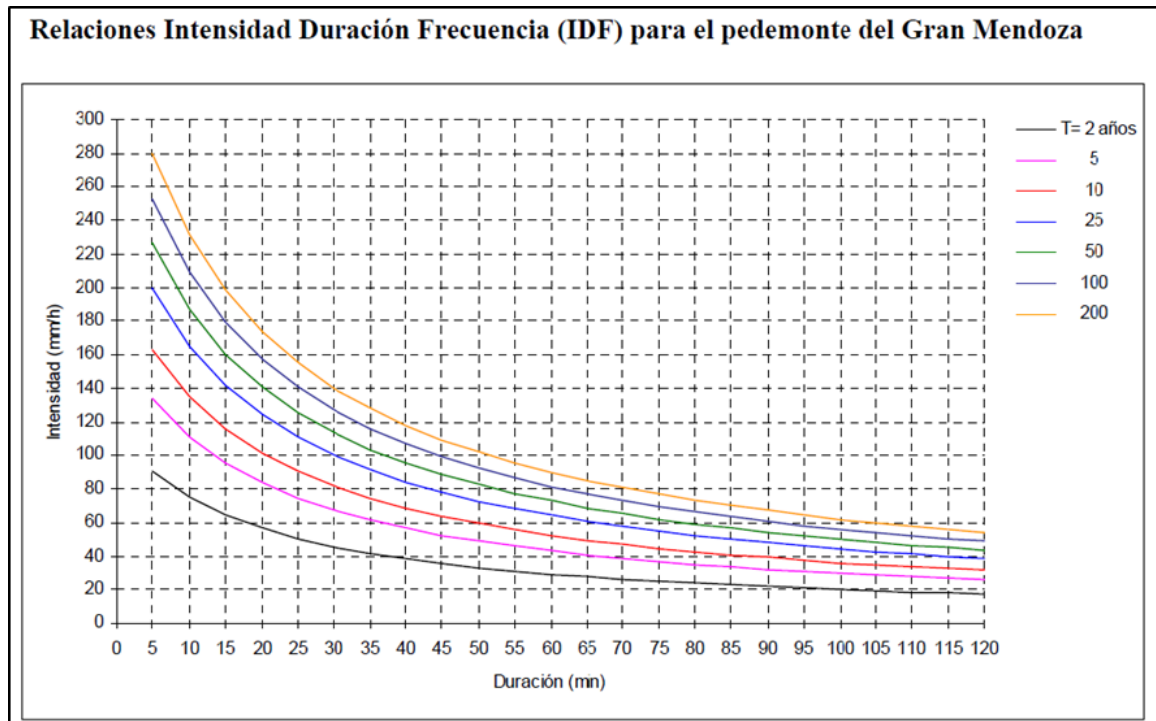
PROMEDIO PONDERADO DE LA CALIFICACIÓN	RANGO DEL TIEMPO DE RECURRENCIA PARA DISEÑO
	[años]
1	10 - 25
2	25 - 50
3	más de 50

En base a los tres estudios realizados anteriormente por diferentes autores, se elige que el tiempo de recurrencia es de 50 años o más, para el tramo bajo estudio.

d. Intensidad de precipitaciones de diseño

Las relaciones entre la intensidad de lluvia, la duración y la recurrencia de la misma, empleadas en el presente proyecto fueron elaboradas por el (INA, 2005) Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Andino en marzo de 2005.

En la Figura 24. Curvas IDR p/Mendoza (INA, 2005), se expresan gráficamente las relaciones IDR (intensidad, duración y retorno) para el piedemonte del Gran Mendoza



Relación IDF ajustada							
$I_{D,T_R} = \frac{\omega(T_R)}{(D + 0.268)^{0.883}}$							
I_{D,T_R} = 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

Figura 24. Curvas IDR p/Mendoza

Para el caso en estudio, la intensidad de la tormenta de diseño con un tiempo de retorno de 50 años, con duración de una hora está dada por la Ecuación 3.1

$$I_{D,T_R} = \frac{\omega(T_R)}{(D + 0.268)^{0.883}}$$

Ecuación 3.1

Reemplazando valores obtenemos la intensidad de precipitación del proyecto, para luego obtener caudales de diseño.

$$I_{D,T_R} = \frac{89,869}{(1 + 0.268)^{0.883}} \Rightarrow I_{D,T_R} = 73 \text{ mm/h}$$

e. Estudio de cuenca

Ver adjunto en Anexo 3-II. Característica de la cuenca

f. Cálculos de caudales

La evolución de los caudales fue realizada mediante los métodos que a continuación se detallan:

Método Racional

Este método plantea una proporcionalidad entre el caudal máximo y la intensidad de la lluvia, y puede expresarse como:



$$Q = \frac{C * i * A}{360}$$

Ecuación 3.2

Donde:

- Q: caudal máximo, en m³/s
- C: coeficiente de escurrimiento: terreno llano y vegetación natural C = 0,25-0,35
- I: intensidad de precipitación, función de duración D = Tc y recurrencia R, en mm/h
- A: área de la cuenca, en ha

Método de Burkli-Ziegler

Basada en investigaciones experimentales, la Ecuación 3.3 de (Bürkli-Ziegler, 1867) expresa el caudal de derrame en función de la intensidad de la precipitación, el área y la pendiente media de la cuenca, y las condiciones físicas de la misma.

$$Q = 0,0022 * \varepsilon * A * R * \sqrt[4]{\frac{i}{A}}$$

Ecuación 3.3

Donde:

- Q: caudal de derrame, en m³/s
- E: coeficiente de permeabilidad relativa: suelos medianamente permeables 0,20-0,40
- A: área de la cuenca, en ha
- I: pendiente media de la cuenca, en ‰
- R: intensidad máxima de precipitación para un aguacero de una hora de duración y una recurrencia dada, en mm/h

Método de Izzard

Desarrollado por el investigador norteamericano (Izzard, 1918) para aplicación en zonas agrícolas, con características topográficas de llanura y ondulado, y áreas de cuenca entre 5 y 1000 hectáreas, la Ecuación 3.4

$$Q = \frac{0,6386}{100} * R * A^{0,67} * F_c$$

Ecuación 3.4


Donde:

- Q: caudal máximo de derrame, en m³/s
- R: intensidad máxima de precipitación para un aguacero de una hora de duración y una recurrencia dada, en mm/h
- F_c: coeficiente que contempla la cobertura vegetal y la pendiente del terreno: terreno llano de 2%-0,2% y vegetación natural F_c = 0,20-0,40
- A: área de la cuenca, en ha

En la Tabla 10. Caudales de Diseño, se indica el cálculo hidrológico de caudales, según los tres métodos descriptos anteriormente.

Tabla 10. Caudales de Diseño

CUENCA N°	CUENCAS								MÉTODO RACIONAL	BURKLI ZIEGLER	MÉTODO IZZARD	Q	
	ÁREA	L	D _R	PENDIENTE	TC	SCS	I (D)	I (C)	C	Q	Q	Q	Diseño
					[h]	[mm/h]	[mm/h]	[m ³ /s]	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)		
1	44,21	1292,30	25	0,01935	0,37	73	134,67	0,2	1,79	1,15	0,71	1,22	
2	32,63	1380,00	15	0,01087	0,48	73	116,13	0,2	1,32	0,80	0,58	0,90	
3	454,01	1850,00	15	0,00811	0,68	73	94,641	0,2	18,41	5,33	3,37	9,04	
4	19,07	1056,00	10	0,00947	0,42	73	126,44	0,2	0,77	0,51	0,40	0,56	
5	145,22	2705,20	25	0,00924	0,87	73	80,722	0,2	4,42	1,76	1,57	2,58	
6	189,61	5314,01	45	0,00847	1,51	73	54,304	0,2	7,69	2,80	1,88	4,12	
7	32,73	830,03	15	0,01807	0,27	73	156,65	0,2	1,33	0,91	0,58	0,94	
8	208,17	4207,43	30	0,00713	1,34	73	59,097	0,2	8,44	2,88	2,00	4,44	
9	57,16	1762,02	15	0,00851	0,64	73	98,062	0,2	2,32	1,14	0,84	1,43	
10	101,91	1938,63	25	0,01290	0,59	73	103,44	0,2	4,13	1,95	1,24	2,44	
11	208,20	4390,88	75	0,01708	0,99	73	73,495	0,2	5,44	3,58	2,00	3,67	
12	45,12	1540,54	30	0,01947	0,42	73	125,54	0,2	1,83	1,17	0,72	1,24	

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

III. Obras de arte

a. Fundamentos

Definiciones

Una alcantarilla es una estructura que tiene por objetivo principal sortear un obstáculo al paso del agua. En la mayoría de los casos se aplican al diseño vial, es decir, cuando el flujo es interceptado por un camino o una vía de ferrocarril.

Cuando se realiza el diseño geométrico de un camino, el mismo, normalmente se interpone en el movimiento natural de escurrimiento de las aguas de la zona de emplazamiento. En la ladera de una montaña, se interpone en el camino de escurrimiento de las aguas que bajan por la montaña. Cuando atraviesan un arroyo, un río, o cualquier otro canal, y aún en los paisajes más llanos la topografía del terreno obliga al movimiento del agua en alguna dirección. El camino, en la mayoría de los casos constituye un verdadero obstáculo al paso del agua.

Conceptos hidráulicos

El procedimiento toma como referencia principal los “Gráficos hidráulicos para el diseño de alcantarillas”, asume algunas hipótesis. Además, estos gráficos fueron obtenidos a partir de un conjunto de ensayos en laboratorio, y posteriormente convalidados con experimentación en el terreno. Todo esto le incorpora un componente empírico que, cuanto mucho, puede ser interpretado físicamente.

Estos gráficos fueron originalmente preparados por la Sección Hidráulica División Puentes de la Oficina de Ingeniería y Operaciones del Bureau of Public Roads de Washington – EEUU (1964) y posteriormente traducidos y adaptados a las unidades métricas por el Ing. Rühle (1966).

Si observamos una alcantarilla, no es más que un conducto cuya sección puede ser circular, ovalada, rectangular, etc. Imaginemos que este conducto atraviesa un camino que se encuentra en la ladera de una montaña. Evidentemente, el camino constituye una barrera artificial para el agua que escurre a superficie libre sobre la ladera de la montaña y para todos los cursos de agua (de mayor o menor tamaño) que drenan por los múltiples cauces que bajan por la ladera. Cuando esos flujos encuentran el camino, comienzan a escurrir paralelos al mismo y en la



dirección de la pendiente longitudinal del camino. Por esta razón se construyen a los bordes del camino canales o canaletas que conducen el agua, paralelo al mismo. Estos canales van recolectando agua en su recorrido hasta llegar a una alcantarilla que la recibe y la cruza transversalmente al otro lado del camino.

De acuerdo, a las dimensiones, material de la alcantarilla, caudal, condiciones de entrada y de salida, etc. irán variando las características hidráulicas del flujo; pudiendo variar desde un flujo a superficie libre con un tirante pequeño, hasta un conducto a presión, cuando fluye totalmente llena. En el primer caso, podría dimensionarse la alcantarilla empleando la teoría de flujo en canales abiertos, mientras que, en el segundo, con las ecuaciones de la teoría de conductos. Entre ambas condiciones extremas se plantean un gran número de casos con soluciones más o menos complejas. En conclusión, el análisis hidráulico teórico del escurrimiento en el interior de una alcantarilla es muy complejo.

Por esta razón se han hecho numerosos ensayos de laboratorio de la mayoría de los casos prácticos de diseño de alcantarillas. Estos ensayos, posteriormente han sido convalidados con observaciones en el terreno y se han obtenido resultados altamente satisfactorios.

A partir de esta experimentación, se han puesto de manifiesto dos formas fundamentales típicas de escurrimiento en alcantarillas, que incluyen todas las demás:

- Escurrimiento con control de entrada
- Escurrimiento con control de salida

Entendiendo por sección de control, aquella sección donde existe una relación definida entre el caudal y el tirante. Es la sección en la cual se asume que se desarrolla un tirante próximo al crítico.

En el escurrimiento con control de entrada, el caudal que puede pasar por la alcantarilla depende fundamentalmente de las condiciones de entrada a la misma. Es decir, depende de la sección transversal del conducto, de la geometría de la embocadura y de la profundidad del agua a la entrada o altura del remanso. En este tipo de escurrimiento no influyen las características del conducto mismo. En cambio, en el escurrimiento con control de salida debe

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

agregarse a las anteriores el nivel del agua a la salida, la pendiente, longitud y rugosidad del conducto.

No es sencillo determinar de antemano si una alcantarilla va a trabajar con control de entrada o de salida. Para responder a esa pregunta habría que realizar cálculos largos y complejos, lo cual quitaría practicidad al método.

Por esa razón, la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) permite que se calcule, para el caudal de diseño de la alcantarilla, el nivel a la entrada de esta, como si ésta trabajara con control de entrada, luego se deberá calcular como si trabajara con control de salida, y finalmente, se elige el mayor nivel entre ambos.

Flujo con control de entrada

En el flujo con control de entrada el tirante crítico se forma en las proximidades de la sección de entrada a la alcantarilla, quedando hacia aguas arriba de dicha sección un remanso en flujo subcrítico, y aguas abajo, un flujo supercrítico. De modo que lo que ocurre desde la sección hacia aguas arriba, tiene influencia en el nivel a la entrada de la alcantarilla, pero no tiene ninguna influencia lo que ocurre aguas abajo de dicha sección. Por eso, las variables que intervienen en este tipo de flujo son:

- Tipo y dimensiones de la sección transversal. Por ejemplo: circular con diámetro 2 metros
- Geometría de la embocadura. Por ejemplo: Con alas a 30° con respecto al eje
- Nivel de agua a la entrada. Se utiliza la altura H_e

Si bien no es sencillo predefinir cuando un flujo tendrá control de entrada, los casos más típicos son aquellos en los cuales:

- La entrada está descubierta y la pendiente es supercrítica, pudiendo o no fluir llena la sección en parte del conducto, como se muestra en la Figura 25. Caso A .

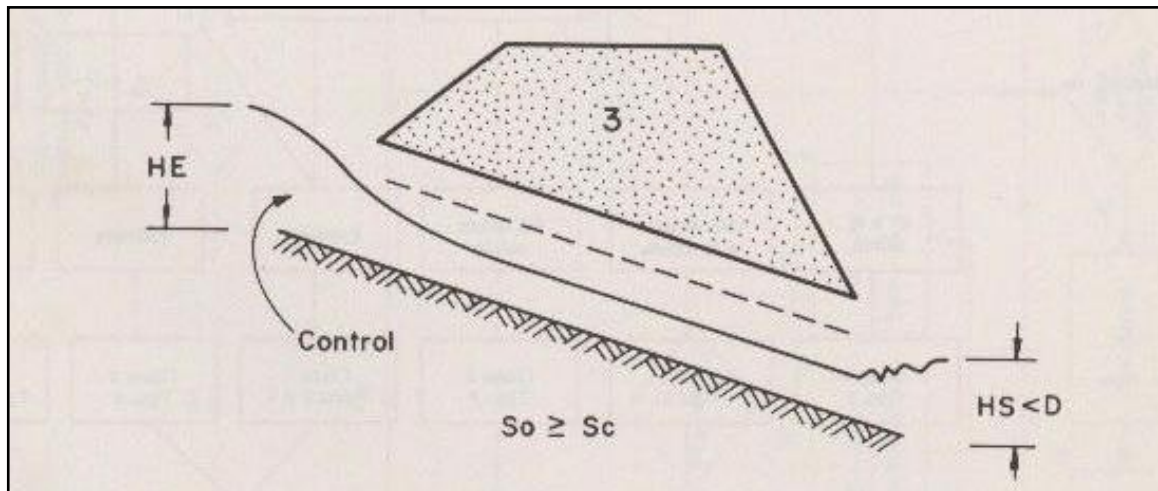


Figura 25. Caso A

- La entrada está sumergida, y sin embargo no fluye lleno el conducto, pudiendo ser subcrítica o supercrítica la pendiente, como se muestra en la Figura 26. Caso B .

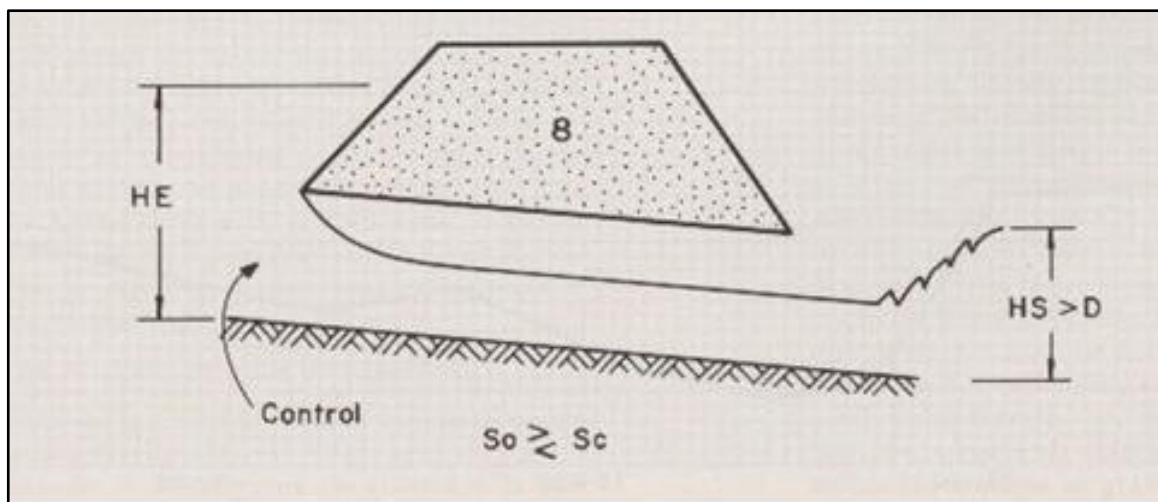


Figura 26. Caso B

Procedimiento de calculo

El procedimiento de cálculo es muy sencillo para este tipo de flujo, es necesario la aplicación del monograma de la Figura 27. Monograma de calculo y puede plantearse en los siguientes pasos:

1. Se adopta un caudal de diseño.
2. Se propone un tipo de alcantarilla (forma y dimensiones).

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

3. Se elige un tipo de entrada.
4. Se calcula el nivel que debe formarse a la entrada (H_e) necesario para permitir el paso del caudal de diseño. Si ese nivel verifica las condiciones de nuestro proyecto, es decir, no supera la altura máxima admisible para el agua a la entrada de la alcantarilla de acuerdo a los condicionantes de diseño planteados en el problema en cuestión, se continúa en el paso 5, de lo contrario, se vuelve al paso 2.
5. Se observa que el nivel H_e no sea demasiado pequeño, es decir, que la alcantarilla no se haya sobredimensionado, pues esto ocasionaría costos excesivos e innecesarios.
6. Se adopta la alcantarilla propuesta como una de las posibles soluciones del problema

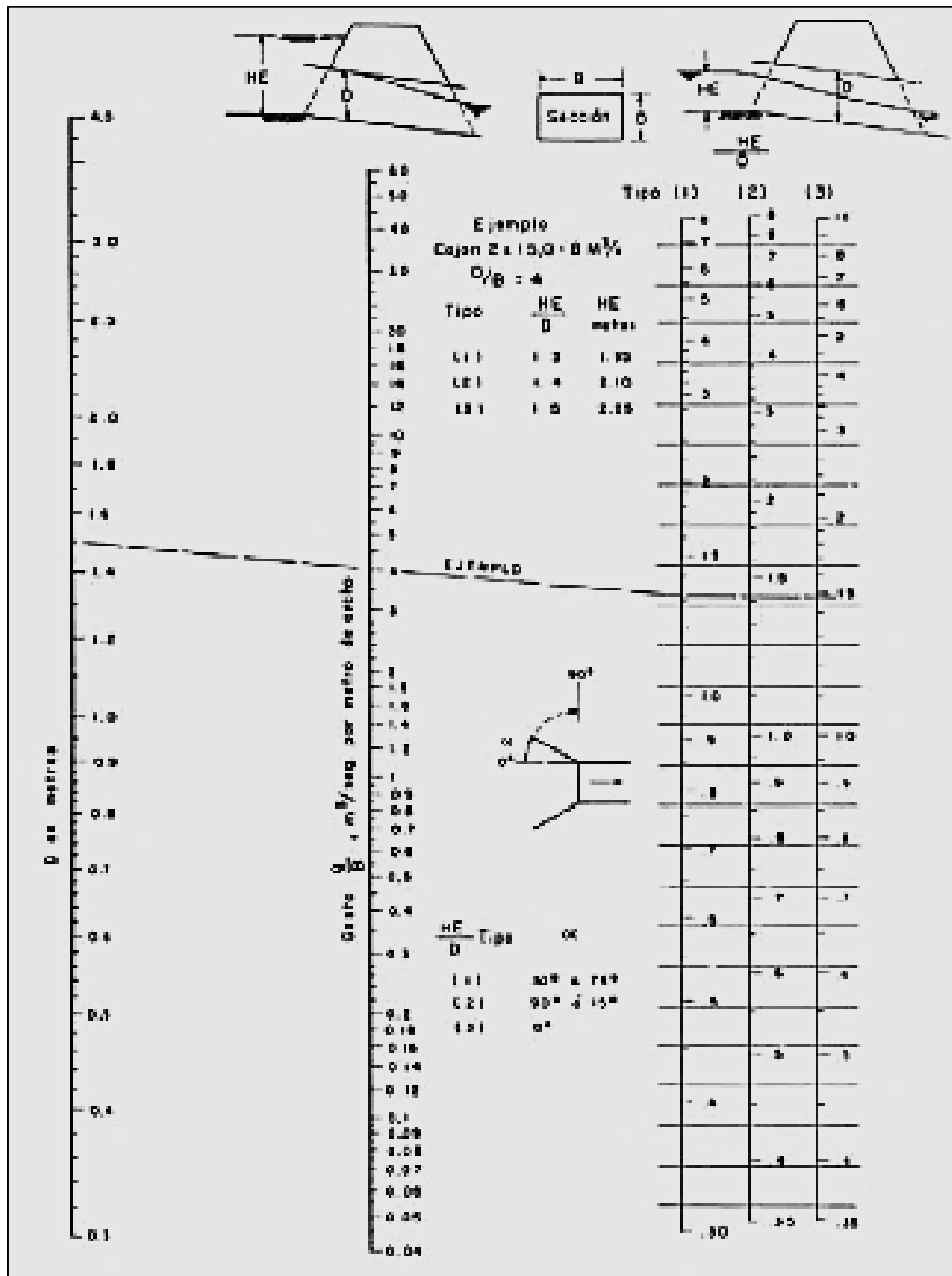


Figura 27. Monograma de calculo



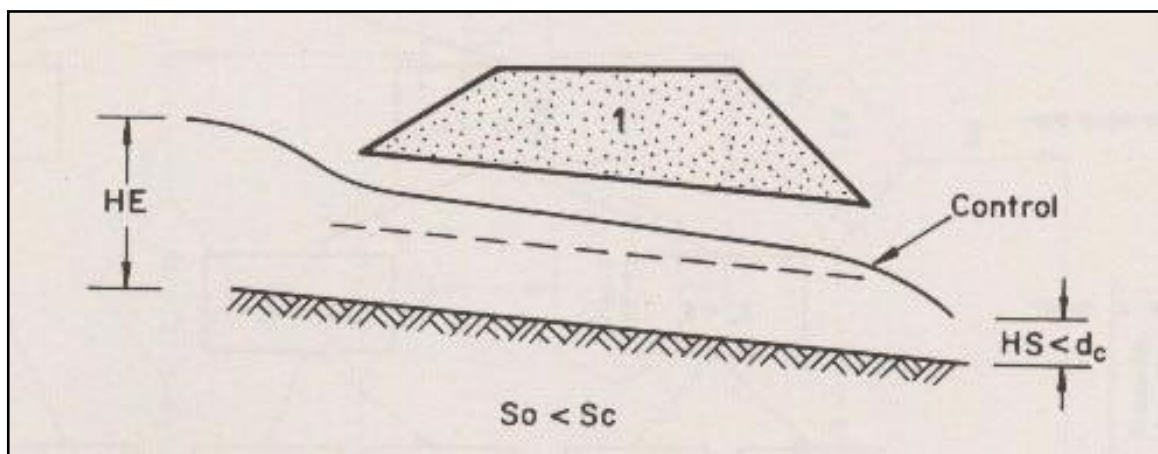
Flujo con control de salida

En el flujo con control de salida el tirante crítico se forma en las proximidades de la sección de salida de la alcantarilla, quedando hacia aguas arriba de dicha sección un remanso en flujo subcrítico, y aguas abajo, un flujo supercrítico. De modo que todo lo que ocurre desde la sección de salida hacia aguas arriba tiene influencia en el nivel a la entrada de la alcantarilla. Por eso, las variables que intervienen en este tipo de flujo son las mismas que intervienen en el control de entrada más las que corresponden al tramo entre esta sección y la de salida:

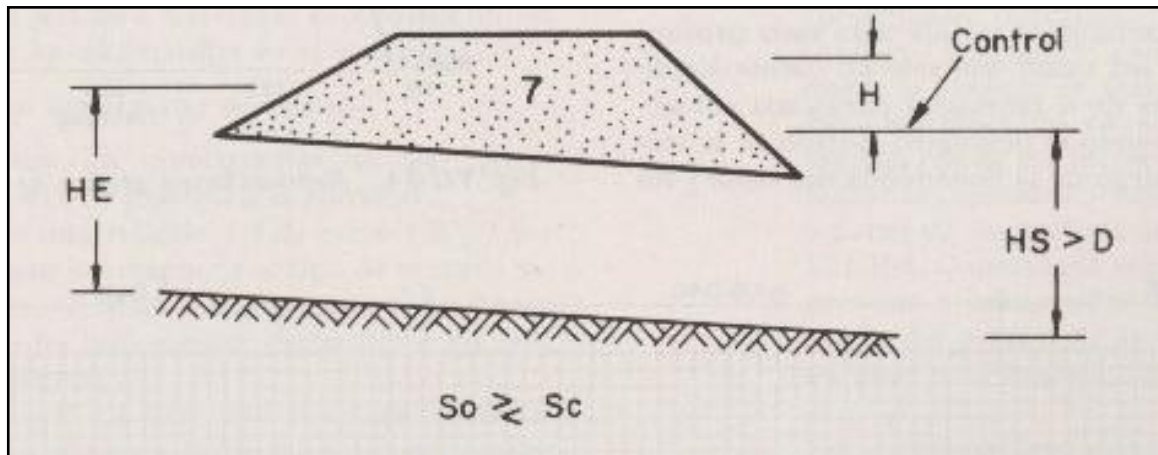
- Tipo y dimensiones de la sección transversal. Por ejemplo: circular con diámetro de 2 m
- Geometría de la embocadura. Por ejemplo: Con alas a 30° con respecto al eje
- Nivel de agua a la entrada. Se utiliza la altura H_e
- Nivel de agua a la salida
- Pendiente del conducto
- Rugosidad del conducto
- Largo del conducto

Al igual que en control de entrada, tampoco aquí es sencillo predefinir cuando un flujo tendrá control de salida, los casos más típicos son aquellos en los cuales:

- La altura del agua no sumerge la entrada y la pendiente del conducto es subcrítica.



- La alcantarilla fluyendo a plena capacidad.



En el caso de flujo con control de salida comienzan a intervenir en el cálculo las características del flujo en la alcantarilla y a la salida de la misma. Desde el punto de vista del cálculo conviene identificar distintos tipos de escurrimiento en alcantarillas con control de salida. La presenta cuatro tipos de flujo con control de salida:

1. Caso de sección llena con nivel aguas abajo por encima del dintel de la sección de salida
2. Caso de sección llena con nivel aguas abajo por debajo del dintel de la sección de salida
3. Caso de sección parcialmente llena en un tramo del conducto
4. Caso de sección parcialmente llena en todo el conducto

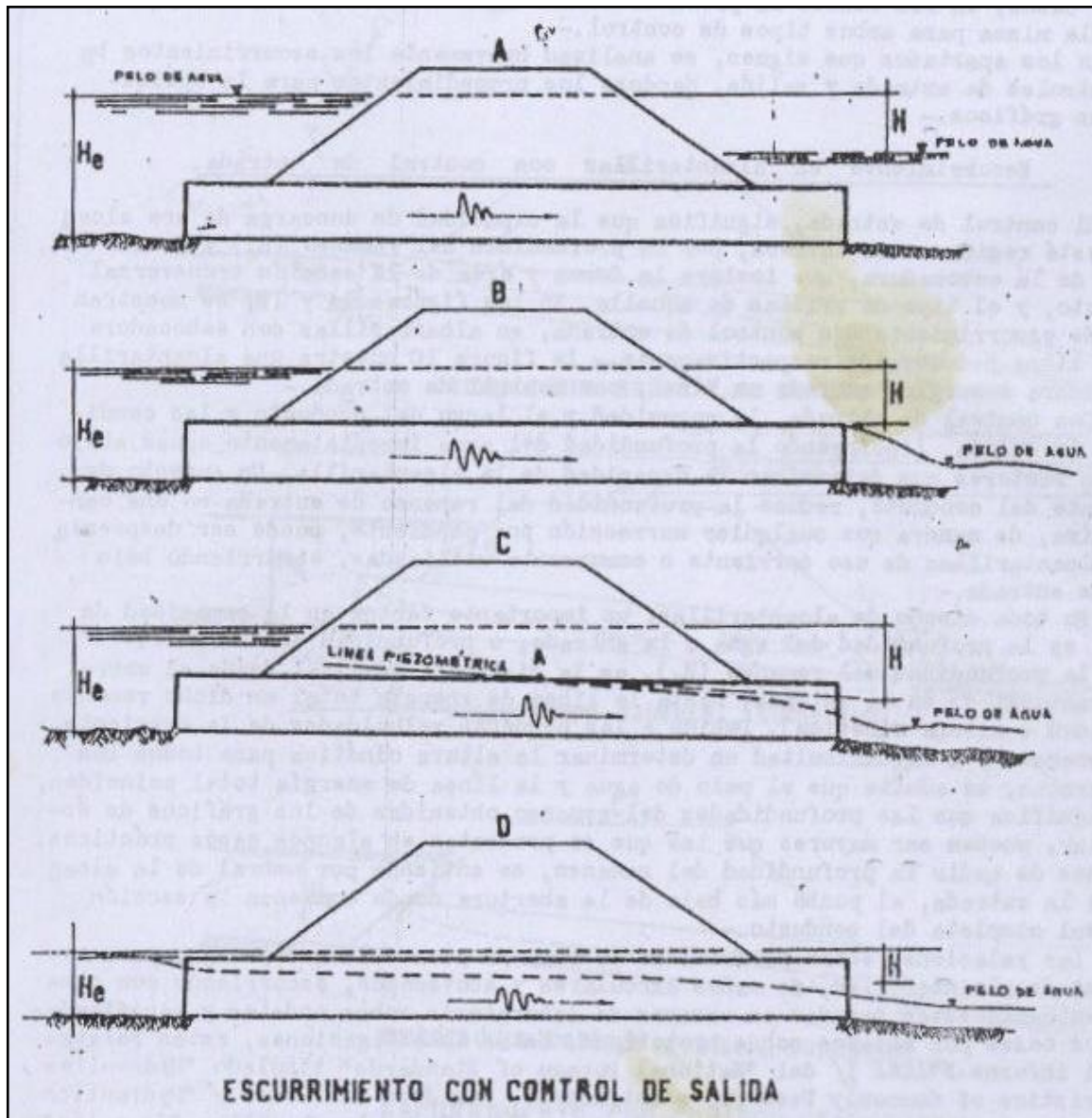


Figura 28. Casos de flujo con control de salida

Procedimiento de calculo

Si planteamos la ecuación de energía entre la entrada y la salida de la alcantarilla, resulta la Ecuación 3.5 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** general del tipo:

$$H_e = H + H_1 - L \times i$$

Ecuación 3.5



Donde:

- H_e = nivel a la entrada
- H_1 = nivel a la salida
- H = energía empleada en la obtención de energía de velocidad a la salida, más la perdida por fricción y pérdidas a la entrada.
- L = Longitud del conducto
- i = pendiente del conducto

Para la estimación de H_1 , que representa el nivel de agua a la salida, se adopta el mayor entre; H_s , que es el nivel de agua a la salida cuando es conocido, o el promedio entre h_c y D .

Para la estimación de H , se utilizan los nomogramas según el procedimiento que se presenta a continuación.

Un nomograma típico para diseño de alcantarillas con control de salida. Al igual que se hizo en flujo con control de entrada, vamos a suponer que se desea conocer cuál es el nivel que tendrá el agua a la entrada de mi alcantarilla, si coloco una alcantarilla de ciertas dimensiones, de cierto material, con cierta pendiente, con ciertas características de entrada y para un caudal de diseño dado. Notar que en este caso interesa el material de la alcantarilla porque nos define la rugosidad n , también influye la pendiente, y su condición de nivel aguas abajo.

Se traza una recta que une las dimensiones de la sección transversal de la alcantarilla con la longitud de la misma, definiendo un punto en la recta de paso. Notar que hay dos (o más) curvas de longitud, de las que debe elegirse la que corresponde a las condiciones de embocadura que corresponda a nuestro diseño en particular.

Se une el caudal de diseño, con ese punto recién definido en la recta de paso, cortando la recta de H . Ese valor de H obtenido se introduce en la Ecuación 3.5 junto con H_1 y con $L \times i$, para obtener el valor de H_e buscado.

Por último, se compara este valor de H_e obtenido con el obtenido en el cálculo con control de entrada y se elige el mayor.

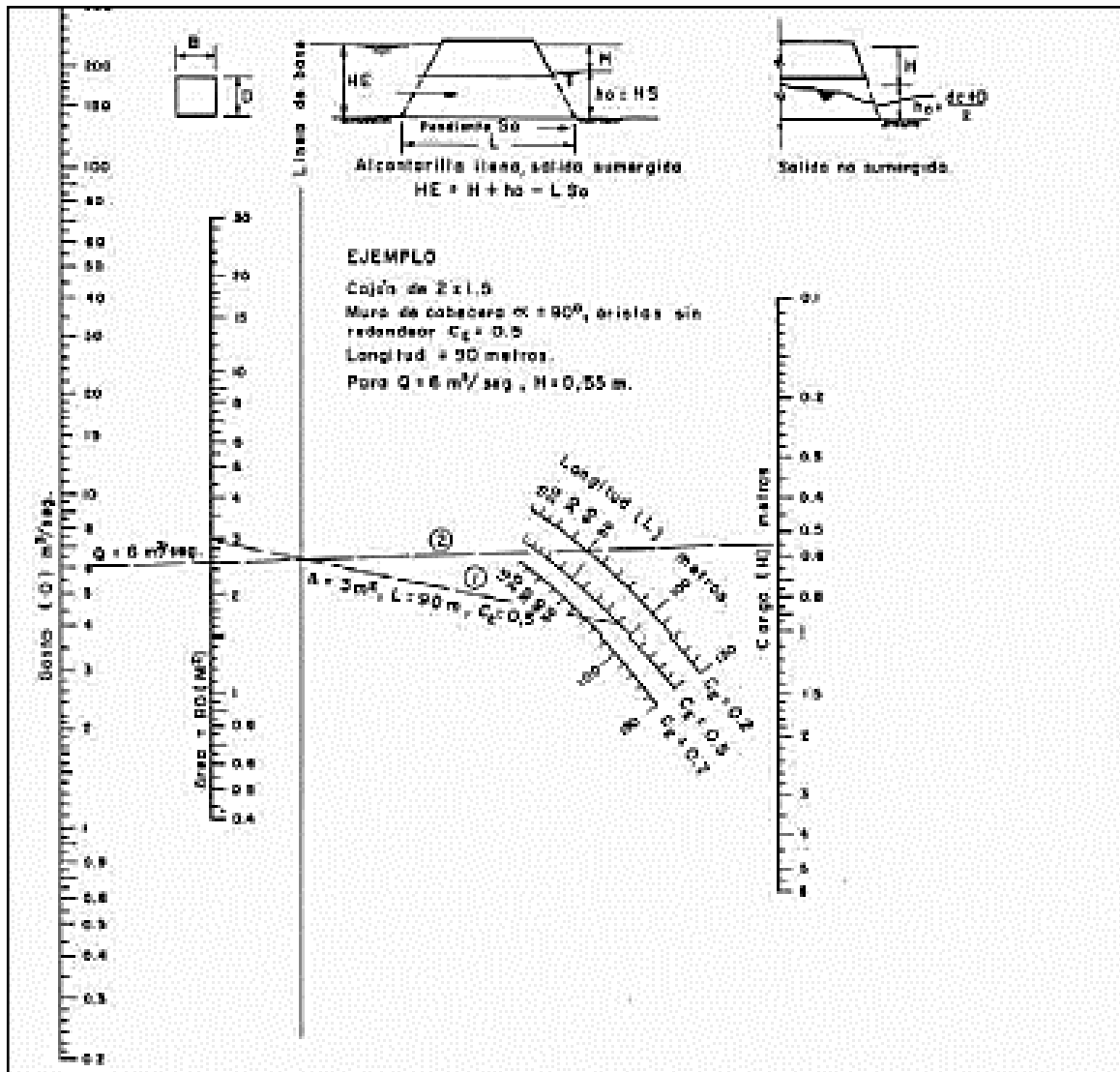


Figura 29. Nomograma control de flujo de salida

b. Dimensionamiento

El modelo hidráulico para resolución de alcantarillas HY8 fue desarrollado por la Federal Highway Administration del U.S. Department of Transportation. Actualmente es uno de los modelos hidráulicos que corre en un programa de distribución gratuita (software libre) y es de sencilla utilización.



El programa internamente calcula por control de entrada y de salida y elige el mayor. Este programa también permite proyectar. Es decir, sugiere dimensiones para niveles de entrada fijados.

Para el presente trabajo se trabaja con los nomogramas anteriores verificando cada alcantarilla con control de entrada y luego con control de salida, luego con este software mencionado se verifican los diseños realizados con esos nomogramas de las obras actuales y en caso de ser necesario se produce un nuevo dimensionamiento de las alcantarillas, con la hipótesis de mantener el nivel de la rasante actual para producir la menor cantidad de movimiento de suelo y modificaciones en el proyecto existente, con lo cual se evaluarán nuevas secciones, longitudes, rugosidades, pendientes, etc.

A continuación, se presenta la

Tabla 11. Verificación de alcantarillas, que impactan en el desarrollo de la traza con cada uno de los caudales de la cuenca correspondiente.

Tabla 11. Verificación de alcantarillas

DESIGNACIÓN	ALCANTARILLA	Q							CONTROL DE ENTRADA			CONTROL DE SALIDA							HE	Verificación					
		ALTURA	LUZ	H	L	T	Limite rasante	Limite de Alt. Agua	HE/H	Q/L	HE/L de nomograma	HE	CE	dc	dcx2/D/2	Área	H nomograma	H1			L	i	HE	max	HE-Lim. Agua
		m3/s	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
5	O-41211-C	0,56	0,75	1,00	0,69	0,4	1,04	1,39	0,56	0,65	0,49	0,20	0,385	0,568	0,750	0,17	0,568	13,90	0,002	0,71	0,71	VERDADERO			
6	O-41211-C	2,58	0,75	1,00	0,69	0,4	1,04	1,39	2,58	1,30	0,98	0,50	1,066	0,908	0,750	0,15	0,908	13,90	0,005	0,99	0,99	VERDADERO			
7-13	O-41211-C	0,52	0,75	1,00	0,69	0,4	1,04	1,39	0,52	0,64	0,48	0,50	0,367	0,683	0,750	0,17	0,683	13,90	0,005	0,78	0,78	VERDADERO			
12	O-41211-C	0,52	1,00	1,00	0,89	0,4	1,49	1,49	0,52	0,46	0,46	0,50	0,303	0,651	1,000	0,29	0,651	14,60	0,005	0,87	0,87	VERDADERO			
14	O-41211-C	0,94	0,75	1,00	0,69	0,4	1,04	1,39	0,94	0,98	0,74	0,20	0,544	0,772	0,750	0,12	0,772	13,90	0,005	0,82	0,82	VERDADERO			
15	O-41211-C	0,94	0,75	1,00	0,72	0,4	1,07	1,43	0,94	0,98	0,74	0,20	0,544	0,772	0,750	0,12	0,772	14,20	0,005	0,82	0,82	VERDADERO			
16	O-41211-C	0,94	1,50	2,00	0,62	0,4	1,72	1,15	0,47	0,71	0,20	0,343	1,171	3,000	0,61	1,171	13,90	0,005	1,71	1,71	VERDADERO				
17	O-41211-C	4,44	2,00	2,00	2,93	0,4	4,53	2,27	2,22	0,57	1,14	0,20	0,796	1,398	4,000	0,85	1,398	35,60	0,020	1,54	1,54	VERDADERO			
18	O-41211-C	1,43	1,00	1,50	0,63	0,4	1,23	1,23	0,95	0,57	0,57	0,20	0,594	1,047	1,500	0,15	1,047	13,90	0,004	1,14	1,14	VERDADERO			
19	O-41211-C	2,44	1,00	1,50	0,90	0,4	1,50	1,50	1,63	1,00	1,00	0,20	0,848	1,174	1,500	0,25	1,174	14,70	0,005	1,35	1,35	VERDADERO			
20	O-41211-C	2,44	1,00	2,00	0,9	0,4	1,50	1,50	1,22	0,80	0,80	0,20	0,848	1,424	2,000	0,10	1,424	19,80	0,010	1,33	1,33	VERDADERO			
21	O-41211-C	3,67	1,50	2,00	1,4	0,4	2,50	1,67	1,84	0,75	1,13	0,20	0,850	1,425	3,000	1,20	1,425	17,70	0,010	2,45	2,45	VERDADERO			
22	O-41211-C	1,5	0,75	1,50	0,81	0,4	1,16	1,55	1,00	1,20	0,90	0,20	0,743	1,121	1,125	0,10	1,121	13,90	0,005	1,15	1,15	VERDADERO			

Desde la verificación anterior y con observaciones de comportamiento en campo de las obras de arte construidas en el año 1985/86 hasta el día de la fecha, se puede concluir que todas las alcantarillas registran buen comportamiento frente a los caudales calculados, sufriendo pequeñas variaciones desde aquellos años por el cambio de uso de suelo. Por lo tanto, se concluyen que las nuevas obras de arte deben repetirse en sus dimensiones y características en la nueva traza, teniendo la precaución de generar cunetas y canales de desagüe en la margen norte de la traza, para guiar estos caudales al Rio Mendoza, evitando así inundaciones aguas



abajo. Dicho esto, esta proyección excede los límites de este proyecto, ya que se debería pensar en un macroproyecto con diferentes entidades de gobierno provincial y/o nacional.

A continuación, se deja la Tabla 12. Nuevas características geométricas, que deberán tener las nuevas obras de arte.

Tabla 12. Nuevas características geométricas

Progresiva	N°	Obra	Tipo	Cuenca	Caudal de diseño	Ver	Proyectada			Control	
							Longitud	Altura	Luz		
							J	H	L		
				(n°)	(m3/s)	(si/no)	(m)	(m)	(m)		
1055,07		Puente	Cruce con RPN°15			No se verifica.					
1056,80	1	Cº Corvalán	O-41211-C	Rº Mza	p/riego	Se mantiene	16,20	1,25	1,00		
1058,41	2	Cº Flores	O-41211-C			n mismos caudales	14,25	1,50	2,00		
1058,75	3	Cº CF	O-41211-C				13,80	0,75	1,00		
1058,87	4	Cº CF-I	O-41211-C				14,20	1,00	1,00		
1059,37	5	Alcanta	O-41211-C	4	0,56	si	27,80	0,75	1,00	salida	
1059,74	6	Alcanta	O-41211-C	5	2,58	si	27,80	0,75	1,00	salida	
1060,08	7	Alcanta	O-41211-C	6	4,12	si	27,80	0,75	1,00	salida	
1060,10	7I	Alcanta	O-41211-C	6	4,12	si	27,80	0,75	1,00	salida	
1060,44	8	Alcanta	O-41211-C	6	4,12	si	27,60	0,75	1,00	salida	
1061,04	9	Alcanta	O-41211-C	6	4,12	si	27,60	0,75	1,00	salida	
1061,56	10	Alcanta	O-41211-C	6	4,12	si	27,60	0,75	1,00	salida	
1061,59	11	Alcanta	O-41211-C	6	4,12	si	27,60	0,75	1,00	salida	
1062,10	12	Alcanta	O-41211-C	6	4,12	si	29,20	1,00	1,00	salida	
1062,12	13	Alcanta	O-41211-C	6	4,12	si	27,80	0,75	1,00	salida	
1062,37	14	Alcanta	O-41211-C	7	0,94	si	27,80	0,75	1,00	salida	
1062,62	15	Alcanta	O-41211-C	7	0,94	si	28,40	0,75	1,00	salida	
1062,65	16	Alcanta	O-41211-C	7	0,94	si	27,60	1,50	2,00	salida	
1063,71	17	Alcanta	O-41211-C	8	4,44	si	35,60	2,00	2,00	salida	
1064,59	18	Alcanta	O-41211-C	9	1,43	si	13,90	1,00	1,50	salida	
1065,98	19	Alcanta	O-41211-C	10	2,44	si	14,70	1,00	1,50	salida	
1066,27	20	Alcanta	O-41211-C	10	2,44	si	19,80	1,00	4,00	salida	
1067,30	21	Alcanta	O-41211-C	11	3,67	si	17,70	1,50	2,00	salida	
1067,60	22	Alcanta	O-41211-C	11	3,67	si	13,90	0,75	1,50	salida	

En Anexo 3-III.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

Anexos



Anexo 3-I. Resumen

- Progresiva 1055,07:

Puente de cruce sobre RP15



-imagen satelital Google Earth-



- Progresiva 1056,77: Alcantarilla I – Canal Corvalán

Tipo: O-41211-C c/platea H-altura (m):1,25

Longitud J (m):16,20 L-Luz (m):1,00



- Progresiva 1058,41: Alcantarilla II – Canal Flores

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):1,50

Longitud J (m):14,25 L-Luz (m): 2,00





- Progresiva 1058,75: Alcantarilla III – Canal Costa Flores

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):0,75

Longitud J (m):13,80 L-Luz (m):1,00



- Progresiva 1058,87: Alcantarilla IV – Canal Costa Flores I

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):1,00

Longitud J (m):14,20 L-Luz (m):1,00





- Progresiva 1059,37: Alcantarilla V

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):0,75

Longitud J (m):13,90 L-Luz (m):1,00



- Progresiva 1059,74: Alcantarilla VI

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):0,75

Longitud J (m):13,90 L-Luz (m):1,00





- Progresiva 1060,08: Alcantarilla VII

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m): 0,75

Longitud J (m):13,90 L-Luz (m):1,00



- Progresiva 1060,10: Alcantarilla VII - Bis

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m): 0,75

Longitud J (m):13,90 L-Luz (m):1,00





- Progresiva 1060,44: Alcantarilla VIII

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):0,75

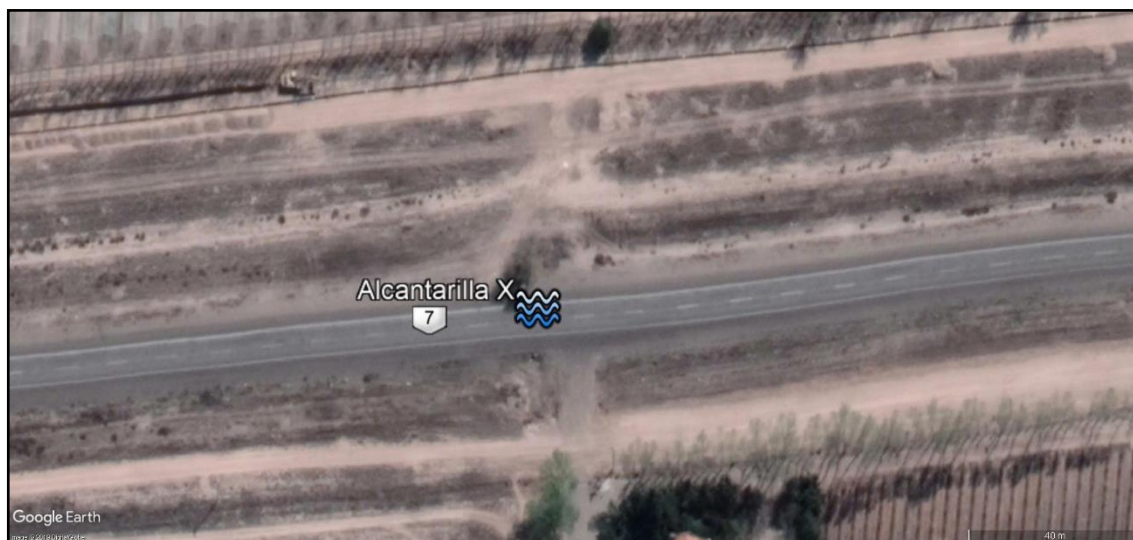
Longitud J (m):13,80 L-Luz (m):1,00



- Progresiva 1061,04: Alcantarilla IX

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):0,75

Longitud J (m):13,80 L-Luz (m):1,00





- Progresiva 1061,56: Alcantarilla X

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):0,75

Longitud J (m):13,80 L-Luz (m):1,00



- Progresiva 1061,59: Alcantarilla XI

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):0,75

Longitud J (m):13,80 L-Luz (m):1,00





- Progresiva 1062,10: Alcantarilla XII

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):1,00

Longitud J (m):14,60 L-Luz (m):1,00



- Progresiva 1062,12: Alcantarilla XIII

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):0,75

Longitud J (m):13,90 L-Luz (m):1,00





- Progresiva 1062,37: Alcantarilla XIV

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):0,75

Longitud J (m):13,90 L-Luz (m):1,00



- Progresiva 1062,62: Alcantarilla XV

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):0,75

Longitud J (m):14,20 L-Luz (m):1,00





- Progresiva 1062,65: Alcantarilla XVI

Tipo: O-41211-C c/platea H-Altura (m):1,50

Longitud J (m):13,80 L-Luz (m):2,00



- Progresiva 1063,71: Alcantarilla XVII

Tipo: O-41211-C H-Altura (m):2,00

Longitud J (m):35,60 L-Luz (m):2,00





- Progresiva 1064,59: Alcantarilla XVIII:

Tipo: O-41211-C

H-Altura (m):1,00

Longitud J (m): 13,90

L-Luz (m):1,50



- Progresiva 1065,98: Alcantarilla XIX

Tipo: O-41211-C

H-Altura (m): 1,00

Longitud J (m): 14,70

L-Luz (m): 1,50





- Progresiva 1066,27:Alcantarilla XX

Tipo: O-41211-C

H-Altura (m): 1,00

Longitud J (m): 19,80

L-Luz (m):2x2,00



- Progresiva 1067,30: Alcantarilla XXI

Tipo: O-41211-C

H-Altura (m): 1,50

Longitud J (m): 17,70

L-Luz (m): 2,00





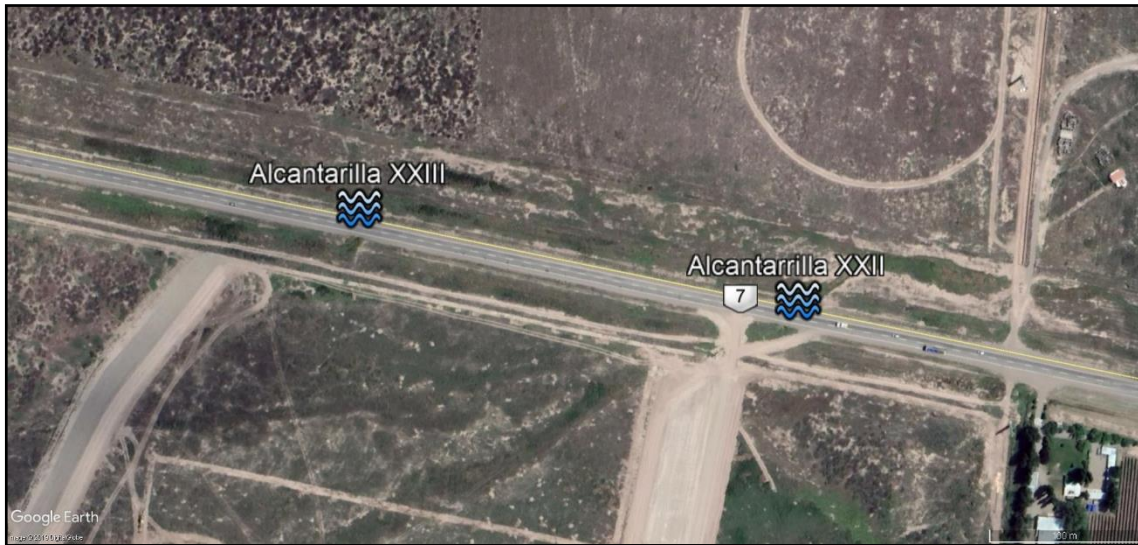
- Progresiva 1067,60: Alcantarilla XXII

Tipo: O-41211-C

H-Altura (m): 0,75

Longitud J (m): 13,90

L-Luz (m): 1,50




- Progresiva 1068,85: Puente de cruce sobre RP84



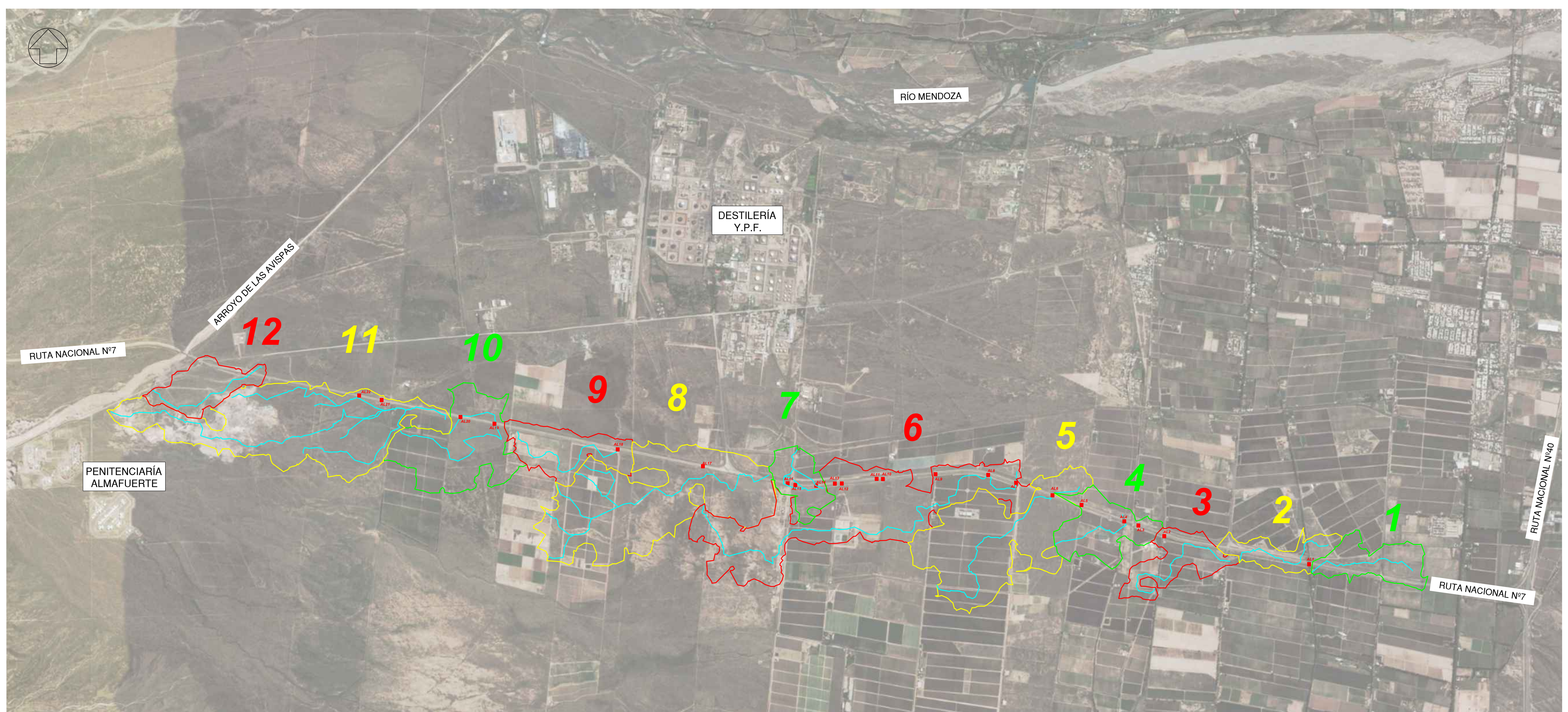


- Progresiva 1069,51: Puente sobre Rio Seco



 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

Anexo 3-II. Característica de la cuenca



CUENCA N°	CUENCAS				TC SCS	I (D)	I (C)	C	MÉTODO RACIONAL	VERIFICACIÓN BURKLI ZIEGLER Q	MÉTODO IZZARD	Q
	ÁREA [ha]	L [m]	Δh [m]	PENDIENTE m/m					Q [m3/s]	Q (m3/s)	Q (m3/s)	diseño (m3/s)
1	44,21	1292,30	25	0,01935	0,37	73	134,67	0,2	1,79	1,15	0,71	1,22
2	32,63	1380,00	15	0,01087	0,48	73	116,13	0,2	1,32	0,80	0,58	0,90
3	454,01	1850,00	15	0,00811	0,68	73	94,641	0,2	18,41	5,33	3,37	9,04
4	19,07	1056,00	10	0,00947	0,42	73	126,44	0,2	0,77	0,51	0,40	0,56
5	145,22	2705,20	25	0,00924	0,87	73	80,722	0,2	4,42	1,76	1,57	2,58
6	189,61	5314,01	45	0,00847	1,51	73	54,304	0,2	7,69	2,80	1,88	4,12
7	32,73	830,03	15	0,01807	0,27	73	156,65	0,2	1,33	0,91	0,58	0,94
8	208,17	4207,43	30	0,00713	1,34	73	59,097	0,2	8,44	2,88	2,00	4,44
9	57,16	1762,02	15	0,00851	0,64	73	98,062	0,2	2,32	1,14	0,84	1,43
10	101,91	1938,63	25	0,01290	0,59	73	103,44	0,2	4,13	1,95	1,24	2,44
11	208,20	4390,88	75	0,01708	0,99	73	73,495	0,2	5,44	3,58	2,00	3,67
12	45,12	1540,54	30	0,01947	0,42	73	125,54	0,2	1,83	1,17	0,72	1,24

ESCALAS: 1 : 20.000



PROYECTO FINAL

AÑO 2023

Alumnos
Franco Faccio
Maximiliano Olguín
Gerónimo Sindoni Lenz

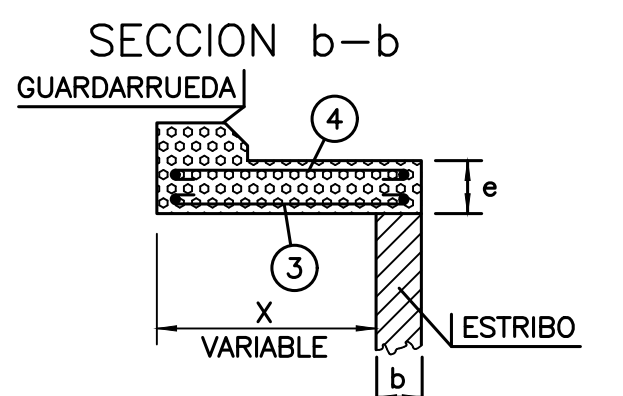
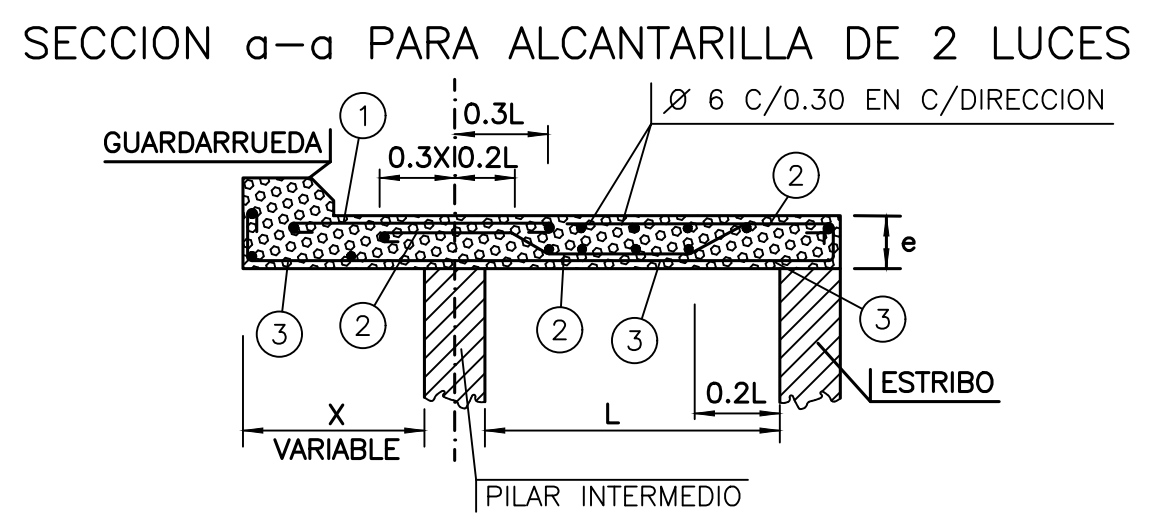
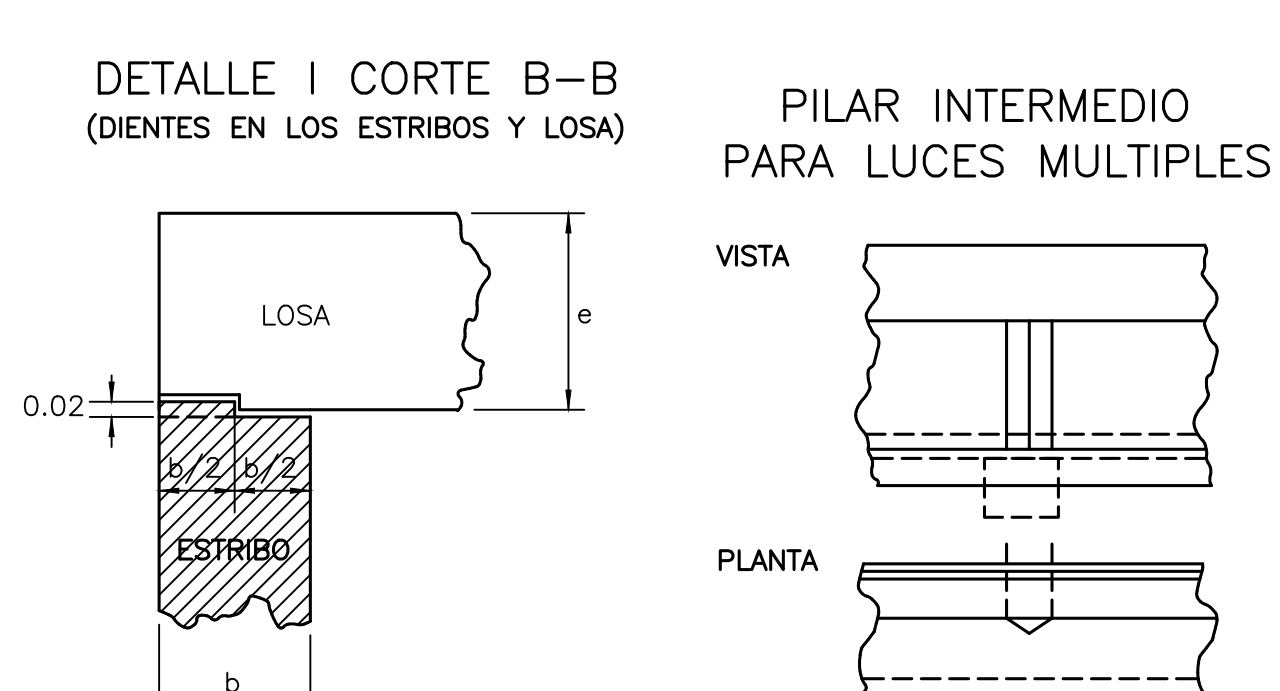
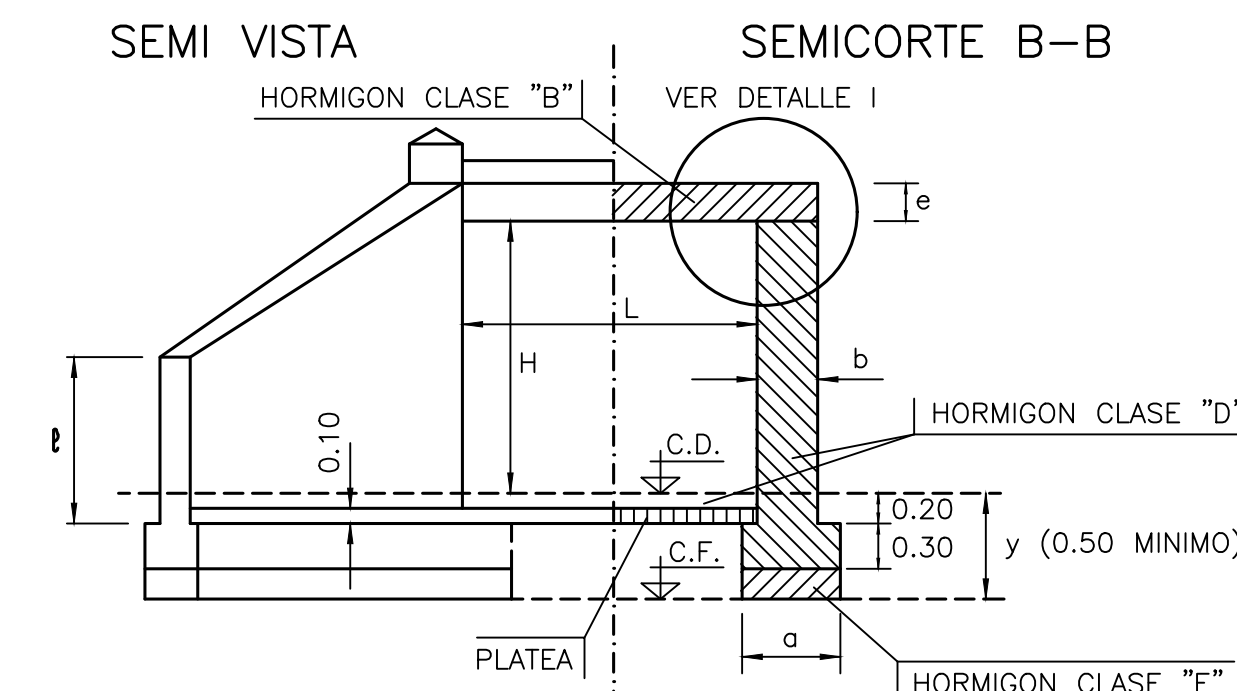
Director de Trabajo
Ing. Antonio Cereseto

Integrantes de la Cátedra
Ing. Pablo Martín
Ing. Gustavo Castro
Ing. Helvio Grili

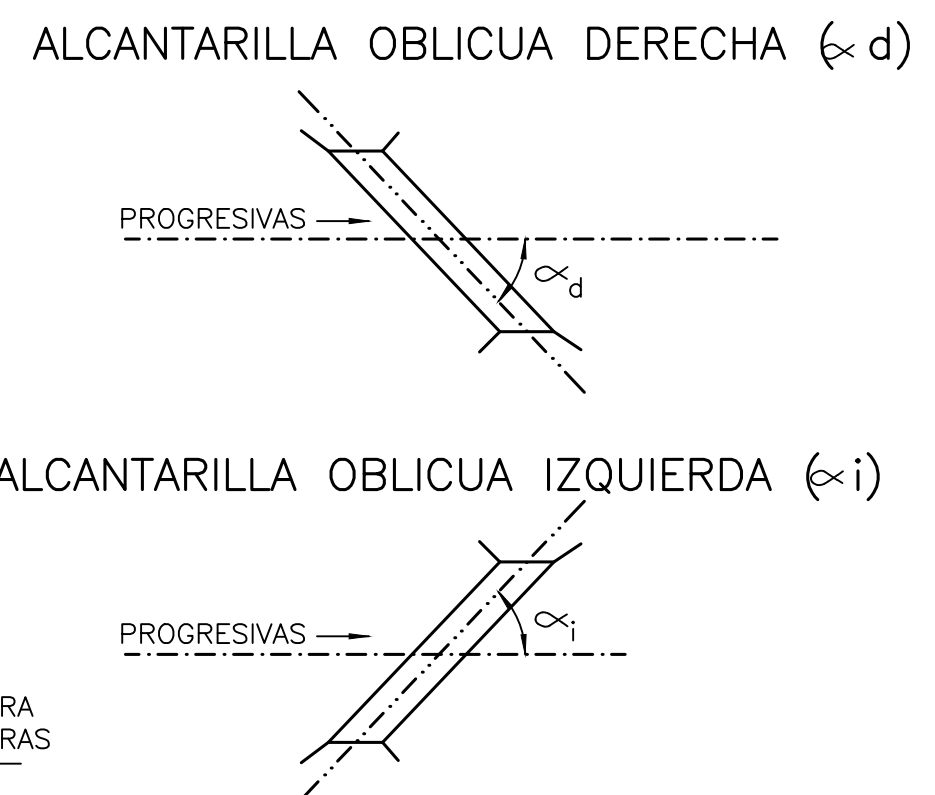
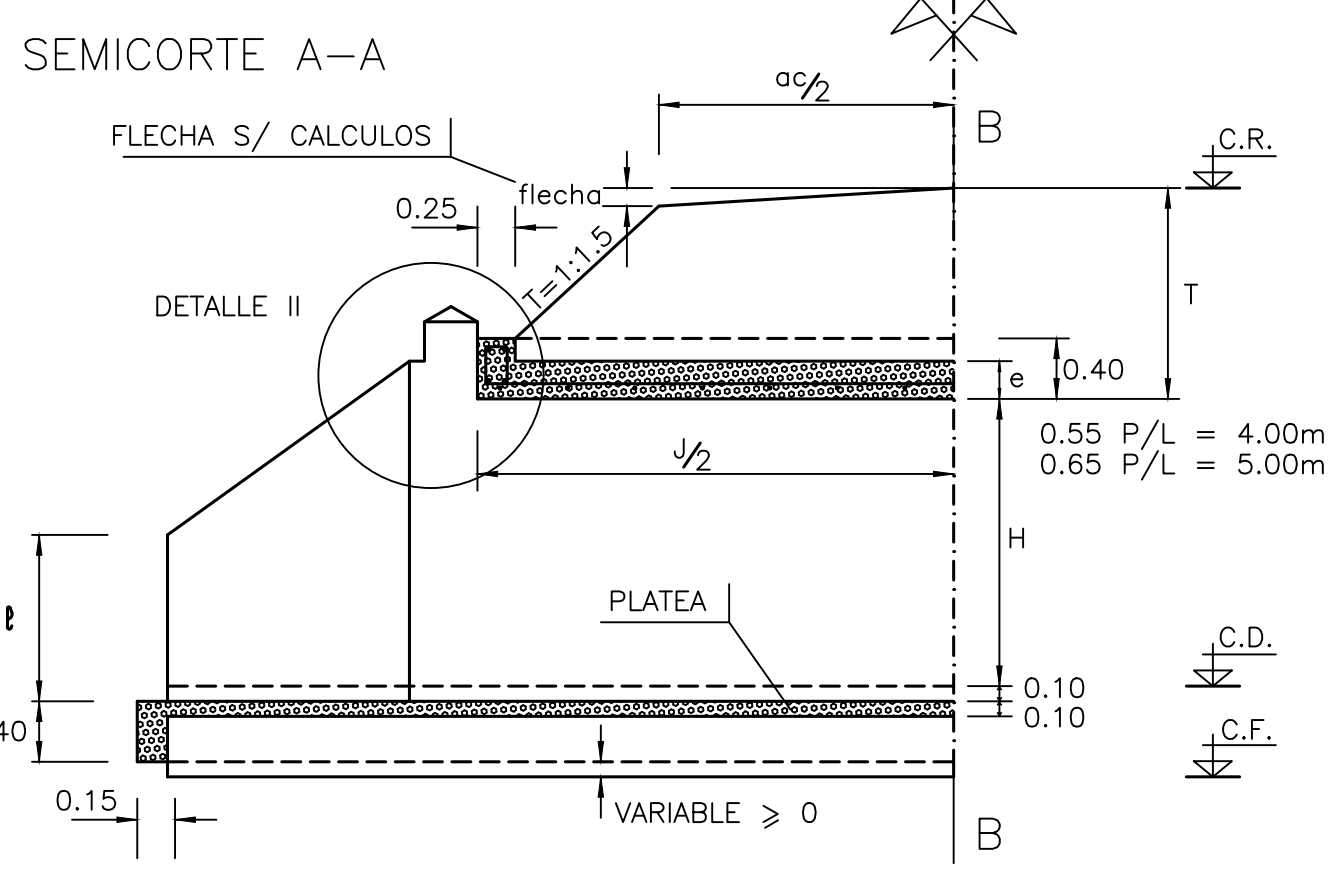
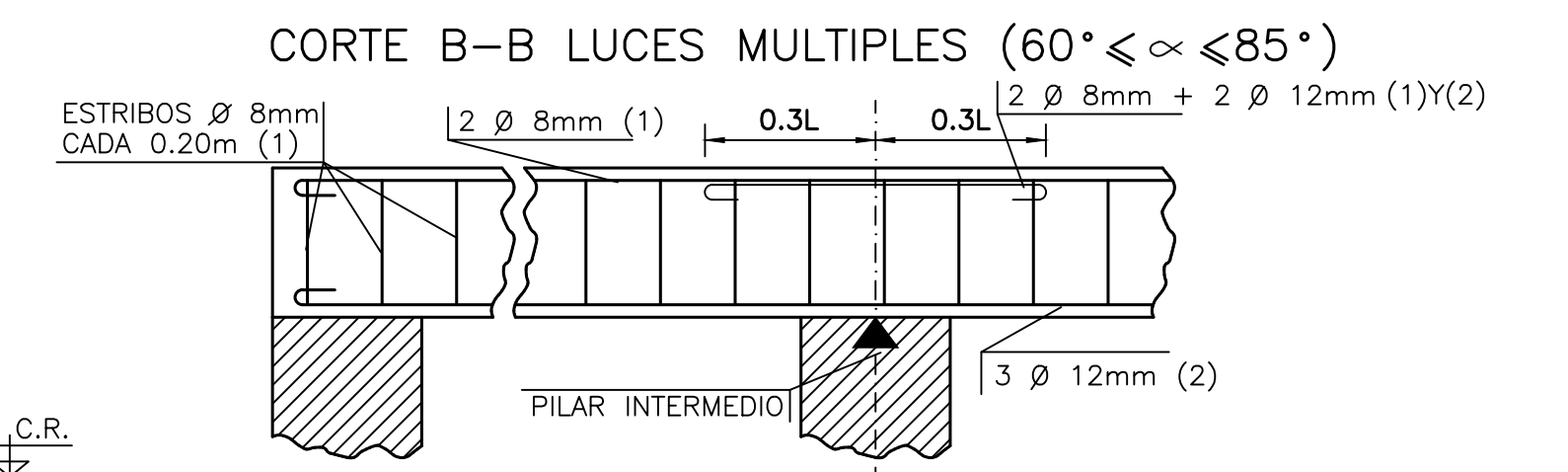
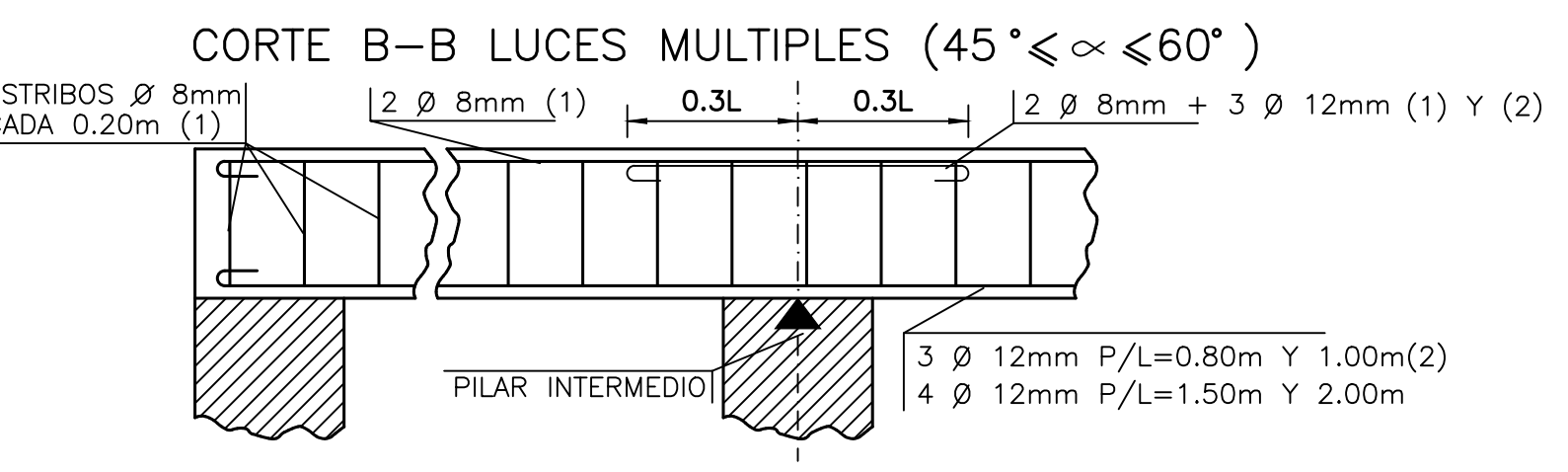
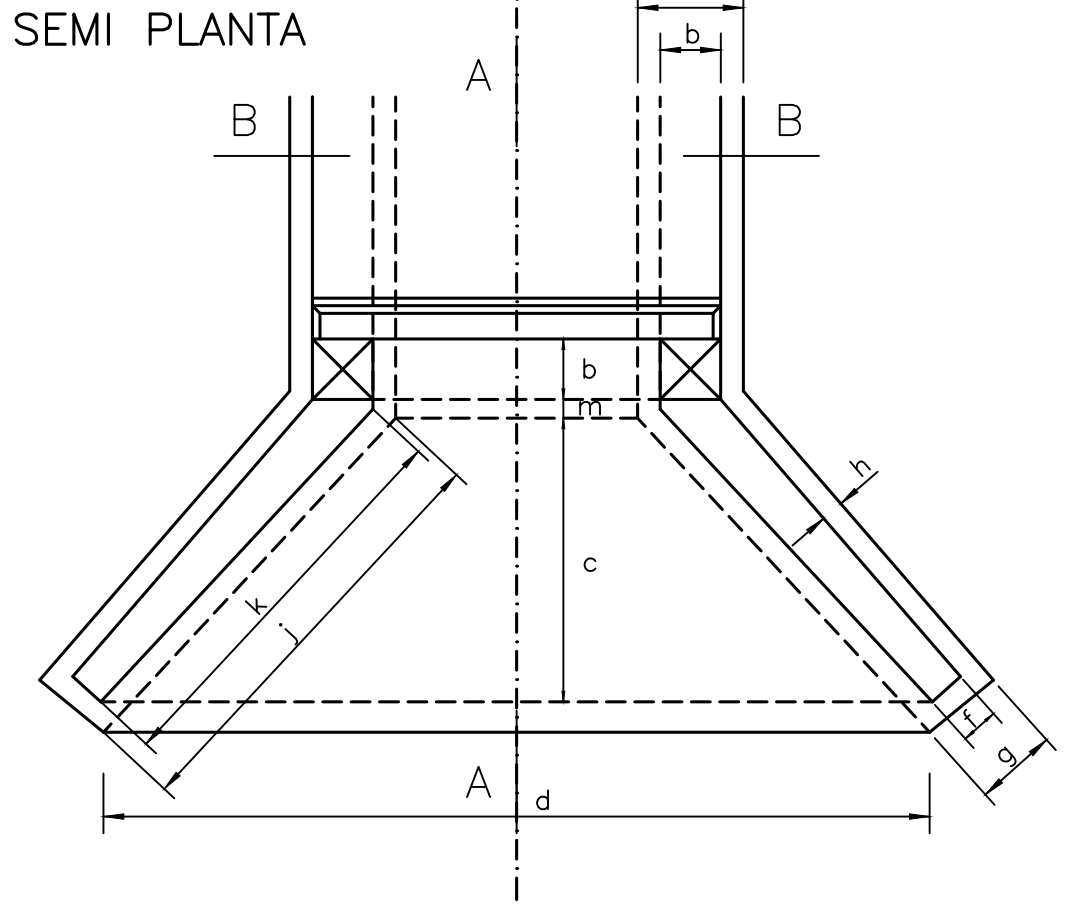
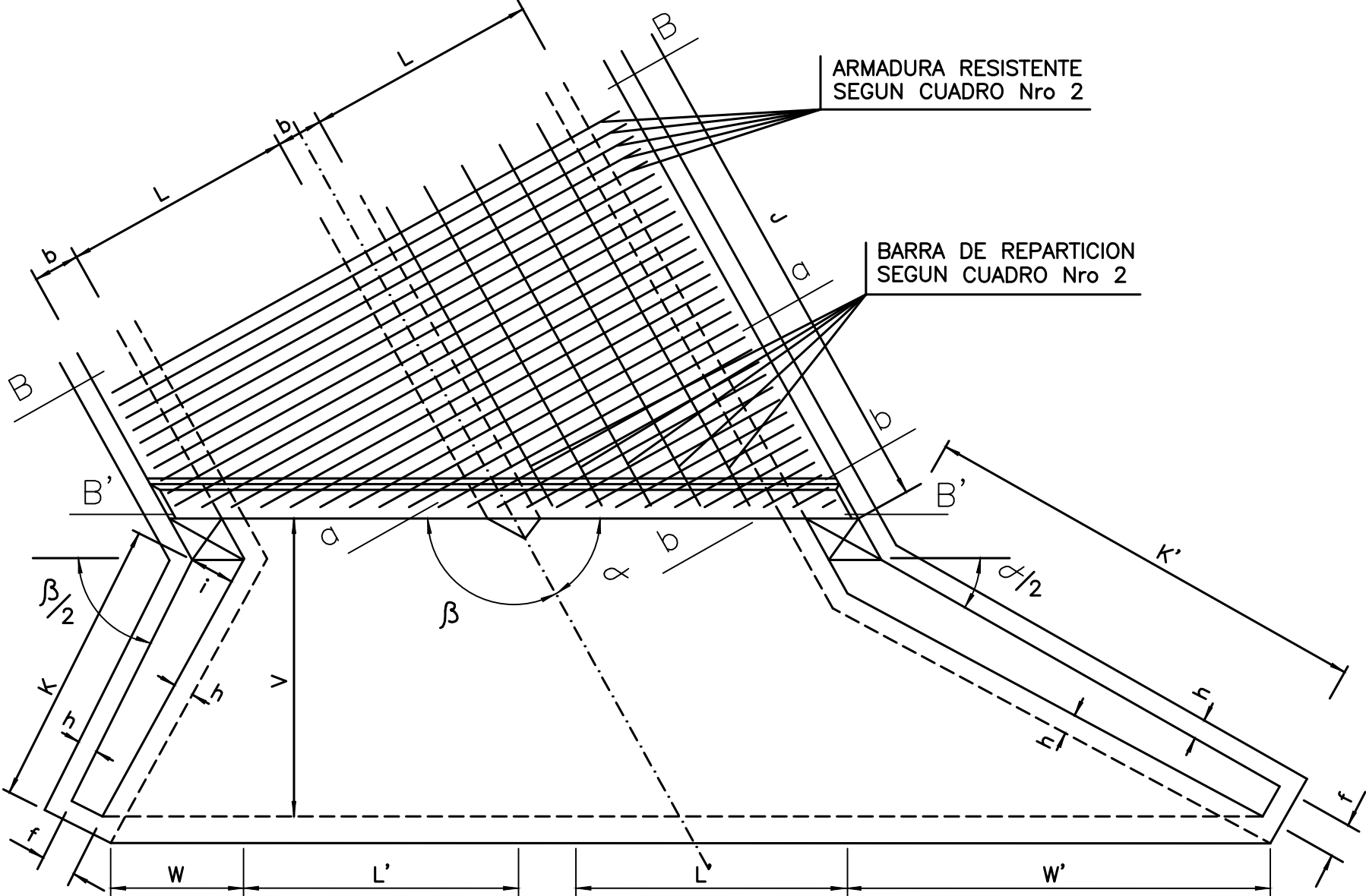
Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7
Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizarro
Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza
CARACTERÍSTICAS DE CUENCAS

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

Anexo 3-III. Plano de detalles alcantarilla O-41211-C



DISPOSICION DE ARMADURA DE ALCANTARILLA OBLICUA PARA VALORES DE α ENTRE 45° Y 85°



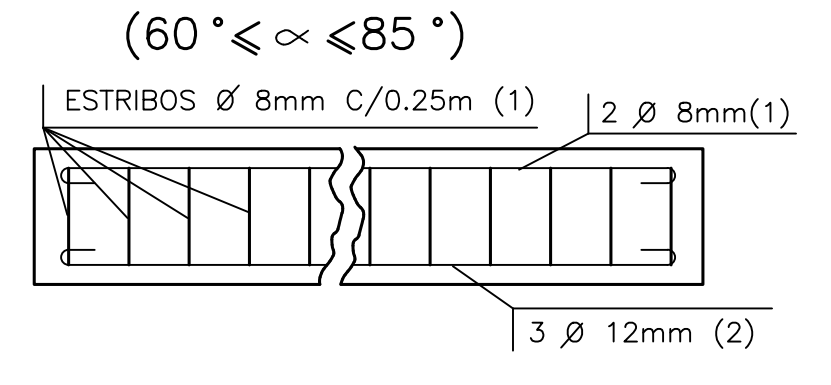
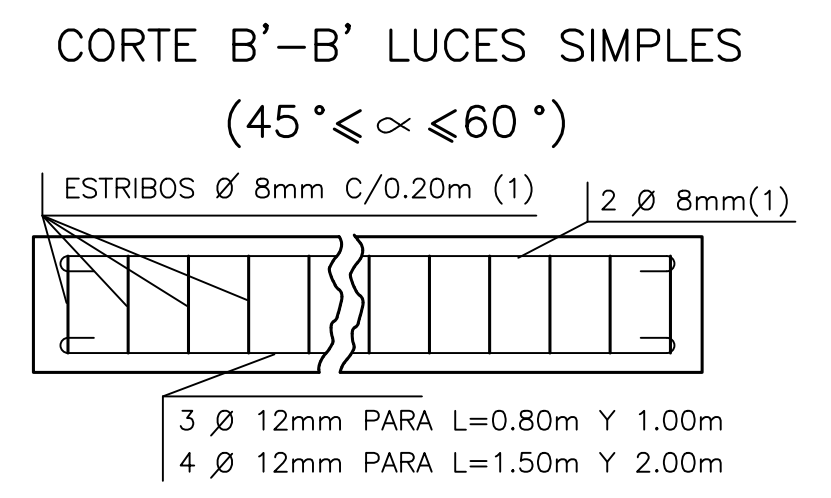
CUADRO Nro 1 ALCANTARILLA RECTA - DIMENSIONES. Table with columns for dimensions L, H, a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m.

CUADRO Nro 2 showing reinforcement specifications for different types of gutters and load conditions (e.g., PARA CAMION DE 9 TON., PARA APLANA-DORA).

CUADRO Nro 4 ALCANTARILLA OBLICUA - DIMENSIONES. Large table providing dimensions (F, L, H, E) and various coefficients (v, k', k, w, w') for different obliquity angles (45° to 85°) and heights (0.50m to 2.00m).

CUADRO Nro 3 ALCANTARILLA OBLICUA VALOR DE L' EN FUNCION DE α. Table showing the relationship between obliquity angle α and the required length L'.

DETALLE II CORTE A-A and ARMADURA DE LA LOSA SECCION B-B (CUADRO Nro 2) showing reinforcement details and the bar layout for the slab cross-section.



ESCALAS: SIN ESCALA. Table with columns for Alumnos, Director de Trabajo, and Integrantes de la Cátedra.

PROJECT INFORMATION: F.R.M. U.T.N. PROYECTO FINAL. Año 2023. Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7. Tramo: Empalme R.N. N° 40 - Aguas del Pizarro. Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza. PLANO TIPO ALCANTARILLA TIPO 0-41211-I- MODIFICADO.



Capítulo 4. Estudio de suelo

I. Descripción general

Siguiendo con el lineamiento del proyecto de autopista en la ruta nacional N°7 en el tramo comprendido entre RNN°40 y el ingreso al complejo aguas del Pizarro. Teniendo en cuenta que se tiene un corredor ya expropiado para la realización del camino, si el camino fuera nuevo el estudio está conectado con la definición del trazado, el diseño planimétrico y anteproyecto altimétrico (de rasante, que define zonas en terraplén y zonas en desmonte). Posteriormente, con el estudio geotécnico se confirma o se ajusta el proyecto planialtimétrico (se cambia trazado y/o rasante) y se sigue con el estudio de tránsito para el diseño de calzadas, pavimentos e intercambiadores de tránsito).

Para la realización del estudio se tuvo en cuenta las normas establecidas por la DNV en lo referido a normas de ensayos y procedimientos establecidos para extracción de muestras.

II. Metodología de estudio de suelo de la traza

Para la caracterización del suelo se procedió a realizar ensayos geotécnicos y se hicieron sondeos cada 700m aproximadamente, para ir determinando valores correspondientes al suelo, se muestra en la Tabla 13. Progresiva de calicatas la profundidad debajo de la cota de terreno natural que se llega.

Tabla 13. Progresiva de calicatas

Progresiva m	Profundidad m	Progresiva m	Profundidad m
700	1,3	8650	1,2
1210	1,3	9150	1,2
1700	1,2	9650	1,2
2000	1,25	10400	1,2
2700	1,2	11150	1,2
3200	1,2	11900	1,2
3650	1,2	12650	1,2
4100	1,25	13300	1,2
4600	1,2	14000	1,2
5150	1,2	14450	1,2
5700	1,2	15500	1,2
6200	1,2	16025	1,2
6700	1,2	16550	1,2
7150	1,2	17000	1,2
7600	1,2	17550	1,2
8150	1,2	18000	1,2

Los trabajos de campo en los estudios de suelos comenzaron con un reconocimiento preliminar de la zona para determinar condiciones generales. Teniendo la traza del camino tentativa se procede a la realización de calicatas, que son excavaciones que se realizan en el lugar por donde está planificada la carretera. Tienen como función poder realizar una inspección visual, para realizar perfiles, tomar muestras representativas para los ensayos de laboratorio, y también realizar ensayo in situ estas inspecciones se realizan en distintas posiciones, ya sea a la izquierda, centro o derecha del eje del camino en las distintas progresivas de dicho camino.

III. Resultados de ensayos

Las muestras que se tomaron son del tipo alteradas, y se utilizan para determinar:

- Granulometría (según norma VN-E7-65). Anexo 4-II. Análisis granulométrico.
- Contenido de sales (según norma VN-18-89)
- Equivalente de arena (según norma VN-10-82)
- Limite liquido (según norma VN-E2-65)
- Limite plástico, índice de plasticidad (según norma VN-E3-65)
- Compactación del suelo (según norma VN-E5-93)

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

- Valor Soporte Relativo (según norma VN-E6-84)

id	Prog. <i>m</i>	Clasificación		Limite Líquido	Limite Plástico	IP	Sales %	Densidad <i>Kg/dm³</i>	Humedad óptima %	CBR %
		HRB	IG							
1	700	A-4	6	23,7	16,9	6,8	-	1,820	17,1%	10 %
2	1210	A-1-a	0	20	15,1	4,9	1,5	2,179	8,3%	108 %
3	1700	A-1-a	0	21,9	17,1	4,8	-	2,217	8,3%	108 %
4	2000	A-1-a	0	18	14,3	3,7	2,5	2,229	8,3%	108 %
5	2700	A-1-a	0	20,3	15,4	4,9	-	2,225	8,3%	108 %
6	3200	A-4	5	20,9	15,7	5,2	-	1,846	16,0%	9,4 %
7	3650	A-4	8	27,6	17,7	9,9	-	1,890	14,8%	9,4 %
8	4100	A-4	4	28,1	18,3	9,8	0,25	1,825	15,7%	9,4 %
9	4600	A-4	4	27,3	17,6	9,7	0,3	1,825	15,7%	9,4 %
10	5150	A-4	2	-	-	-	1,2	1,91	12,8%	9,4 %
11	5700	A-4	2	-	-	-	1,2	1,91	12,8%	9,4 %
12	6200	A-4	8	28,5	18,5	10	-	1,846	16,0%	9,4 %
13	6700	A-4	8	28,6	18,7	9,9	-	1,846	16,0%	9,4 %
14	7150	A-2-4	0	23,5	15,6	7,9	-	1,903	12,6%	15 %
15	7600	A-2-4	0	24,8	16,8	8	-	2,139	8,2%	15 %
16	8150	A-2-4	0	17	12,7	4,3	-	2,137	10,0%	15 %
17	8650	A-2-4	0	18,8	14,7	4,1	-	2,097	10,0%	15 %
18	9150	A-2-4	1	31,2	19,9	11,3	-	2,094	10,0%	15 %
19	9650	A-2-4	1	30,9	19,5	11,4	-	2,13	12,0%	15 %
20	10400	A-4	8	31	20,8	10,2	-	1,82	18,2%	10 %
21	11150	A-4	8	30,9	21	9,9	-	1,86	17,1%	10 %
22	11900	A-4	5	25,1	18,1	7	-	1,87	16,8%	10 %
23	12650	A-4	5	24,9	17,8	7,1	-	2,03	16,7%	10 %
24	13300	A-2-4	0	-	-	-	-	2,139	8,9%	15 %
25	14000	A-2-4	0	-	-	-	-	2,137	9,5%	15 %
26	14450	A-1-a	0	20	14,6	5,4	-	2,208	7,0%	108 %
27	15500	A-1-a	0	22,5	17	5,5	-	2,221	7,0%	108 %
28	16025	A-1-a	0	21	15,6	5,4	-	2,225	7,0%	108 %
29	16550	A-2-4	0	-	-	-	-	1,903	12,6%	15 %
30	17000	A-2-4	0	-	-	-	-	1,903	12,5%	15 %
31	17550	A-1-b	0	-	-	-	-	2,196	7,6%	73 %
32	18000	A-1-b	0	-	-	-	-	2,159	7,6%	73 %

IV. Perfil edafológico

Con los resultados obtenidos de las planillas anteriores se procedió a la realización de un perfil edafológico que se encuentra en el Anexo 4-I. Perfil edafológico, en el cual se muestran los estratos de suelos y las variaciones que va teniendo en la traza.



V. Análisis de Resultados

a. Suelos

Los suelos obtenidos en el tramo de estudio son:

De progresiva +0 hasta +1000 tenemos un suelo de clasificación HRB A-4 que es un suelo limoso de plasticidad media (entre 5-9), con intercalaciones de un suelo tipo tosca en profundidades desde los 0,3m hasta 0,7m en progresiva 0-1000, a profundidades 0.15m hasta 1.2m en progresiva 1000-2700.

De progresiva +1000 hasta +3000 tenemos un suelo de clasificación HRB A-1-a que es un suelo de gravas y arenas con baja plasticidad (entre 3-5) que se encuentran hasta profundidades del orden de los 0,15m hasta los 0,45m en las progresivas finales.


De progresiva +3000 hasta +7000 tenemos un suelo de clasificación HRB A-4 que es un suelo limoso de plasticidad media (entre 5-9) en espesores que van desde los 0,4m en las progresivas 3000-4700, hasta profundidades que van hasta 1,2m en progresivas 4700-7000.

De progresiva +7000 hasta +10000 tenemos un suelo de clasificación HRB A-2-4 que es un suelo de gravas y arenas limosas con plasticidad baja (entre 4-6) que tiene profundidades que rondan desde la cota de terreno natural hasta 0,3-0,45m en algunos casos, con suelos limosos de clasificación A-4 y A-6 de plasticidad media (entre 5-9) hasta profundidades de 1,2m

De progresiva +10000 hasta +13000 tenemos un suelo de clasificación HRB A-4 que es un suelo limoso de plasticidad media (entre 5-8), desde la cota de terreno natural hasta profundidades de 1,2m en las progresivas iniciales 10000-13000 con ciertas variaciones del orden de grupo a partir de la progresiva 11500.

De progresiva +13000 hasta +14200 tenemos un suelo de clasificación HRB A-2-4 que es un suelo de gravas y arenas limosas, sin valores de plasticidad medibles, pero si se puede decir que se presenta en espesores que rondan los 0,3m, y encima de un estrato de características limosas que tiene una profundidad desde los 0,3m hasta 1,2m.

De progresiva +14200 hasta +16000 tenemos un suelo de clasificación HRB A-1-a que es un suelo de gravas y arenas con índices de plasticidad baja(entre 3-5), con espesores de estrato

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

que van desde la cota de terreno natural hasta los 0,3m de profundidad, y se encuentra encima de un estrato de características limosas con una clasificación A-4, donde los espesores rondan desde los 0.3m hasta 1.2m de profundidad desde la cota de terreno natural.

De progresiva +16000 hasta +17200 tenemos un suelo de clasificación HRB A-2-4 que es un suelo de gravas y arenas limosas que no poseen índices de plasticidad donde los espesores de estrato varían desde los 0,3m en las progresivas iniciales hasta los 0,55m en progresivas intermedias y que se encuentra encima de una capa de suelo limosas que se extiende desde las progresivas anteriores y se extiende hasta la progresiva 17.250.

De progresiva +17200 hasta +18000 tenemos un suelo de clasificación HRB A-1-b que es un suelo de gravas y arenas sin índice de plasticidad, donde el espesor va desde la cota de terreno natural hasta la profundidad de calicata que son 1,2m.

b. Sales

Observando los valores de la calicata realizada en la progresiva +2000 del contenido de sales es un valor muy alto para la estabilidad de los terraplenes y la durabilidad de los pavimentos ya que registra un contenido de sales totales superior a 1,5% y un contenido de sulfatos mayor a 0,5%. en caso de que esta situación se extendiera en varias progresivas se tendría que tomar algún tipo de medida correctiva para impedir el ascenso de sales que son perjudiciales para el paquete estructural, estas medidas podrían ser la colocación de un nylon negro de un espesor suficiente para impedir el ascenso capilar del agua.

c. Valor Soporte

Viendo los resultados obtenidos de CBR de las calicatas y realizando una comparativa entre CBR vs. Progresivas como se ven en la Figura 30. CBR vs. Progresivas, se puede observar una variedad de dispersión en los valores de CBR, teniendo en cuenta que por motivos técnicos y operacionales el paquete estructural del camino será desarrollado de forma única.



Figura 30. CBR vs. Progresivas


VI. Conclusión

Aclarando que el camino es de una categoría principal a nivel nacional, ya que es un corredor bioceánico que comunica el océano Pacífico con el océano Atlántico y por ende no podrá tener intervenciones a lo largo del año que produzcan pérdidas económicas es que se toma un valor soporte bastante conservador de magnitud 9%, siendo este un buen valor para una subrasante.

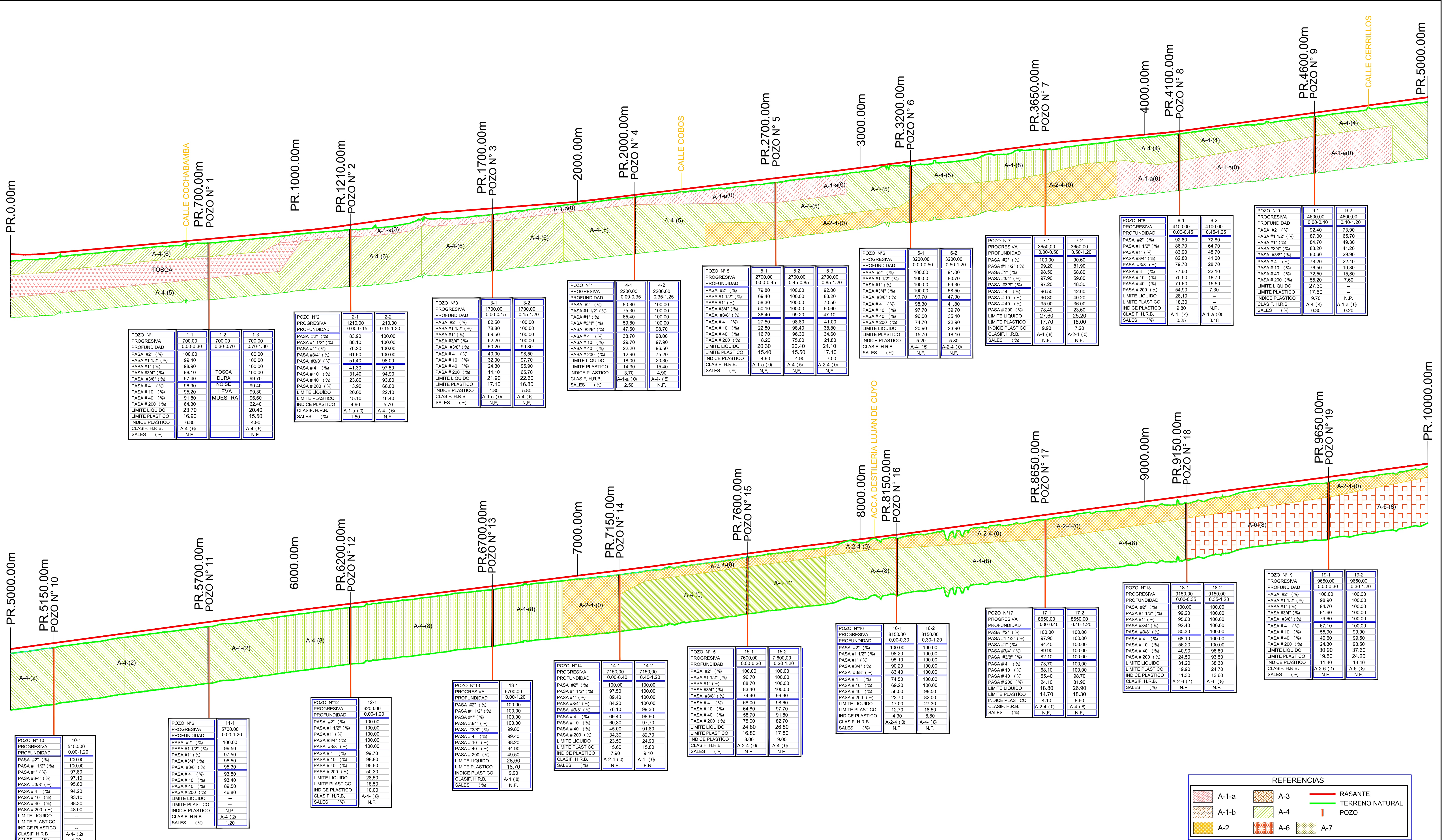
Observando los valores de los análisis se puede determinar en la traza del camino se cuenta con un suelo de buenas características para la realización del proyecto y que no es necesario medidas correctivas de incorporación de suelos seleccionados para mejoramiento del mismo.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

Anexos

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

Anexo 4-I. Perfil edafológico



POZO N°1		1-1	1-2	1-3
PROGRESIVA	700,00	700,00	700,00	700,00
PROFUNDIDAD	0,00-0,30	0,30-0,70	0,70-1,30	
PASA #2* (%)	100,00	100,00	100,00	
PASA #1 1/2* (%)	99,40	100,00	100,00	
PASA #3/4* (%)	98,90	100,00	100,00	
PASA #3/8* (%)	98,10	100,00	100,00	
PASA #4 (%)	97,40	99,70	99,70	
PASA #10 (%)	96,90	NO SE	99,40	
PASA #200 (%)	91,80	MUESTRA	96,60	
LIMITE LIQUIDO	64,30	62,40	62,40	
LIMITE PLASTICO	23,70	20,40	20,40	
INDICE PLASTICO	16,90	15,50	15,50	
CLASIF. H.R.B.	6,80	4,90	4,90	
SALES (%)	A-4 (6)	A-4 (5)	A-4 (5)	

POZO N°2		2-1	2-2
PROGRESIVA	1210,00	1210,00	1210,00
PROFUNDIDAD	0,00-0,15	0,15-1,30	
PASA #2* (%)	83,90	100,00	
PASA #1 1/2* (%)	80,10	100,00	
PASA #3/4* (%)	70,20	100,00	
PASA #3/8* (%)	61,90	100,00	
PASA #4 (%)	51,40	98,00	
PASA #10 (%)	41,30	97,50	
PASA #200 (%)	31,40	94,90	
LIMITE LIQUIDO	23,80	93,80	
LIMITE PLASTICO	13,90	66,00	
INDICE PLASTICO	20,00	22,10	
CLASIF. H.R.B.	15,10	16,40	
SALES (%)	A-1-a (0)	A-4 (5)	

POZO N°3		3-1	3-2
PROGRESIVA	1700,00	1700,00	1700,00
PROFUNDIDAD	0,00-0,15	0,15-1,20	
PASA #2* (%)	82,50	100,00	
PASA #1 1/2* (%)	78,80	100,00	
PASA #3/4* (%)	69,50	100,00	
PASA #3/8* (%)	62,20	100,00	
PASA #4 (%)	50,20	99,30	
PASA #10 (%)	40,00	98,50	
PASA #200 (%)	32,00	97,70	
LIMITE LIQUIDO	24,30	95,90	
LIMITE PLASTICO	14,10	65,70	
INDICE PLASTICO	20,30	22,60	
CLASIF. H.R.B.	15,40	15,50	
SALES (%)	4,90	4,90	

POZO N°4		4-1	4-2
PROGRESIVA	2200,00	2200,00	2200,00
PROFUNDIDAD	0,00-0,35	0,35-1,25	
PASA #2* (%)	80,80	100,00	
PASA #1 1/2* (%)	75,30	100,00	
PASA #3/4* (%)	65,40	100,00	
PASA #3/8* (%)	59,80	100,00	
PASA #4 (%)	47,60	98,70	
PASA #10 (%)	38,70	98,00	
PASA #200 (%)	29,70	97,90	
LIMITE LIQUIDO	22,20	96,50	
LIMITE PLASTICO	12,90	75,20	
INDICE PLASTICO	18,00	20,30	
CLASIF. H.R.B.	14,30	15,40	
SALES (%)	3,70	4,90	

POZO N°5		5-1	5-2	5-3
PROGRESIVA	2700,00	2700,00	2700,00	2700,00
PROFUNDIDAD	0,00-0,45	0,45-0,85	0,85-1,20	
PASA #2* (%)	79,80	100,00	92,00	
PASA #1 1/2* (%)	69,40	100,00	83,20	
PASA #3/4* (%)	58,30	100,00	70,50	
PASA #3/8* (%)	50,10	100,00	60,60	
PASA #4 (%)	42,80	75,00	21,80	
PASA #10 (%)	36,40	99,20	47,10	
PASA #200 (%)	27,50	98,80	41,00	
LIMITE LIQUIDO	22,80	98,40	38,80	
LIMITE PLASTICO	16,70	96,30	34,60	
INDICE PLASTICO	8,20	21,80	12,90	
CLASIF. H.R.B.	20,30	20,40	24,10	
SALES (%)	15,40	15,50	17,10	

POZO N°6		6-1	6-2
PROGRESIVA	3200,00	3200,00	3200,00
PROFUNDIDAD	0,00-0,50	0,50-1,20	
PASA #2* (%)	100,00	91,00	
PASA #1 1/2* (%)	100,00	80,70	
PASA #3/4* (%)	100,00	69,30	
PASA #3/8* (%)	99,70	47,90	
PASA #4 (%)	98,30	41,80	
PASA #10 (%)	97,70	39,70	
PASA #200 (%)	96,00	35,40	
LIMITE LIQUIDO	20,90	23,90	
LIMITE PLASTICO	15,70	18,10	
INDICE PLASTICO	5,20	5,90	
CLASIF. H.R.B.	A-4 (5)	A-2-4 (0)	
SALES (%)	N.F.	N.F.	

POZO N°7		7-1	7-2
PROGRESIVA	3650,00	3650,00	3650,00
PROFUNDIDAD	0,00-0,50	0,50-1,20	
PASA #2* (%)	100,00	90,60	
PASA #1 1/2* (%)	99,20	81,90	
PASA #3/4* (%)	98,50	68,80	
PASA #3/8* (%)	97,90	59,80	
PASA #4 (%)	97,20	49,30	
PASA #10 (%)	96,50	42,60	
PASA #200 (%)	95,00	36,00	
LIMITE LIQUIDO	78,40	23,60	
LIMITE PLASTICO	27,60	25,20	
INDICE PLASTICO	17,70	18,00	
CLASIF. H.R.B.	A-4 (8)	A-2-4 (0)	
SALES (%)	N.F.	N.F.	

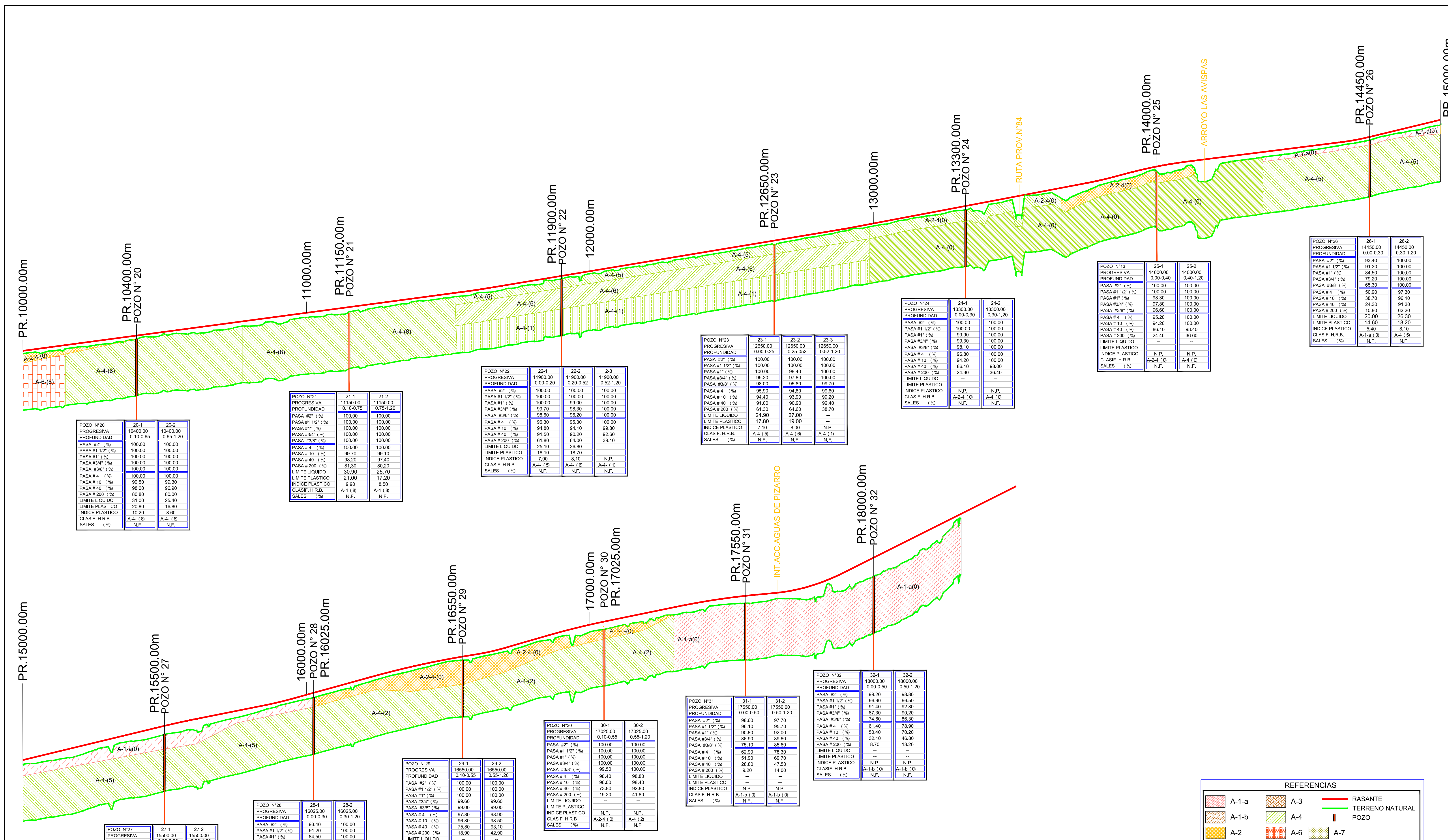
POZO N°8		8-1	8-2
PROGRESIVA	4100,00	4100,00	4100,00
PROFUNDIDAD	0,00-0,45	0,45-1,25	
PASA #2* (%)	92,80	72,80	
PASA #1 1/2* (%)	86,70	64,70	
PASA #3/4* (%)	83,90	48,70	
PASA #3/8* (%)	82,80	41,00	
PASA #4 (%)	79,70	28,70	
PASA #10 (%)	75,50	18,70	
PASA #200 (%)	71,60	15,50	
LIMITE LIQUIDO	54,90	7,30	
LIMITE PLASTICO	28,10	--	
INDICE PLASTICO	18,30	--	
CLASIF. H.R.B.	9,80	N.P.	
SALES (%)	A-4 (4)	A-1-a (0)	

POZO N°9		9-1	9-2
PROGRESIVA	4600,00	4600,00	4600,00
PROFUNDIDAD	0,00-0,40	0,40-1,20	
PASA #2* (%)	92,40	73,90	
PASA #1 1/2* (%)	87,00	65,70	
PASA #3/4* (%)	84,70	49,30	
PASA #3/8* (%)	83,20	41,20	
PASA #4 (%)	80,60	29,90	
PASA #10 (%)	78,20	22,40	
PASA #200 (%)	76,50	19,30	
LIMITE LIQUIDO	72,50	15,80	
LIMITE PLASTICO	55,20	7,60	
INDICE PLASTICO	17,60	--	
CLASIF. H.R.B.	9,70	N.P.	
SALES (%)	A-4 (4)	A-1-a (0)	

REFERENCIAS

- A-1-a (Hatched)
- A-1-b (Hatched)
- A-2 (Hatched)
- A-3 (Hatched)
- A-4 (Hatched)
- A-6 (Hatched)
- A-7 (Hatched)
- RASANTE (Red line)
- TERRENO NATURAL (Green line)
- POZO (Vertical line)

ESCALAS: SIN ESCALA		F.R.M. U.T.N.		PROYECTO FINAL		AÑO 2023
Alumnos		Director de Trabajo		Integrantes de la Cátedra		Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7 Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizarro Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza PERFIL EDFALÓGICO 1
Franco Faccio Maximiliano Olguin Gerónimo Sindoni Lenz		Ing. Antonio Cereseto		Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Grilli		



POZO N° 20	20-1	20-2
PROGRESIVA	10400.00	10400.00
PROFUNDIDAD	0.10-0.65	0.65-1.20
PASA #2* (%)	100.00	100.00
PASA #1 1/2* (%)	100.00	100.00
PASA #1* (%)	100.00	100.00
PASA #3/4* (%)	100.00	100.00
PASA #3/8* (%)	100.00	100.00
PASA #4 (%)	100.00	100.00
PASA #10 (%)	99.50	99.30
PASA #40 (%)	98.00	98.50
PASA #200 (%)	80.80	80.00
LIMITE LIQUIDO	31.00	25.40
LIMITE PLASTICO	20.80	16.80
INDICE PLASTICO	10.20	8.60
CLASIF. H.R.B.	A-4 (8)	A-4 (8)
SALES (%)	N.F.	N.F.

POZO N° 21	21-1	21-2
PROGRESIVA	11150.00	11150.00
PROFUNDIDAD	0.10-0.75	0.75-1.20
PASA #2* (%)	100.00	100.00
PASA #1 1/2* (%)	100.00	100.00
PASA #1* (%)	100.00	100.00
PASA #3/4* (%)	100.00	100.00
PASA #3/8* (%)	100.00	100.00
PASA #4 (%)	100.00	100.00
PASA #10 (%)	99.70	99.10
PASA #40 (%)	98.20	97.40
PASA #200 (%)	81.50	80.20
LIMITE LIQUIDO	30.90	25.70
LIMITE PLASTICO	21.00	17.20
INDICE PLASTICO	9.90	8.50
CLASIF. H.R.B.	A-4 (8)	A-4 (8)
SALES (%)	N.F.	N.F.

POZO N° 22	22-1	22-2	22-3
PROGRESIVA	11900.00	11900.00	11900.00
PROFUNDIDAD	0.00-0.20	0.20-0.52	0.52-1.20
PASA #2* (%)	100.00	100.00	100.00
PASA #1 1/2* (%)	100.00	100.00	100.00
PASA #1* (%)	100.00	99.00	100.00
PASA #3/4* (%)	99.70	98.30	100.00
PASA #3/8* (%)	98.60	96.20	100.00
PASA #4 (%)	96.30	95.30	100.00
PASA #10 (%)	94.80	94.10	99.80
PASA #40 (%)	91.50	90.20	92.80
PASA #200 (%)	81.80	84.00	88.10
LIMITE LIQUIDO	25.10	26.80	--
LIMITE PLASTICO	18.10	18.70	--
INDICE PLASTICO	7.00	8.10	N.P.
CLASIF. H.R.B.	A-4 (8)	A-4 (8)	A-4 (1)
SALES (%)	N.F.	N.F.	N.F.

POZO N° 23	23-1	23-2	23-3
PROGRESIVA	12650.00	12650.00	12650.00
PROFUNDIDAD	0.00-0.25	0.25-0.52	0.52-1.20
PASA #2* (%)	100.00	100.00	100.00
PASA #1 1/2* (%)	100.00	100.00	100.00
PASA #1* (%)	100.00	97.80	100.00
PASA #3/4* (%)	99.20	97.80	100.00
PASA #3/8* (%)	98.00	95.80	99.70
PASA #4 (%)	95.90	94.80	99.60
PASA #10 (%)	94.40	93.90	99.20
PASA #40 (%)	91.00	90.90	92.40
PASA #200 (%)	81.30	80.30	84.60
LIMITE LIQUIDO	24.90	27.00	--
LIMITE PLASTICO	17.80	19.00	--
INDICE PLASTICO	7.10	8.00	N.P.
CLASIF. H.R.B.	A-4 (8)	A-4 (8)	A-4 (1)
SALES (%)	N.F.	N.F.	N.F.

POZO N° 24	24-1	24-2
PROGRESIVA	13300.00	13300.00
PROFUNDIDAD	0.00-0.30	0.30-1.20
PASA #2* (%)	100.00	100.00
PASA #1 1/2* (%)	100.00	100.00
PASA #1* (%)	99.90	100.00
PASA #3/4* (%)	99.30	100.00
PASA #3/8* (%)	98.10	100.00
PASA #4 (%)	96.80	100.00
PASA #10 (%)	94.20	100.00
PASA #40 (%)	86.10	98.00
PASA #200 (%)	24.30	36.40
LIMITE LIQUIDO	--	--
LIMITE PLASTICO	--	--
INDICE PLASTICO	N.P.	N.P.
CLASIF. H.R.B.	A-2-4 (0)	A-4 (0)
SALES (%)	N.F.	N.F.

POZO N° 25	25-1	25-2
PROGRESIVA	14000.00	14000.00
PROFUNDIDAD	0.00-0.40	0.40-1.20
PASA #2* (%)	100.00	100.00
PASA #1 1/2* (%)	100.00	100.00
PASA #1* (%)	98.30	100.00
PASA #3/4* (%)	97.80	100.00
PASA #3/8* (%)	96.60	100.00
PASA #4 (%)	95.20	100.00
PASA #10 (%)	94.20	100.00
PASA #40 (%)	86.10	98.40
PASA #200 (%)	24.40	36.60
LIMITE LIQUIDO	--	--
LIMITE PLASTICO	--	--
INDICE PLASTICO	N.P.	N.P.
CLASIF. H.R.B.	A-2-4 (0)	A-4 (0)
SALES (%)	N.F.	N.F.

POZO N° 26	26-1	26-2
PROGRESIVA	14450.00	14450.00
PROFUNDIDAD	0.00-0.30	0.30-1.20
PASA #2* (%)	93.40	100.00
PASA #1 1/2* (%)	91.30	100.00
PASA #1* (%)	84.50	100.00
PASA #3/4* (%)	79.20	100.00
PASA #3/8* (%)	65.30	100.00
PASA #4 (%)	50.90	97.30
PASA #10 (%)	38.70	96.10
PASA #40 (%)	24.30	91.30
PASA #200 (%)	10.80	62.20
LIMITE LIQUIDO	20.00	26.30
LIMITE PLASTICO	14.60	18.20
INDICE PLASTICO	5.40	8.10
CLASIF. H.R.B.	A-1-a (0)	A-4 (8)
SALES (%)	N.F.	N.F.

REFERENCIAS		

ESCALAS: SIN ESCALA		
Alumnos	Director de Trabajo	Integrantes de la Cátedra
Franco Faccio Maximiliano Olguin Gerónimo Sindoni Lenz	Ing. Antonio Cereseto	Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Grilli

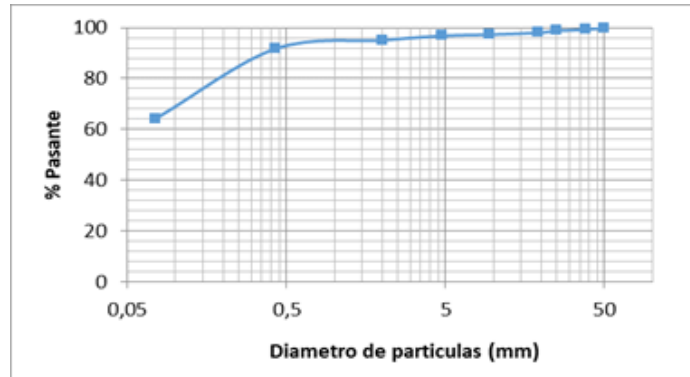
F.R.M. U.T.N.	PROYECTO FINAL	AÑO 2023
Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7		
Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizarro		
Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza		
PERFIL EDAFOLÓGICO 2		



Anexo 4-II. Análisis granulométrico.

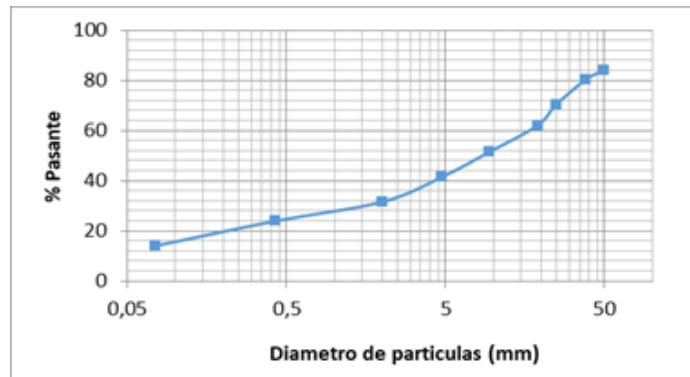
- Calicata N°1 - Progresiva 700

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	99,40
1"	25	98,90
3/4"	19	98,10
3/8"	9,5	97,40
N°4	4,75	96,90
N°10	2	95,20
N°40	0,425	91,80
N°200	0,075	64,30



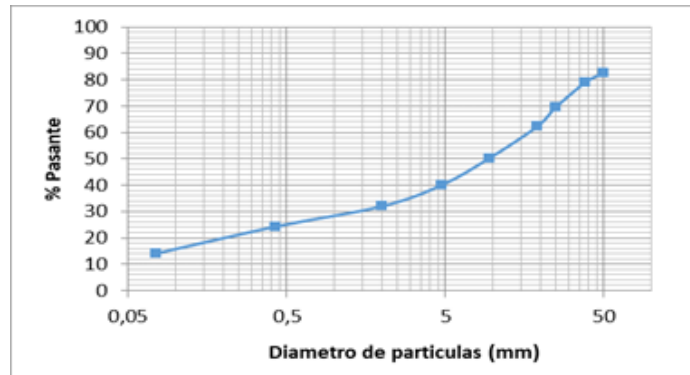
- Calicata N°2 - Progresiva 1210

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	83,90
1 1/2"	38,1	80,10
1"	25	70,20
3/4"	19	61,90
3/8"	9,5	51,40
N°4	4,75	41,30
N°10	2	31,40
N°40	0,425	23,80
N°200	0,075	13,90



- Calicata N°3 - Progresiva 1700

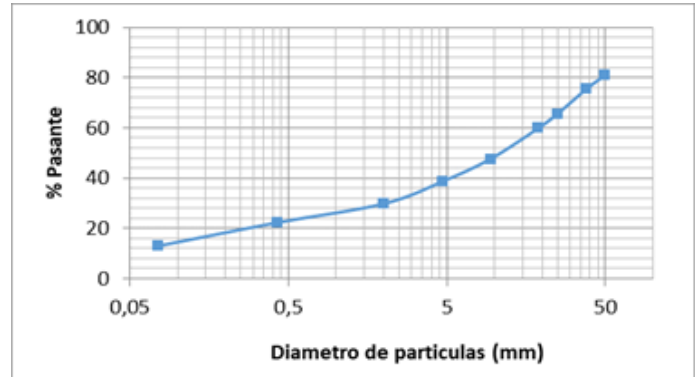
TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	82,50
1 1/2"	38,1	78,80
1"	25	69,50
3/4"	19	62,20
3/8"	9,5	50,20
N°4	4,75	40,00
N°10	2	32,00
N°40	0,425	24,30
N°200	0,075	14,10





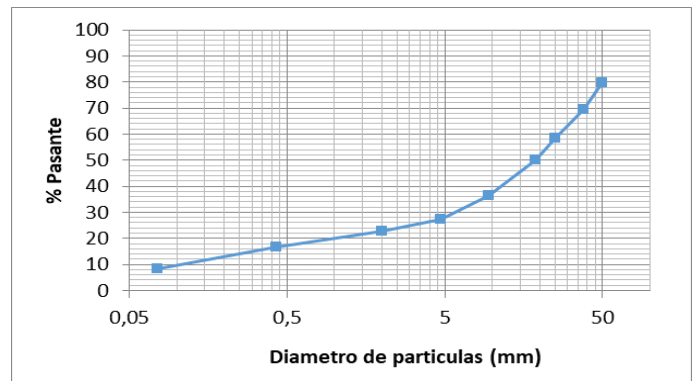
- Calicata N°4 – Progresiva 2000

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	80,80
1 1/2"	38,1	75,30
1"	25	65,40
3/4"	19	59,80
3/8"	9,5	47,60
N°4	4,75	38,70
N°10	2	29,70
N°40	0,425	22,20
N°200	0,075	12,90



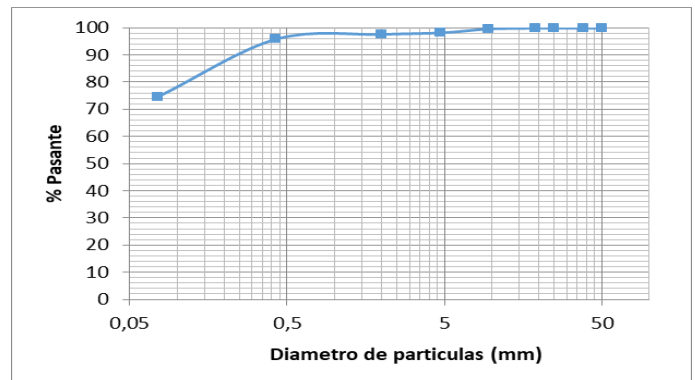
- Calicata N°5 – Progresiva 2700

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	79,80
1 1/2"	38,1	69,40
1"	25	58,30
3/4"	19	50,10
3/8"	9,5	36,40
N°4	4,75	27,50
N°10	2	22,80
N°40	0,425	16,70
N°200	0,075	8,20



- Calicata N°6 – Progresiva 3200

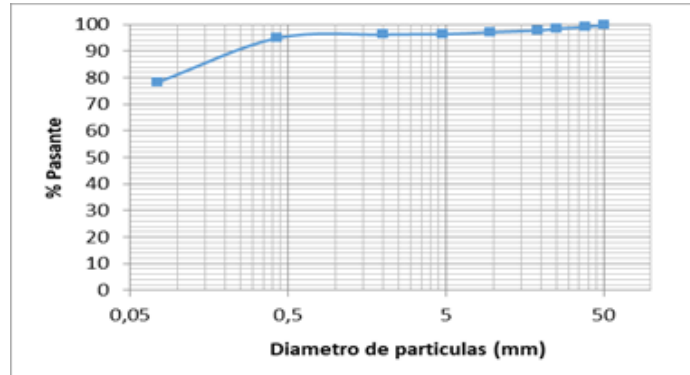
TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	100,00
1"	25	100,00
3/4"	19	100,00
3/8"	9,5	99,70
N°4	4,75	98,30
N°10	2	97,70
N°40	0,425	96,00
N°200	0,075	74,70





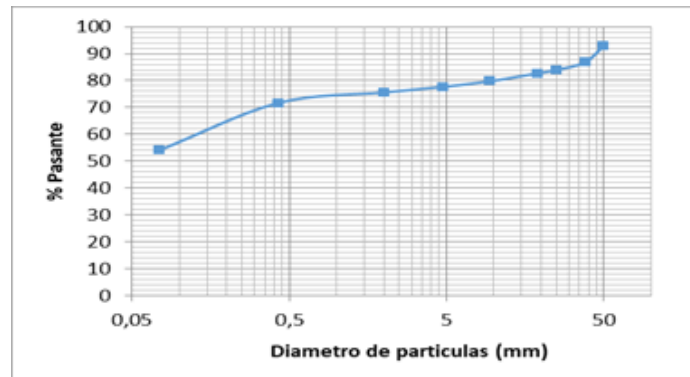
- Calicata N°7 – Progresiva 3650

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	99,20
1"	25	98,50
3/4"	19	97,90
3/8"	9,5	97,20
N°4	4,75	96,50
N°10	2	96,30
N°40	0,425	95,00
N°200	0,075	78,40



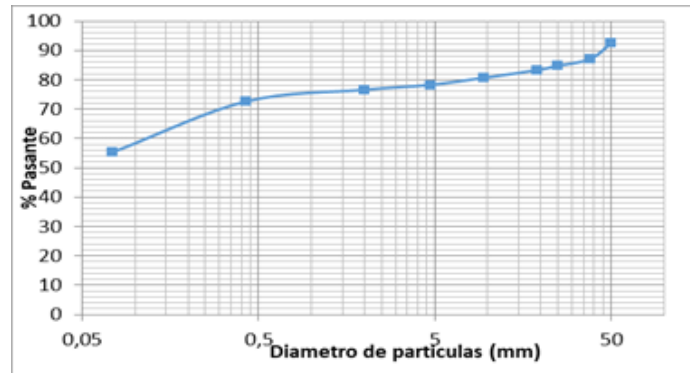
- Calicata N°8 – Progresiva 4100

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	92,80
1 1/2"	38,1	86,70
1"	25	83,90
3/4"	19	82,60
3/8"	9,5	79,70
N°4	4,75	77,60
N°10	2	75,50
N°40	0,425	71,60
N°200	0,075	54,00



- Calicata N°9 – Progresiva 4600

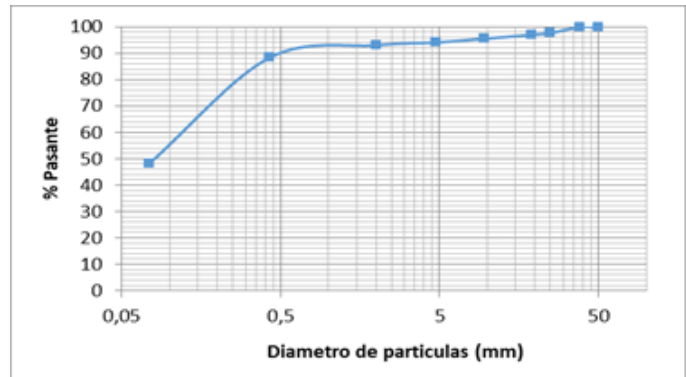
TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	92,40
1 1/2"	38,1	87,00
1"	25	84,70
3/4"	19	83,20
3/8"	9,5	80,60
N°4	4,75	78,20
N°10	2	76,50
N°40	0,425	72,50
N°200	0,075	55,20





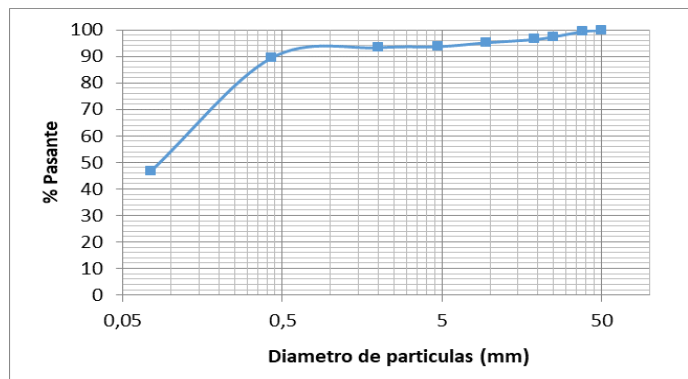
- Calicata N°10 – Progresiva 5150

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	100,00
1"	25	97,80
3/4"	19	97,10
3/8"	9,5	95,60
N°4	4,75	94,20
N°10	2	93,10
N°40	0,425	88,30
N°200	0,075	48,00



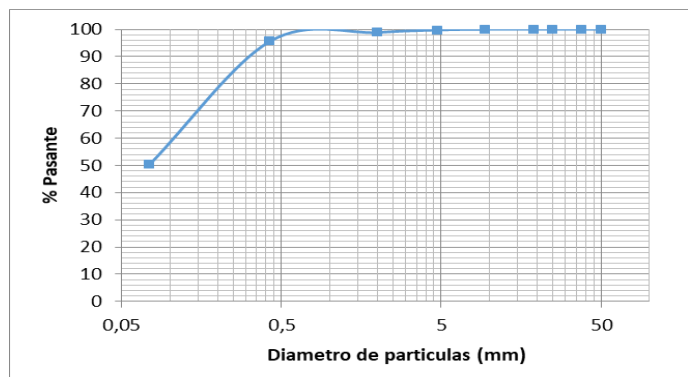
- Calicata N°11 – Progresiva 5700

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	99,50
1"	25	97,50
3/4"	19	96,50
3/8"	9,5	95,30
N°4	4,75	93,80
N°10	2	93,40
N°40	0,425	89,50
N°200	0,075	46,80



- Calicata N°12 – Progresiva 6200

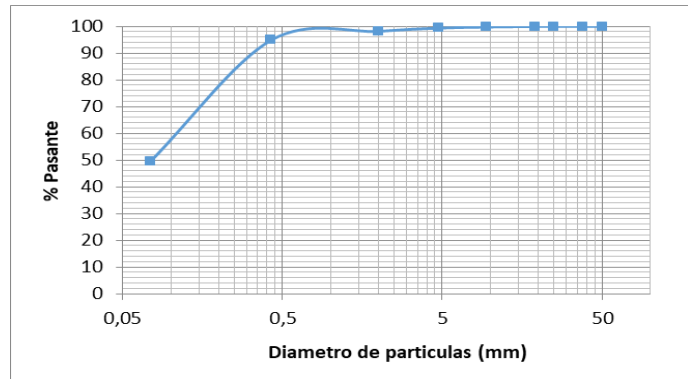
TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	100,00
1"	25	100,00
3/4"	19	100,00
3/8"	9,5	100,00
N°4	4,75	99,70
N°10	2	98,80
N°40	0,425	95,60
N°200	0,075	50,30





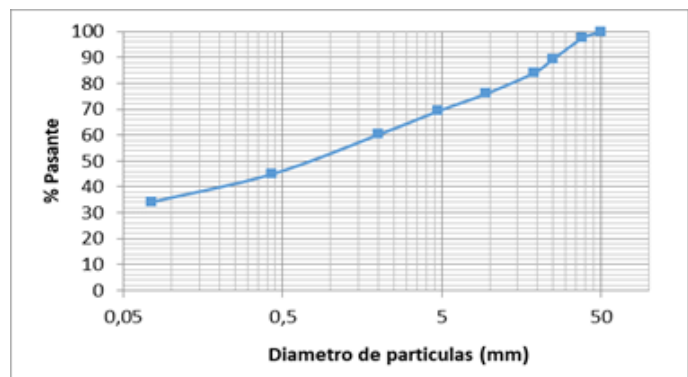
- Calicata N°123 – Progresiva 6700

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	100,00
1"	25	100,00
3/4"	19	100,00
3/8"	9,5	99,80
N°4	4,75	99,40
N°10	2	98,20
N°40	0,425	94,90
N°200	0,075	49,50



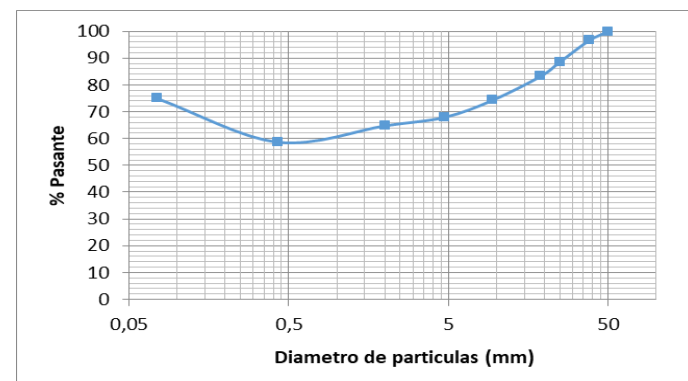
- Calicata N°14 – Progresiva 7100

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	97,50
1"	25	89,40
3/4"	19	84,20
3/8"	9,5	76,10
N°4	4,75	69,40
N°10	2	60,30
N°40	0,425	45,00
N°200	0,075	34,30



- Calicata N°15 – Progresiva 7600

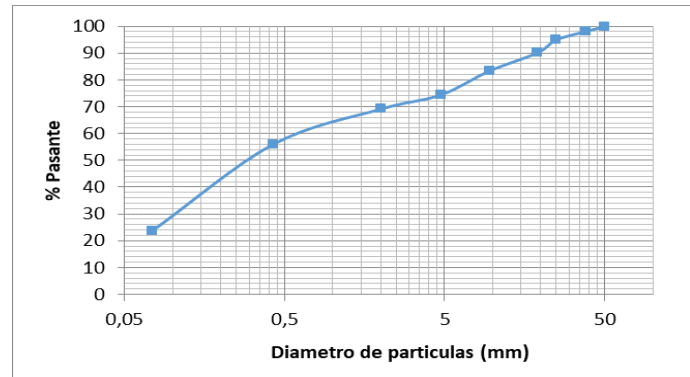
TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	96,70
1"	25	88,70
3/4"	19	83,40
3/8"	9,5	74,40
N°4	4,75	68,00
N°10	2	64,80
N°40	0,425	58,70
N°200	0,075	75,00





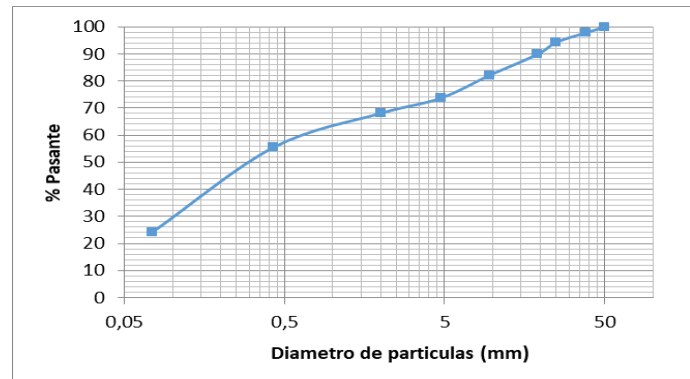
- Calicata N°16 – Progresiva 8150

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	98,20
1"	25	95,10
3/4"	19	90,20
3/8"	9,5	83,40
N°4	4,75	74,50
N°10	2	69,20
N°40	0,425	56,00
N°200	0,075	23,70



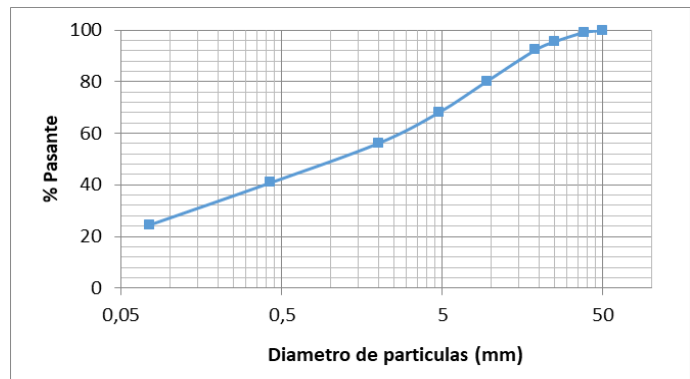
- Calicata N°17 – Progresiva 8650

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	97,90
1"	25	94,40
3/4"	19	89,90
3/8"	9,5	82,10
N°4	4,75	73,70
N°10	2	68,10
N°40	0,425	55,40
N°200	0,075	24,10



- Calicata N°18 – Progresiva 9150

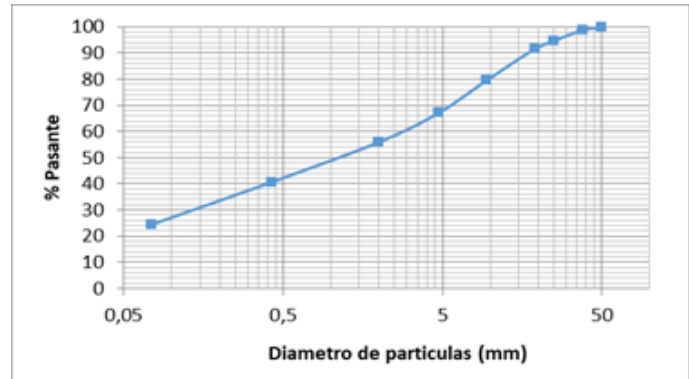
TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	99,20
1"	25	95,60
3/4"	19	92,40
3/8"	9,5	80,30
N°4	4,75	68,10
N°10	2	56,20
N°40	0,425	40,90
N°200	0,075	24,50





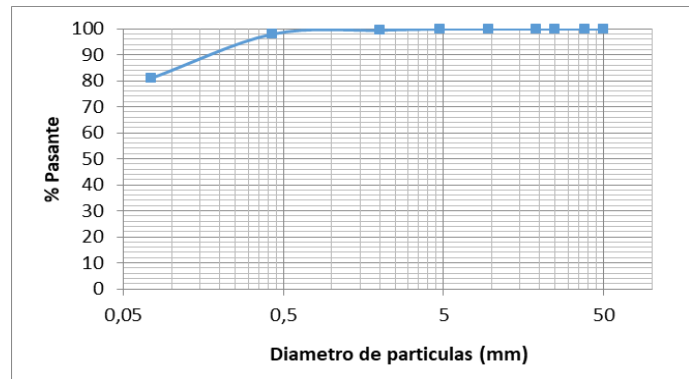
- Calicata N°19 – Progresiva 9150

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	98,90
1"	25	94,70
3/4"	19	91,60
3/8"	9,5	79,60
N°4	4,75	67,10
N°10	2	55,90
N°40	0,425	40,60
N°200	0,075	24,30



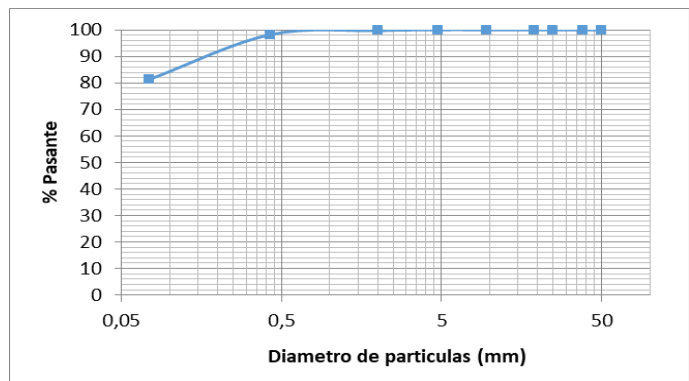
- Calicata N°20 – Progresiva 9150

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	100,00
1"	25	100,00
3/4"	19	100,00
3/8"	9,5	100,00
N°4	4,75	100,00
N°10	2	99,50
N°40	0,425	98,00
N°200	0,075	80,80



- Calicata N°21 – Progresiva 9150

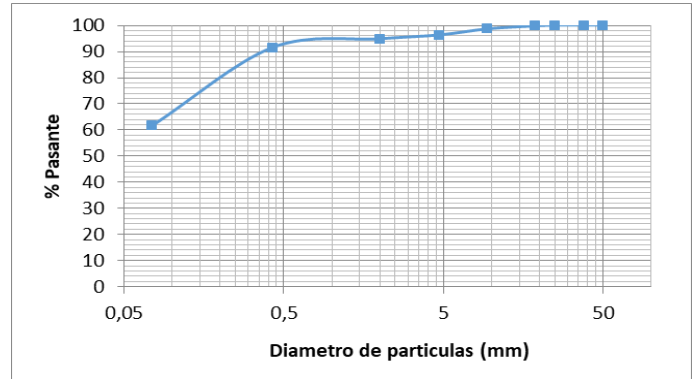
TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	100,00
1"	25	100,00
3/4"	19	100,00
3/8"	9,5	100,00
N°4	4,75	100,00
N°10	2	99,70
N°40	0,425	98,20
N°200	0,075	81,30





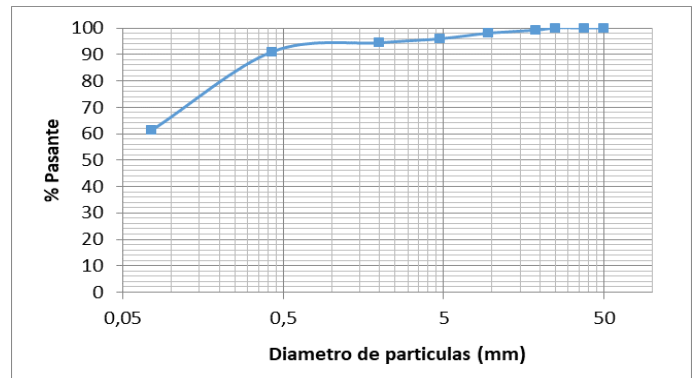
- Calicata N°22 – Progresiva 11900

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	100,00
1"	25	100,00
3/4"	19	99,70
3/8"	9,5	98,60
N°4	4,75	96,30
N°10	2	94,80
N°40	0,425	91,50
N°200	0,075	61,80



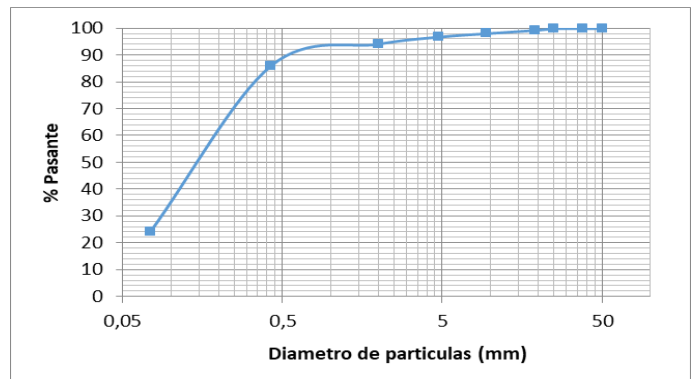
- Calicata N°23 – Progresiva 12650

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	100,00
1"	25	100,00
3/4"	19	99,20
3/8"	9,5	98,00
N°4	4,75	95,90
N°10	2	94,40
N°40	0,425	91,00
N°200	0,075	61,30



- Calicata N°24 – Progresiva 13300

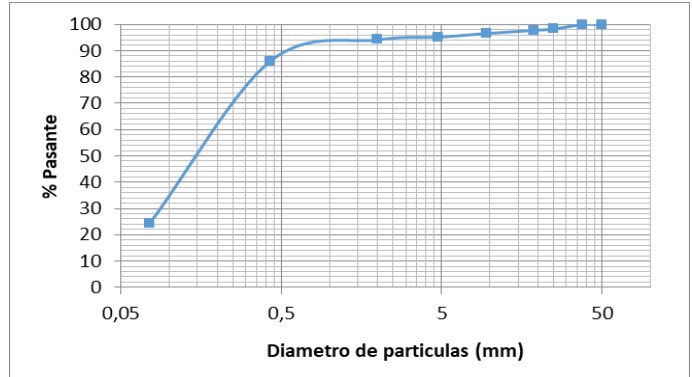
TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	100,00
1"	25	99,90
3/4"	19	99,30
3/8"	9,5	98,10
N°4	4,75	96,80
N°10	2	94,20
N°40	0,425	86,10
N°200	0,075	24,30





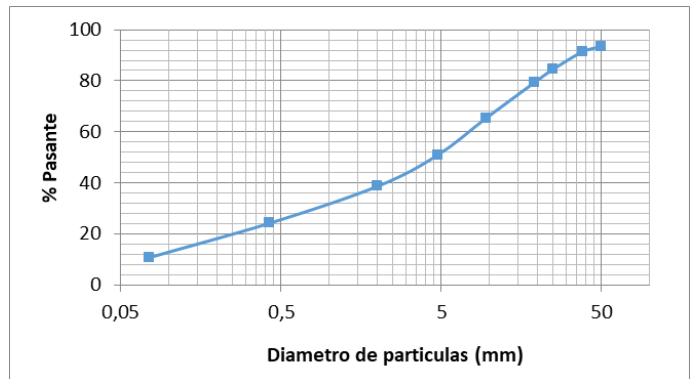
- Calicata N°25 – Progresiva 14000

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	100,00
1"	25	98,30
3/4"	19	97,80
3/8"	9,5	96,60
N°4	4,75	95,20
N°10	2	94,20
N°40	0,425	86,10
N°200	0,075	24,40



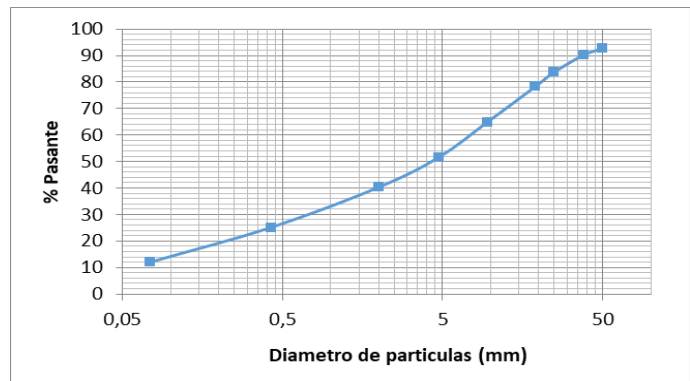
- Calicata N°26 – Progresiva 14450

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	93,40
1 1/2"	38,1	91,30
1"	25	84,50
3/4"	19	79,20
3/8"	9,5	65,30
N°4	4,75	50,90
N°10	2	38,70
N°40	0,425	24,30
N°200	0,075	10,80



- Calicata N°27 – Progresiva 15000

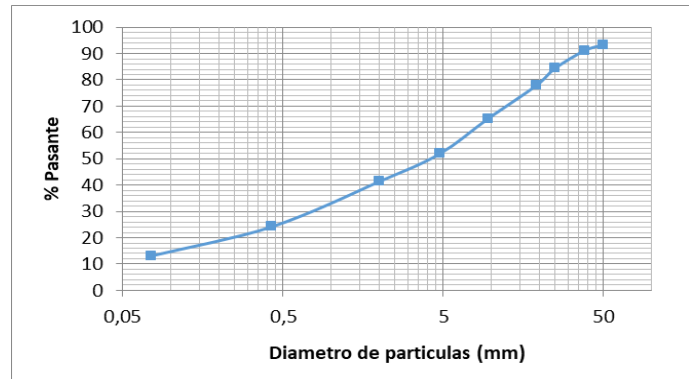
TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	92,70
1 1/2"	38,1	90,20
1"	25	83,80
3/4"	19	78,30
3/8"	9,5	64,80
N°4	4,75	51,60
N°10	2	40,30
N°40	0,425	25,10
N°200	0,075	12,00





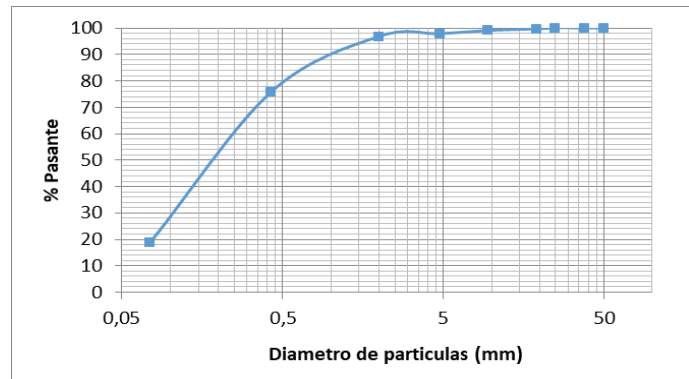
- Calicata N°28 – Progresiva 16025

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	93,40
1 1/2"	38,1	91,20
1"	25	84,50
3/4"	19	77,90
3/8"	9,5	65,30
N°4	4,75	52,00
N°10	2	41,50
N°40	0,425	24,30
N°200	0,075	13,20



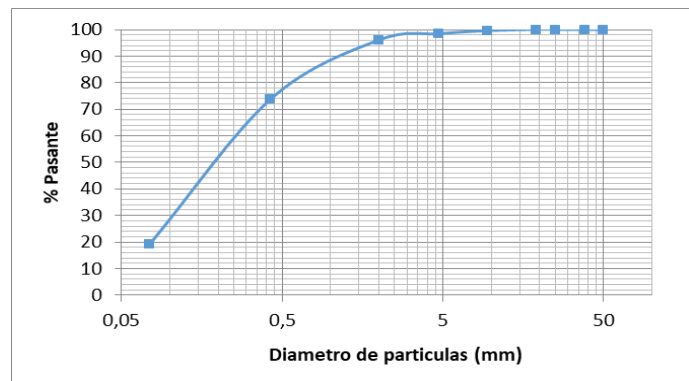
- Calicata N°29 – Progresiva 16550

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	100,00
1"	25	100,00
3/4"	19	99,60
3/8"	9,5	99,00
N°4	4,75	97,80
N°10	2	96,80
N°40	0,425	75,80
N°200	0,075	18,90



- Calicata N°30 – Progresiva 17000

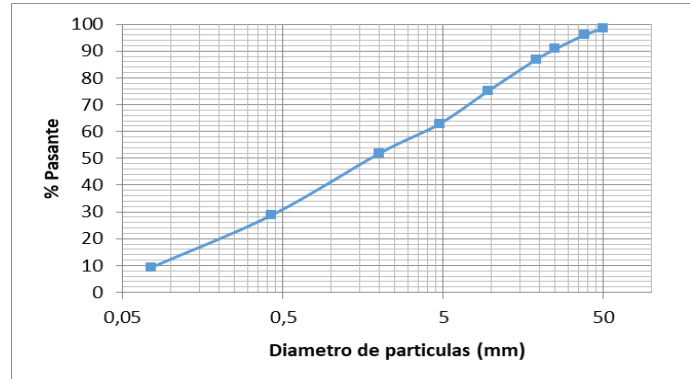
TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	100,00
1 1/2"	38,1	100,00
1"	25	100,00
3/4"	19	100,00
3/8"	9,5	99,50
N°4	4,75	98,40
N°10	2	96,00
N°40	0,425	73,80
N°200	0,075	19,20





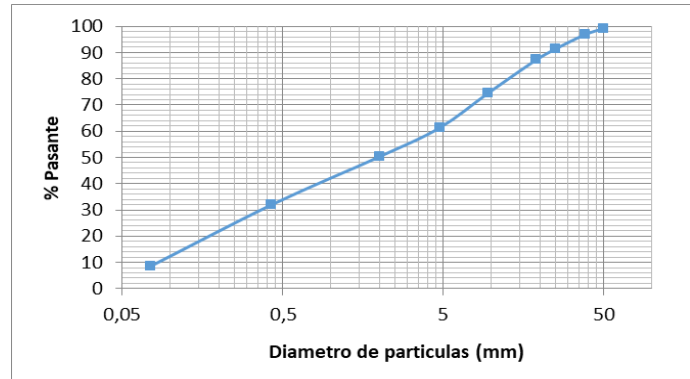
- Calicata N°31 – Progresiva 17550

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	98,60
1 1/2"	38,1	96,10
1"	25	90,80
3/4"	19	86,90
3/8"	9,5	75,10
N°4	4,75	62,90
N°10	2	51,90
N°40	0,425	28,80
N°200	0,075	9,20



- Calicata N°32 – Progresiva 18000

TAMIZ	Diámetro de partículas retenidas (mm)	% Pasante
2"	50	99,20
1 1/2"	38,1	96,90
1"	25	91,40
3/4"	19	87,30
3/8"	9,5	74,60
N°4	4,75	61,40
N°10	2	50,40
N°40	0,425	32,10
N°200	0,075	8,70





Capítulo 5. Diseño de Pavimento

I. Descripción general

En el presente capítulo se desarrollará el procedimiento para la realización del cálculo del paquete estructural de la obra que comprende la realización de autopista en la ruta N°7 en el tramo comprendido entre RNN°40 y el ingreso al complejo privado aguas del Pizarro.

Para el diseño utilizaremos el método AASHTO 93, en la realidad, sobre el pavimento actúan diferentes tipos de cargas vehiculares, en él se simplifica la composición vehicular a un número de ejes equivalentes que producen el mismo efecto destructivo que el que produce la composición real. La simplificación consiste en reemplazar el espectro real de cargas que se estima que solicitará al pavimento durante el período de servicio (por ejemplo: 20 años) por una cantidad de aplicaciones de una carga particular (por ejemplo: una de 18.000 libras = 8,160 ton) aplicada N veces.

De acuerdo a estudios de comportamiento y de deterioro de pavimentos, se considera que el deterioro producido por las acciones del espectro real de cargas sobre el pavimento es semejante al deterioro que provocaría la reiteración de la carga de referencia una cantidad de N veces (el número de ejes equivalentes).

II. Determinación de ejes equivalentes

Para la determinación de los ejes equivalente se requieren datos obtenidos en el estudio del tránsito que se replicaran a continuación para tener una noción de los valores obtenidos y aclarando que para el diseño se realizó una proyección a 20 años en la cual se obtuvieron estos valores para los dos tramos.

Para estimar la cantidad de vehículos que se obtienen aplicando las tasas de crecimiento en los periodos marcados, se utilizó la Ecuación 5.1 básica de crecimiento futuro, al igual que en el capítulo II:

$$T_f = T_i (1 + i)^n$$

Ecuación 5.1



Dónde:

- Tf = tránsito final
- Ti= tránsito inicial
- i= tasa de crecimiento anual, se adoptó en el apartado I-E del presente capítulo
- n= periodo en años, se adopta 1 año de para la realización del proyecto, 2 años para la construcción y 18 años de servicio, según se recomienda en las normas de diseño de DNV.

Con el fin de organizar la información necesaria, se vuelven a traer las tablas del capítulo II, para la proyección de crecimiento para este capítulo y lo podemos encontrar en el Anexo 5-I. Proyección de crecimiento de vehículos.

El estudio de tránsito se realizó en dos tramos, el primero comprendido entre la intersección RNN°40-ingreso destilería y el segundo ingreso destilería-Potrerillos.

Luego de obtener el valor del TMDA, aclarando que se utilizara el valor más desfavorable de ambos tramos, esto se da para el primer tramo y aclarando en los dos tramos se utilizara el mismo paquete estructural ,esto se podría se podría argumentar prediciendo un crecimiento del parque petroquímico de Luján de cuyo, y por ende este crecimiento incluir mayor cantidad de refinados de petróleo saliendo por el corredor bioceánico hacia el océano pacifico que aumentaría la cantidad de vehículos en el segundo tramo.

Otros datos necesarios para el cálculo de ejes equivalentes son la composición vehicular que se toma la obtenida del tramo más desfavorable:

- Liviano 63,9%
- Bus de 2 ejes 0,6%
- Bus de 3 ejes 1%
- Camión sin acoplado 8,2%
- Ómnibus de corta distancia 0,70%
- Camión con acoplado CA1 0,3%
- Camión con acoplado CA2 1,9%
- Camión con acoplado CA3 0,3%

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

- Camión con semirremolque SE1 1,2%
- Camión con semirremolque SE2 9%
- Camión con semirremolque SE3 10,10%
- Camión con semirremolque SE4 2,6%

El reparto por sentido es de 50-50, estos datos son importantes al momento de unificar la cantidad de ejes cargados en uno solo para poder determinar los espesores del paquete estructural.

Tabla 14. Determinación de N° de ejes

ANÁLISIS ESTRUCTURAL POR METODOLOGIA AASHTO93			
CÁLCULO TRANSITO EN CARRIL DE DISEÑO			
TMDA ₀ (veh/día):	9314	Tránsito carril de diseño (veh/día):	4657
Direccionalidad:	0,5	i=	2%
Factor carril:	1	Autopista (2+2) valor medio adoptado	Vida Útil: 20 años
COMPOSICION DE TRANSITO CARGADO			
% Tránsito con carga máxima Ley 24.449 (CARGADOS):			100%
% Tránsito con carga entre Tara y Ley 24.449 (CARGA MEDIA):			0%

Nota 1: Se destacan las cargas máximas por eje que han debido ser reducidas para cumplir con la carga máxima total por vehículo de 45 tn según la Ley 24.449.

Nota 2: Los Ómnibus de 2, 3 y 4 ejes se asimilan a Camión 11, poniendo el cálculo del lado de la seguridad.



Categoría	%	Cant.	Vehículos 100% carga	Vehículos 50 % carga	Cargas por eje (tn)													
					1 tn	2,5 tn	6,0 tn	9,7 tn	10,5 tn	14,2 tn	18 tn	21 tn	25,5 tn					
Automóvil	43,9%	2044	2044	0	4089													
Camioneta	20,0%	931	931	0	931													
Camión 11	8,2%	382	382	0		382				382								
Camión 12	1,7%	79	79	0		79					79							
Camión 111	1,2%	56	56	0		56				112								
Camión 112	9,0%	419	419	0		419				419		419						
Camión 113	10,1%	470	470	0		470				470								470
Camión 123	2,6%	121	121	0		121					121		121					
Camión 11-11	0,3%	14	14	0		14				28								
Camión 11-12	1,9%	88	88	0		88				177								
Camión 12-12	0,9%	42	42	0		42				42		42						

Sumatorias **1,00** **4.648**

EJES POR DIA:

5020	931	1672	0	1630	42	619	121	470
------	-----	------	---	------	----	-----	-----	-----

TIPO DE EJE:

1	1	1	1	1	2	2	3	3
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

EJES EN EL PRIMER AÑO:

Ejes en 20 años
LEF (de tablas)

1.832.390	339.961	610.230	-	594.932	15.298	226.074	44.195	171.680
45.412.697	8.425.361	15.123.524	-	14.744.382	379.141	5.602.865	1.095.297	4.254.807
0,0002	0,008	0,274		3,09	0,7430	2,10	0,8420	1,97

Ejes Equivalentes de 8.2 tn

9.083	67.403	4.143.845	-	45.545.397	281.702	11.777.223	922.240	8.364.951
71.111.844								

% participación en E18

0,0%	0,1%	5,8%	0,0%	64,0%	0,4%	16,6%	1,3%	11,8%
------	------	------	------	-------	------	-------	------	-------



III. Diseño de pavimentos

Procediendo con el diseño de pavimentos por el método (AASTHO, 1993) y para el diseño de los espesores necesarios hay que conocer y adoptar ciertos parámetros que se utilizan en la metodología del diseño.

a. Numero estructural

A partir de la iteración de la Ecuación 5.2, que se utiliza en el método, se obtiene el valor del número estructural.

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN+1) - 0.20 + \frac{\log(\Delta PSI)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{1.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Ecuación 5.2

Luego determinar los espesores de las capas a partir de la Ecuación 5.3, donde también tiene otros parámetros que se deben conocer y/o adoptar:

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

Ecuación 5.3

Donde:

- Módulos resilientes:

El módulo resiliente de la subrasante se calculará a partir de la Ecuación 5.4, tomada del método aplicado y el valor de CBR es el obtenido del estudio de suelo.

$$MR_{subrasante} = 2000 * CBR (psi)$$

Ecuación 5.4

Reemplazando el valor de nuestro CBR del estudio de suelo, tenemos que el valor del módulo resiliente de la subrasante es de 18.000 psi.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Los valores de módulo resiliente de subbase y base se obtienen a partir de suponer un CBR de 80% y con el ábaco que proporciona el método para bases y subbase granulares no tratadas que se muestra en Anexo 5-II. Coeficientes estructurales y Módulos Resilientes.

- Subbase MR=130.000Psi
- Base MR=270.000Psi

b. Ejes equivalentes de 8n2 tn

El valor tomado es el obtenido a partir del cálculo que se realizó en la sección II del presente capítulo, dicho valor es igual a 71.111.844 ejes de 8,2 Tn

c. Confiabilidad y desvío estándar de las variables

Teniendo en cuenta que la confiabilidad para un camino de tipo ruta interestatal o autopista en zona rural es de 80-99%, el valor adoptado será el inferior, igual a 80%, esta confiabilidad esta argumentada en que los errores en las predicciones en la carga del tránsito pueden variar, ya que en zonas aledañas a el arroyo las avispas se encuentran localizadas algunas canteras de ripios, caso de los camiones que transportan ripio en algunas ocasiones no respetan este valor máximo por vehículo de 45 tn según la ley 24.449.

El valor asociado a la confiabilidad adoptada es $z=0,85$, con una desviación estándar de 0,45 para pavimentos flexibles donde la variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.

d. Pérdida de servicio a través del tiempo

El método recomienda por tratarse de pavimentos flexibles un serviciabilidad inicial igual a 4,2

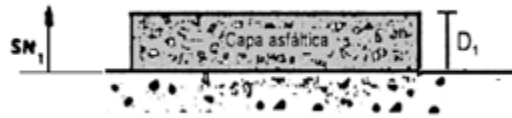
Para la serviciabilidad final por tratarse de una autopista interurbana un valor de 2,5.

e. Cálculo de espesores de capa

Para el cálculo de los espesores correspondiente nos ayudaremos a través de software AASHTO 93, que nos permite desarrollar la ecuación de iteración Ecuación 5.2.

- Espesor de la capa de rodamiento :

En el espesor de esta capa se involucran valores respecto al apoyo de la capa a calcular, donde el MR que se utiliza es el de la base.



Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento:
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):
 80 % Zr=-0.841 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.5

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 270000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:
 Calcular SN **W18 = 71111844**
 Calcular W18

Número Estructural:
SN = 1.63

Botones: **Calcular** Salir

Figura 31. AASHTO 93 – Capa de rodamiento

Reemplazando valores correspondientes en la Ecuación 5.3, tenemos que:

$$SN_1 = a_1 D_1 \rightarrow D_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{1.63}{0.42} = D_1 = 3.88" = 9.85 \text{ cm}$$

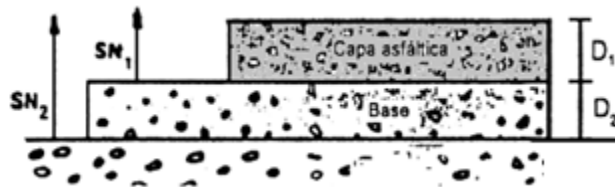
Se adopta $D_1 = 10 \text{ cm}$, entonces el SN_1 adoptado = 1,65

El espesor de la capa de rodamiento es de 10 cm. Como esos espesores en general no se ejecutan en una sola capa, habrá que establecer una capa de base de concreto asfáltico de un espesor y una capa de rodamiento de concreto asfáltico de otro espesor.

En este caso se adopta una capa base de concreto asfáltico de 7 cm y una capa de rodamiento de concreto asfáltico de 3 cm de espesor.

- Espesor de la base:

En el espesor de esta capa se involucran valores respecto al apoyo de la capa a calcular, donde el MR que se utiliza es el de la subbase.



Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 80 % Zr=-0.841 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial 4.2 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante: Mr 130000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - [Cd]

Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular W18

W18 = 71111844

Número Estructural: SN = 2.18

Calcular Salir

Figura 32. AASHTO 93 – Base

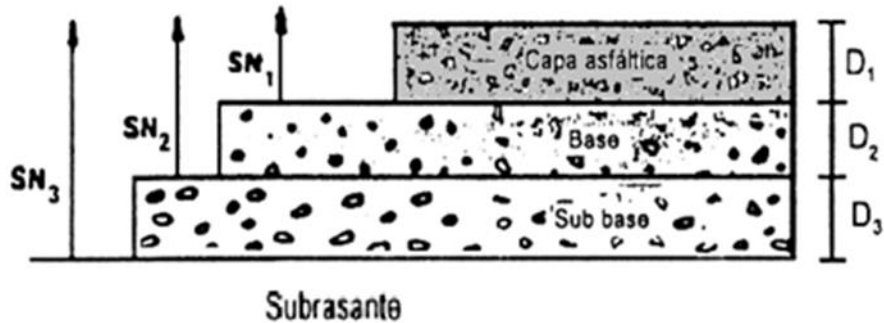
Reemplazando valores correspondientes en la Ecuación 5.3, tenemos que:

$$SN_2 = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 \rightarrow D_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 m_2} = \frac{2,18 - 1,65}{0,145 * 1,3} = D_2 = 2,81" = 7,14 \text{ cm}$$

Se adopta $D_2 = 20 \text{ cm}$, entonces el $SN_2 = 0,145 * 1,3 * 7,87" = 1,48$

- Espesor de la subbase

En el espesor de esta capa se involucran valores respecto al apoyo de la capa a calcular, donde el MR que se utiliza es el de la subrasante.



Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento:
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confianza (R) y Desviación estándar (So):
 80 % Zr=0.841 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2.5

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 18000 psi


Información adicional para pavimentos rígidos:
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) [] Coeficiente de transmisión de carga - (J) []
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) [] Coeficiente de drenaje - (Cd) []

Tipo de Análisis:
 Calcular SN **W18 = 71111844**
 Calcular W18

Número Estructural:
SN = 4.60

Calcular Salir

Figura 33. AASHTO 93 - Subbase

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

$$SN_3 = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \rightarrow D_3 = \frac{SN_3 - SN_2 - SN_1}{a_3 m_3} = \frac{4,60 - 1,48 - 1,65}{0,125 * 1,3}$$

$$D_3 = 9,04'' = 22,97 \text{ cm}$$

Se adopta $D_3 = 30 \text{ cm}$, entonces el $SN_3 = 0,125 * 1,3 * 11,81'' = 1,91$


Entonces el espesor de la subbase es de 30 cm.

f. Resumen de valores

En la Tabla 15. Resumen de valores, se pueden ver los resultados finales.

Tabla 15. Resumen de valores

Capa	Espesor		Coeficiente Estructural	Coeficiente Drenaje	SN
	cm	pulgadas			
Capa de rodamiento	3				
		3,94	0,42	1	1,65
Base de concreto asfaltico	7				
	20	7,87	0,145	1,3	1,48
Subbase	30	11,81	0,125	1,3	1,92
	Total				5,057

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

Anexos

Anexo 5-I. Proyección de crecimiento de vehículos

Tabla 6. Empalme RNN°40 – Destilería YPF

TRAMO EMP RN°40- DESTILERIA				
AÑO	Tasa de crecimiento (%)	TMDA proyectado (veh/día)	Transito liviano	Tránsito pesado
2017	-	7800	4680	3120
2018	3,00%	8034	4820	3214
2019	3,00%	8275	4965	3310
2020	3,00%	8523	5114	3409
2021	3,00%	8779	5267	3512
2022	3,00%	9042	5425	3617
2023	3,00%	9314	5588	3725
2024	2,50%	9546	5728	3819
2025	2,50%	9785	5871	3914
2026	2,50%	10030	6018	4012
2027	2,50%	10280	6168	4112
2028	2,50%	10537	6322	4215
2029	2,50%	10801	6481	4320
2030	2,50%	11071	6643	4428
2031	2,50%	11348	6809	4539
2032	2,50%	11631	6979	4653
2033	2,50%	11922	7153	4769
2034	2,50%	12220	7332	4888
2035	2,00%	12465	7479	4986
2036	2,00%	12714	7628	5086
2037	2,00%	12968	7781	5187
2038	2,00%	13228	7937	5291
2039	2,00%	13492	8095	5397
2040	2,00%	13762	8257	5505
2041	2,00%	14037	8422	5615
2042	2,00%	14318	8591	5727
2043	2,00%	14604	8763	5842
2044	2,00%	14896	8938	5959
2045	2,00%	15194	9117	6078

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

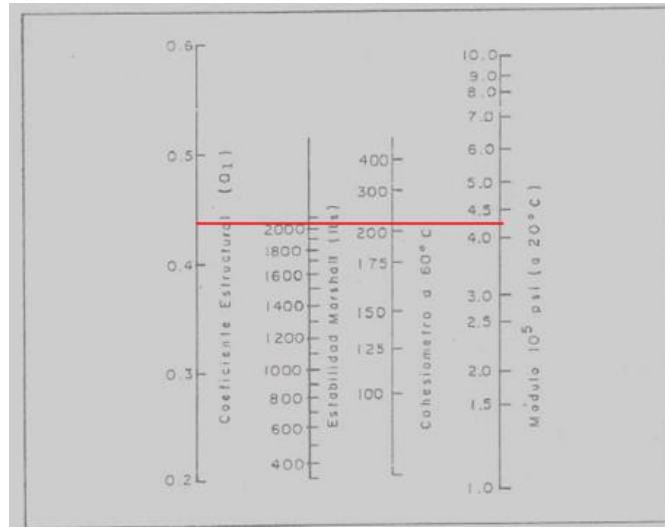
Tabla 7. Destilería - Potrerillos

TRAMO DESTILERIA - POTRERILLOS				
AÑO	Tasa de crecimiento (%)	TMDA proyectado (veh/día)	Transito liviano	Tránsito pesado
2017	-	5183	3628	1555
2018	3,00%	5338	3737	1602
2019	3,00%	5499	3849	1650
2020	3,00%	5664	3965	1699
2021	3,00%	5834	4083	1750
2022	3,00%	6009	4206	1803
2023	3,00%	6189	4332	1857
2024	2,50%	6343	4440	1903
2025	2,50%	6502	4551	1951
2026	2,50%	6665	4665	1999
2027	2,50%	6831	4782	2049
2028	2,50%	7002	4901	2101
2029	2,50%	7177	5024	2153
2030	2,50%	7357	5150	2207
2031	2,50%	7540	5278	2262
2032	2,50%	7729	5410	2319
2033	2,50%	7922	5546	2377
2034	2,50%	8120	5684	2436
2035	2,00%	8283	5798	2485
2036	2,00%	8448	5914	2534
2037	2,00%	8617	6032	2585
2038	2,00%	8790	6153	2637
2039	2,00%	8965	6276	2690
2040	2,00%	9145	6401	2743
2041	2,00%	9328	6529	2798
2042	2,00%	9514	6660	2854
2043	2,00%	9704	6793	2911
2044	2,00%	9898	6929	2970
2045	2,00%	10096	7068	3029

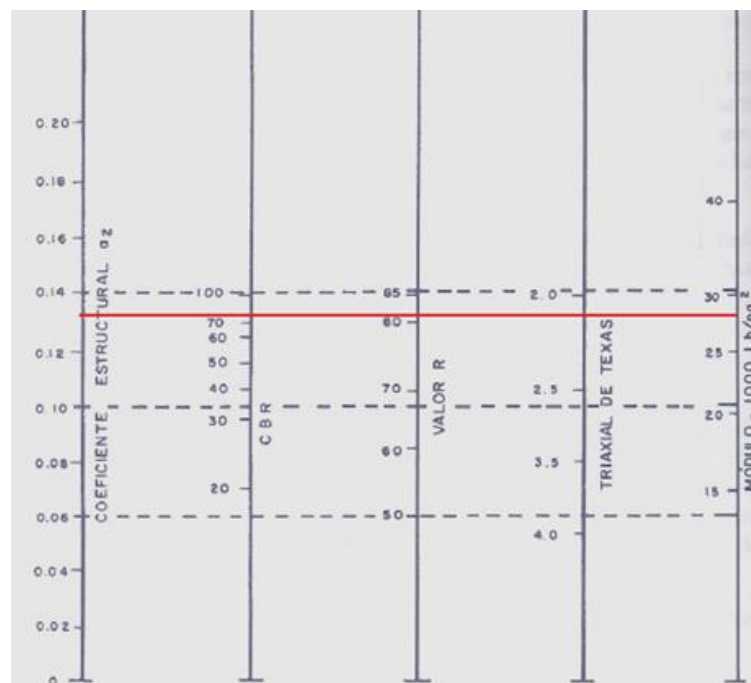


Anexo 5-II. Coeficientes estructurales y Módulos Resilientes

- Obtención de a_1 correspondiente a carpeta asfáltica correspondiente a una estabilidad Marshall de 2300 lbs.

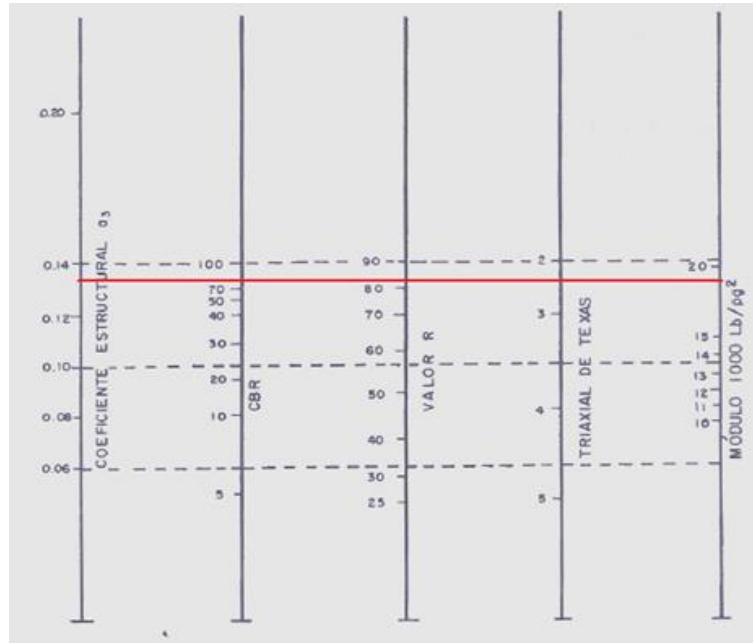


- Obtención de a_2 correspondiente a la base granular con un CBR al 80% para bases granulares no tratadas que da el método





- Obtención de a_3 correspondiente a la subbase granular con un CBR al 80% para bases granulares no tratadas que da el método.





Capítulo 6. Diseño Vial

I. Relevamiento Planialtimétrico

a. Reconocimiento del trazado

La traza de este proyecto se desarrolla en una topografía llana, con variaciones de altura que generan pendientes entre el 1 a 1,5 %. La zona de camino está delimitada en toda la zona de intervención del proyecto por alambrado en zonas incultas y en terrenos cultivados por los límites de líneas municipales establecidos. Dicha zona de camino es de 100,00 m.

Siguiendo con la descripción de la zona de camino, en las intersecciones con calle Cochabamba, Cobos, Costa Flores, RP N°84 (destilería) se encuentra delimitada la zona de las esquinas, formando un rombo, dejando el espacio necesario para posibles cruces a desnivel con intercambiadores, según corresponda con los estudios correspondientes.

El eje de la traza actual 1+1 se encuentra a 35,35 m del límite sur, con lo cual del límite norte se encuentra a 64,65 m según Planialtimetría del proyecto realizado.

Para el planteo geométrico general de las calzadas principales y los intercambiadores, se toma como base de diseño, lo especificado en las normas de diseño geométrico de la DNV2010.

Desde el punto de vista del uso de suelo y actividad económica que se desarrolla en las inmediaciones de la traza, podemos mencionar que desde la progresiva 00+000 hasta la 08+000 el uso del suelo es principalmente de campos cultivados y actividad vitivinícola de bodegas renombradas dentro del matiz productiva Mendocina. Luego desde la progresiva 08+000 hasta la 16+000, tenemos el ingreso al parque industrial petroquímico, en la cual está la destilería YPF – Lujan de Cuyo, también se pueden observar campos mayormente incultos, una importante fábrica de alimentos “Simplot”, y el ingreso a las distintas penitenciarias.

b. Relevamiento topográfico

Para la elaboración de este proyecto se contó con el relevamiento topográfico obtenido de servidores online (Autodesk, s.f.), obteniendo así unas curvas de nivel que se utilizaron para poder trazar la nueva poligonal por el nuevo eje de camino. También se utilizó la información de

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

los planos conforme a obra de los proyectos anteriores que ya están plasmados y vamos a realizar la intervención de la duplicación de calzada 2+2.

El relevamiento incluyó la caracterización de todos los elementos necesarios para confeccionar la planta de proyecto, como son:

- Calzada principal
- Alambrados
- Líneas eléctricas
- Otras interferencias como, gasoductos, canales, fibra óptica
- Obras de arte.

Con el procesamiento de la información se procedió a la modelación computacional del terreno y se tomó como base la rasante actual para adecuar los datos de la topografía. Dicha modelación se encuentra adjunta en el Anexo I del presente capítulo.

II. Diseño vial

El diseño planteado consiste en una duplicación de calzada en el lado norte de la calza existente, para el sentido de marcha Este-Oeste, separado de la calzada actual por un cantero central. Dicha calzada actual tendrá el sentido de circulación Oeste-Este.

El perfil tipo adoptado corresponde a una calzada de 7,30m de ancho con banquetas de 3,00m de ancho del lado externo y 3,00m de ancho del lado interno, que se desarrolla en una zona de camino de 100 m en toda su traza.

Para la definición de la rasante, se ha tomado como base los datos del proyecto existente, readecuando los distintos elementos de la topografía, considerando los puntos de cruces de alcantarillas transversales, intersecciones con calles transversales, interferencias con gasoductos, líneas eléctricas, etc.

a. Parámetros básicos de diseño

Los parámetros utilizados se basan de acuerdo con las Normas de Diseño Geométrico de la Dirección Nacional de Vialidad, estos son:



- Categoría del camino: I autovía 2+2
- Topografía: Llana
- Velocidad de diseño: 120 km/h
- Velocidad reglamentaria: 80 km/h
- Peralte máximo: 6 %
- Radio mínimo deseable: 1270 m
- Radio mínimo absoluto: 755 m
- Distancia visual de detención: 290 m
- Pendiente máxima deseable: 3 %
- Ancho de zona de camino: 100 m
- Ancho de calzada: 7,30 m
- Banquina externa: 2,50 m c/tratamiento – 0,50 m s/tratamiento
- Banquina interna: 2,50 m c/tratamiento – 0,50 m s/tratamiento
- Talud terraplén: 1:4

b. Perfil transversal

El trazado se encuentra condicionado por la vía existente por lo que el eje del proyecto se mantendrá paralelo a la calzada actual, separada por una mediana de 18,00 m de ancho, compuesto por 3,00 m de banquina interna 12,00 m de cantero central y 3,00 m de banquina interna de la nueva calzada.

Se adoptaron para los distintos elementos del proyecto las siguientes dimensiones básicas para las secciones transversales, que se pueden ver en la Tabla 16. Dimensiones básicas de sección transversal:

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Tabla 16. Dimensiones básicas de sección transversal

Elemento	Calzada	Banquina	
		Izquierda	Derecha
Calzada principal	7,30	1,50+1,50(pav+tierra)	2,50 (pav) + 0,50 (tierra)
Calles transversales	7,30	2,00 (tierra)	2,00 (tierra)
Ramas enlaces	4,50	0,50 (pav)	1,50 (pav)
Calle colectoras	Se realizará según plano tipo V-384 de DNV		

Como criterio general, se tratará de que los extremos de alcantarillas se ubiquen alejados del borde de calzada, a efectos de asegurar buenas condiciones de seguridad vial.

En los Anexo 6-I. Perfiles transversales podemos ver la resolución grafica de estos perfiles.

III. Diseño planialtimétrico

a. Parámetros de Diseño

Las características de diseño se ajustan a la categoría I de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras de la Dirección Nacional de Vialidad actualización 2010, con desarrollo sobre topografía llana y a los Criterios de Diseño establecidos en los puntos anteriores.

b. Velocidad de Diseño

De acuerdo con lo indicado en la planilla de Diseño Geométrico, se adopta como velocidad directriz la de 120 km/h.

c. Alineamiento horizontal

Para la definición de los elementos de diseño se ha contemplado:

- Un radio mínimo deseable para las curvas horizontales de 1.270,00 m
- Un radio mínimo absoluto para las curvas horizontales de 755,00 m
- Un peralte máximo para las curvas horizontales de 6,00 %. En cada caso este será función del radio de la curva.
- Se han incorporado transiciones en aquellas curvas horizontales con radios menores o iguales a 5000 m, para lograr la correspondiente adaptación del conductor a los trazados circulares.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

- Se aplica sobreelevaciones en las curvas de valor máximo de 0,50 m

En el sentido de las progresivas, de la calzada Norte, incorpora 10 vértices y 8 curvas horizontales, que se pueden ver de manera resumida en la Tabla 17. Resumen de curvas calzada Norte.

Tabla 17. Resumen de curvas calzada Norte

Vértice [N°]	Progresiva [m]	Radio [m]	Le [m]	Lc [m]	Peralte [%]
1	0+217,08	2000	65	88,73	-
2	2+909,72	1500	65	165,10	-
3	5+284,52	1000	65	369,92	-
4	7+210,07	1000	65	236,35	-
5	13+870,29	1200	65	228,04	-
6	14+511,20	800	65	408,84	-
7	15+828,42	9000	-	540,07	-
8	16+664,22	1000	50	9,92	-

En el sentido de las progresivas, de la calzada Sur, incorpora 9 vértices y 7 curvas horizontales, que se pueden ver de manera resumida en la Tabla 18. Resumen de curvas calzada Sur

Tabla 18. Resumen de curvas calzada Sur

Vértice [N°]	Progresiva [m]	Radio [m]	Le [m]	Lc [m]	Peralte [%]
1	0+217,72	2000	65	86,81	
2	2+913,96	1500	65	165,10	
3	5+284,42	1000	65	369,92	
4	7+209,90	1000	65	236,42	
5	13+875,51	1200	65	227,94	
6	14+511,75	800	65	408,84	
7	16+029,78	9000	-	1079,36	

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

IV. Diseño altimétrico

Considerando la topografía llana del terreno, la rasante planteada presenta pendientes verticales suaves del orden del 1,00% al 2,50%. Para la velocidad directriz en el tronco de autopista (120 km/h) corresponde como pendiente máxima deseable 3,00 %, valores básicos de K cóncavo 75 m/% y convexa 165 m/%.

Por la topografía en la que se desarrolla el trazado, las diferencias algebraicas de pendientes son en general bajas por lo que, en los casos que se incluyeron curvas verticales son para generar los cruces a desnivel con las intersecciones que se plantean intercambiadores.

V. Intercambiadores

a. Consideraciones sobre ubicación y tipo

Por su ubicación, esta intersección, desarrolla un gran movimiento de vehículos debido a la actividad económica, principalmente de viñedos y bodegas, que se desarrolla en este cruce.

- Intersección con calle Cochabamba:

Actualmente la calle Cochabamba tiene sentido norte-sur, conteniendo en ella grandes emprendimientos económicos como son:

- Bodega Terraza de los Andes,
- Bodega Norton
- Bodega Bressia
- Bodega Susana Balbo
- Barrios de la localidad de Perdriel, Luján de Cuyo
- Barrios de la localidad de Agrelo, Luján de Cuyo

Teniendo en cuenta los antecedentes y lo antes expresado, se plantea la alternativa en la documentación gráfica que acompaña la presentación y que consiste en un cruce a distinto nivel con un diamante, en donde se resuelven los giros directos. El diseño del intercambiador queda configurado de la siguiente manera:

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

- Alteo de calzadas principales de la RNN 7 que cruzarán con puente sobre calle Cochabamba
- Ramas directas con vinculación a calles colectoras

Intersección con Calle Cobos:

Por su ubicación, esta intersección, desarrolla un gran movimiento de vehículos debido a la actividad económica, principalmente de viñedos y bodegas, que se desarrolla en este cruce.

Actualmente la calle Cobos tiene sentido norte-sur, conteniendo en ella grandes emprendimientos económicos como son:

- Bodega A-16
- Bodega Laku
- Bodega Ruca Malen
- Bodega Viñas Cobos SA
- Bodega Sotano
- Barrios de la localidad de Perdriel, Luján de Cuyo
- Barrios de la localidad de Agrelo, Luján de Cuyo

Teniendo en cuenta los antecedentes y lo antes expresado, se plantea la alternativa en la documentación gráfica que acompaña la presentación y que consiste en un cruce a distinto nivel con un diamante, en donde se resuelven los giros directos. El diseño del intercambiador queda configurado de la siguiente manera:

- Alteo de calzadas principales de la RNN 7 que cruzaran con puente sobre calle Cobos
- Ramas directas con vinculación a calles colectoras

Intersección con ingreso a Refinería:

Por su ubicación, esta intersección, desarrolla un gran movimiento de vehículos debido a la actividad económica, principalmente de viñedos, bodegas, petróleo e industrial, que se desarrolla en este cruce.

Actualmente la calle de ingreso a refinería YPF tiene sentido norte-sur, conteniendo en ella grandes emprendimientos económicos como son:

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

- Zona industrial petroquímica
- refinería YPF
- Ruta provincial N°84 – calle Brandsen
- Barrios de la localidad de Pedriel, Lujan de Cuyo
- Barrios de la localidad de Agrelo, Lujan de Cuyo

Teniendo en cuenta los antecedentes y lo antes expresado, se plantea la alternativa en la documentación gráfica que acompaña la presentación y que consiste en un cruce a distinto nivel con un diamante con rotonda, en donde se resuelven los giros directos. El diseño del intercambiador queda configurado de la siguiente manera:

- Alteo de calzadas principales de la RNN 7 que cruzaran con puente sobre calle de ingreso a refinería
- Ramas directas con vinculación a calles colectoras
- Rotondas en calle de ingreso a destilería.

En el Anexo 6-II. Intercambiadores y planos de planimetría se adjuntan los documentos gráficos que acompañan la resolución de los intercambiadores.

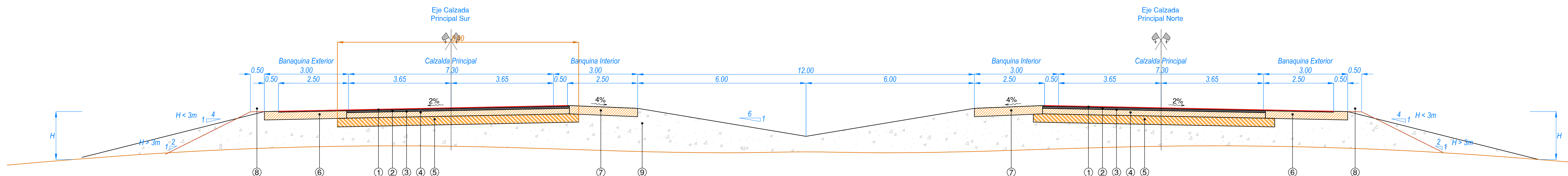
 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

Anexos

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

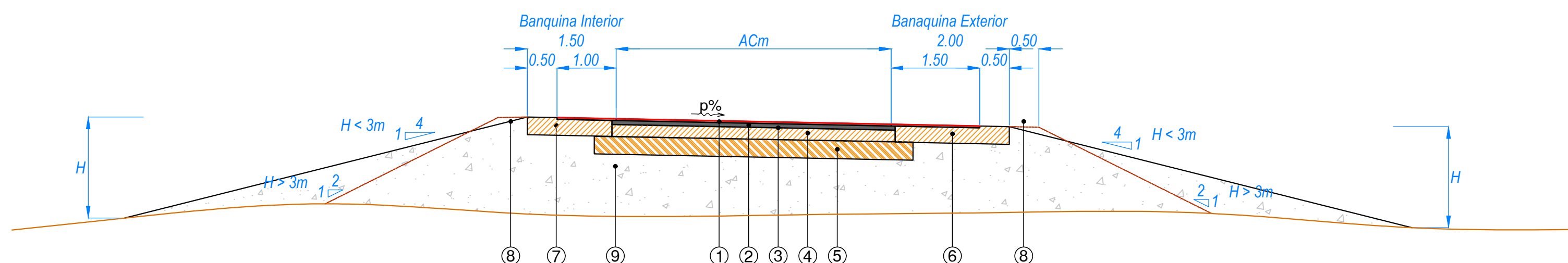
Anexo 6-I. Perfiles transversales

Perfil Tipo N° 1 Para Calzada Principal



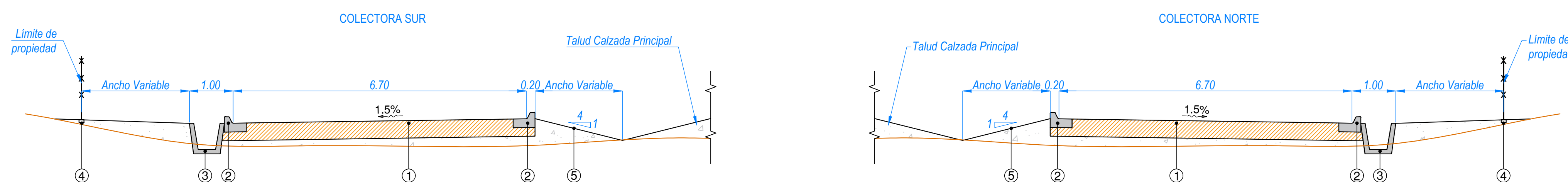
- ① Carpeta de concreto asfáltico en caliente con asfalto modificado incluido riego de liga, de 0.05m de espesor, en 10.30m de ancho.
- ② Base de concreto asfáltico en caliente tipo base negra incluido riego de liga, de 0.07m de espesor, en 7.94m de ancho.
- ③ Imprimación con material bituminoso, en 10.60m de ancho.
- ④ Base de agregado pétreo y suelo, de 0.20m de espesor, para calzada principal en 7.94m de ancho.
- ⑤ Sub-base de agregado pétreo y suelo, de 0.30m de espesor, para calzada principal y banquina exterior en 8.60m de ancho.
- ⑥ Base de agregado pétreo y suelo, de 0.27m de espesor, para banquina exterior en 2.93m de ancho.
- ⑦ Base de agregado pétreo y suelo, de 0.30m de espesor, para banquina interior en 2.43m de ancho.
- ⑧ Construcción de baranda metálica cincada para defensa, en caso que corresponda (Altura terraplén > 3m)
- ⑨ Terraplén con compactación especial.

Perfil Tipo N° 2 Para Ramas de ingreso y egreso




- ① Carpeta de concreto asfáltico en caliente con asfalto modificado incluido riego de liga, de 0.05m de espesor, en ancho variable.
- ② Base de concreto asfáltico en caliente tipo base negra incluido riego de liga, de 0.07m de espesor, en ancho variable.
- ③ Imprimación con material bituminoso, en ancho variable.
- ④ Base de agregado pétreo y suelo, de 0.20m de espesor, para calzada en ancho variable
- ⑤ Sub-base de agregado pétreo y suelo, de 0.30m de espesor, para calzada y banquetas en ancho variable.
- ⑥ Base de agregado pétreo y suelo, de 0.30m de espesor, para banquina exterior en 1.93m de ancho.
- ⑦ Base de agregado pétreo y suelo, de 0.30m de espesor, para banquina interior en 1.43m de ancho.
- ⑧ Construcción de baranda metálica cincada para defensa, en caso que corresponda (Altura terraplén > 3m)
- ⑨ Terraplén con compactación especial.

Perfil Tipo N° 3 Para Colectoras

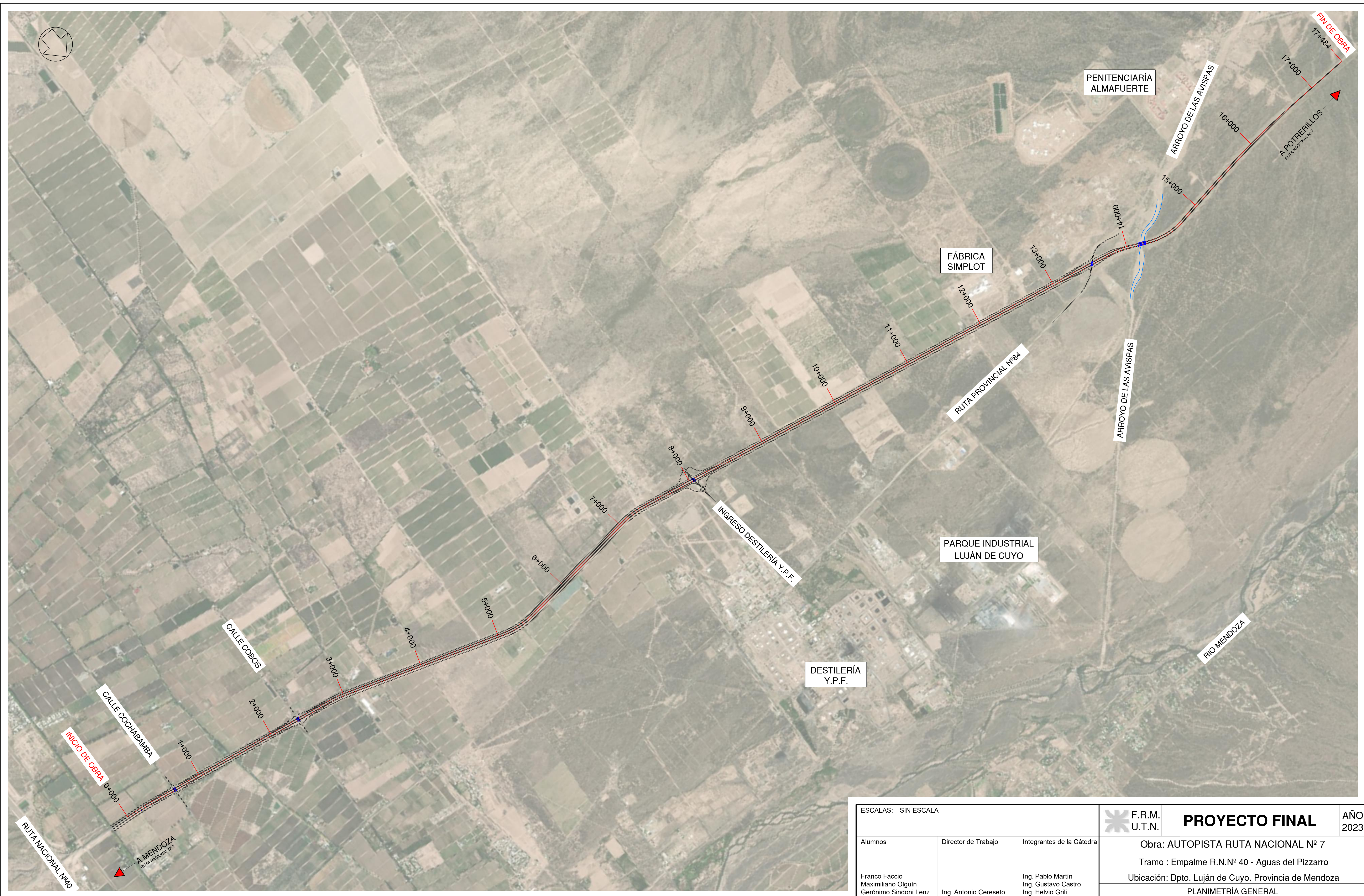


- ① Base de agregado pétreo y suelo, de 0.40m de espesor, para colectoras, en 7,10m de ancho.
- ② Cordón Banquina de 0,20m de ancho, 0,15m de alto. Ancho Banquina 0,30m.
- ③ Cuneta trapecial de Hormigón de ancho superior 0,60m; alto 0,60m; ancho inferior 0,40m; espesor 0,10m.
- ④ Cierre de propiedad existente o a reconstruir.
- ⑤ Terraplén con compactación especial.

			F.R.M. U.T.N.	PROYECTO FINAL	AÑO 2023
Alumnos	Director de Trabajo	Integrantes de la Cátedra	Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7		
Francisco Faccio Maximiliano Olgún Gerónimo Sindoni Lenz	Ing. Antonio Cereseto	Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Grili	Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizzarro		
			Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza		
PERFILES TIPO					

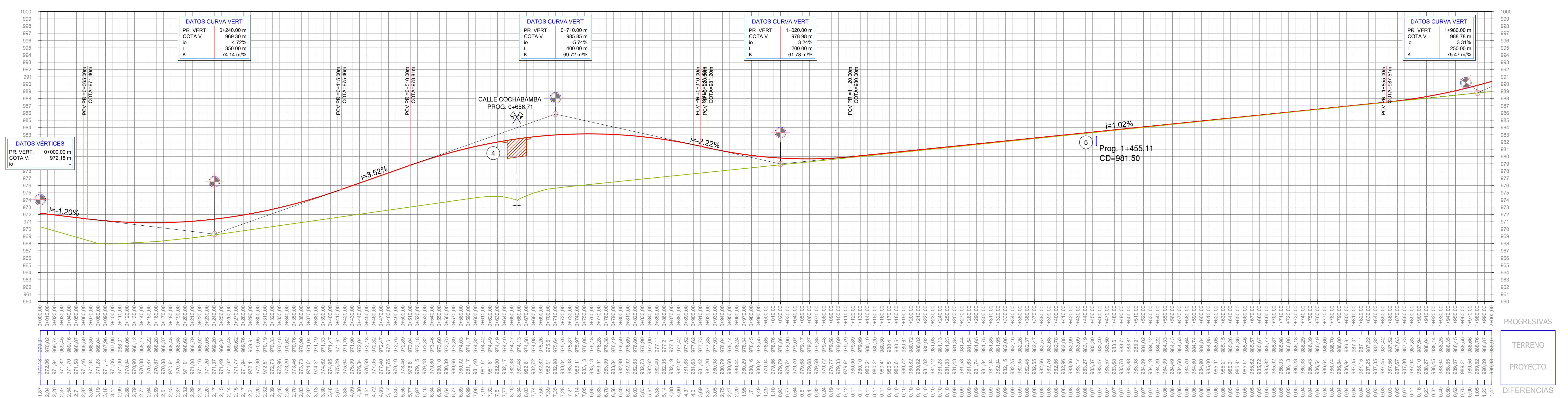
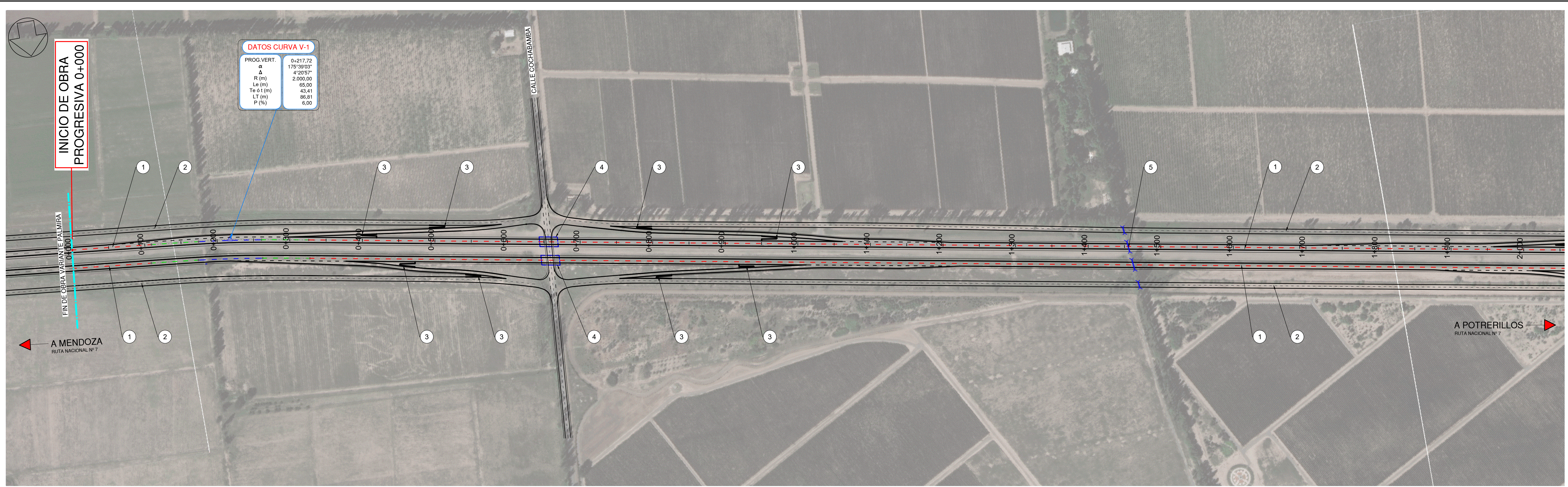
 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

Anexo 6-II. Intercambiadores y planos de planimetría



ESCALAS: SIN ESCALA		
Alumnos	Director de Trabajo	Integrantes de la Cátedra
Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz	Ing. Antonio Cereseto	Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Grili

F.R.M. U.T.N.	PROYECTO FINAL	AÑO 2023
Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7		
Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizarro		
Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza		
PLANIMETRÍA GENERAL		



1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21

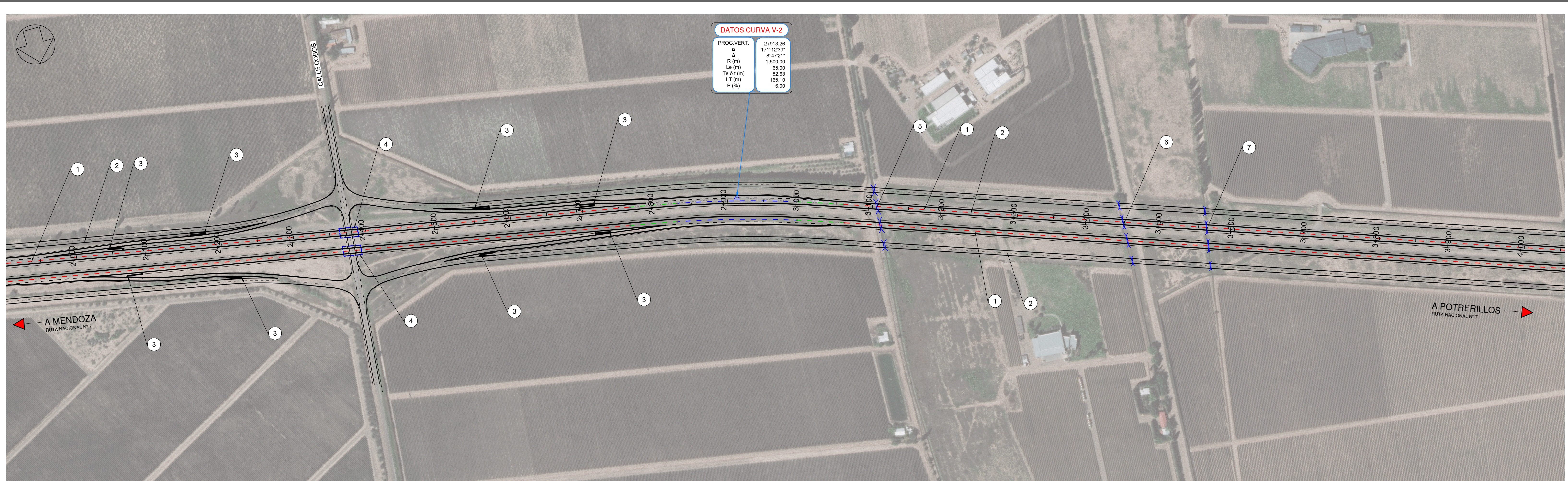
ESCALAS: **Planimetría** Esc. H. = 1:2500 **Altimetría** Esc. H. = 1:2500
Esc. V. = 1:250

F.R.M. U.T.N. **PROYECTO FINAL** AÑO 2023

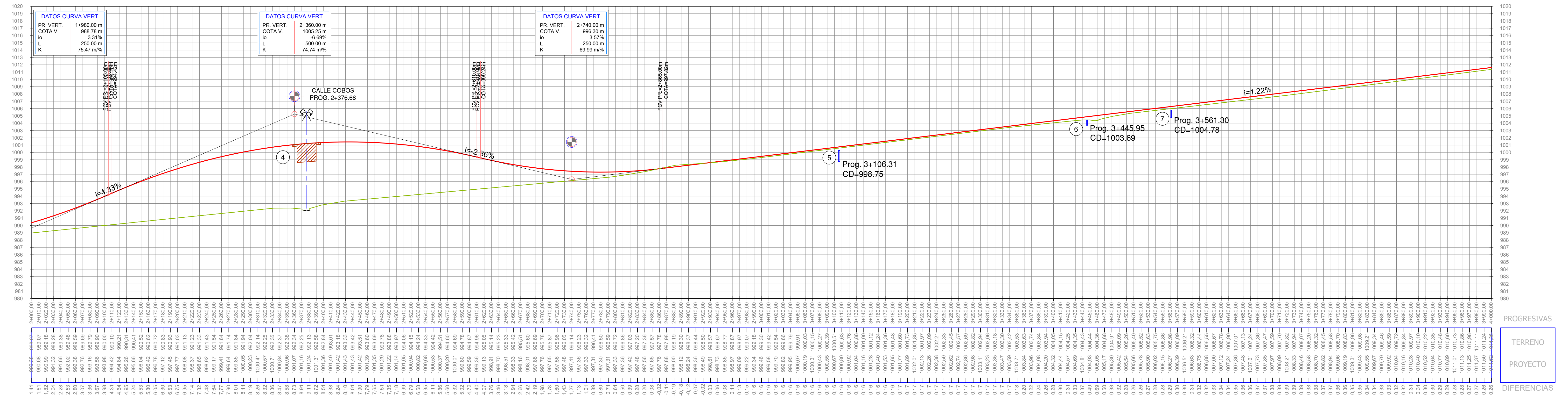
Obra: **AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7**
Tramo : **Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizzarro**
Ubicación: **Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza**

PLANIEALTIMETRÍA CALZADA PRINCIPAL SUR Prog. 0+000 a 2+000

Alumnos	Director de Trabajo	Integrantes de la Cátedra
Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz	Ing. Antonio Cereseto	Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Grii



DATOS CURVA V-2	
PROG. VERT.	2+813.26
α	171°12'30"
R (m)	1.500,00
Lc (m)	65,00
Te + t (m)	82,63
LT (m)	165,10
P (%)	6,00

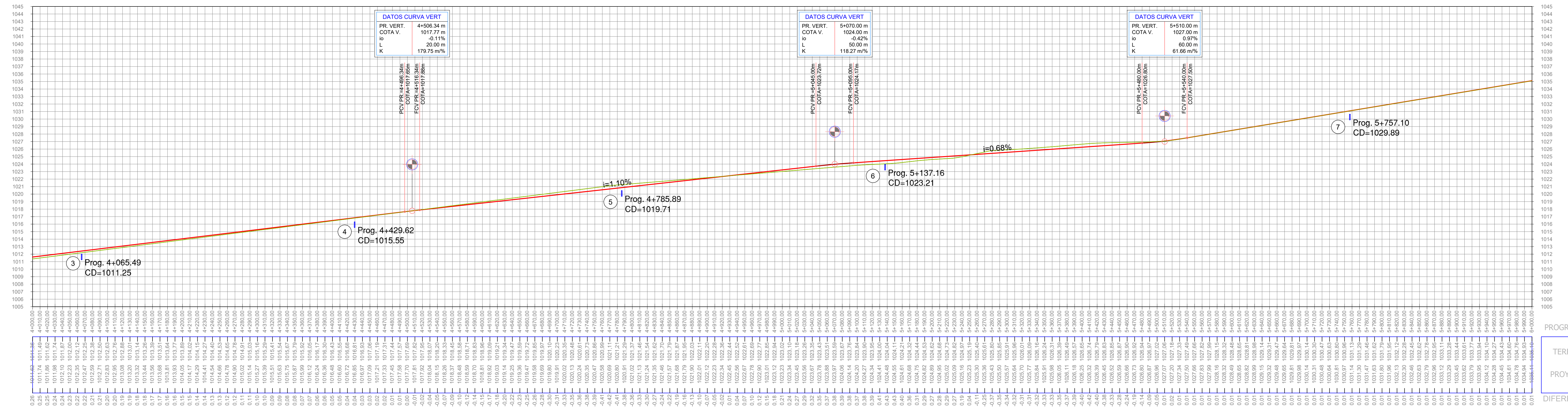
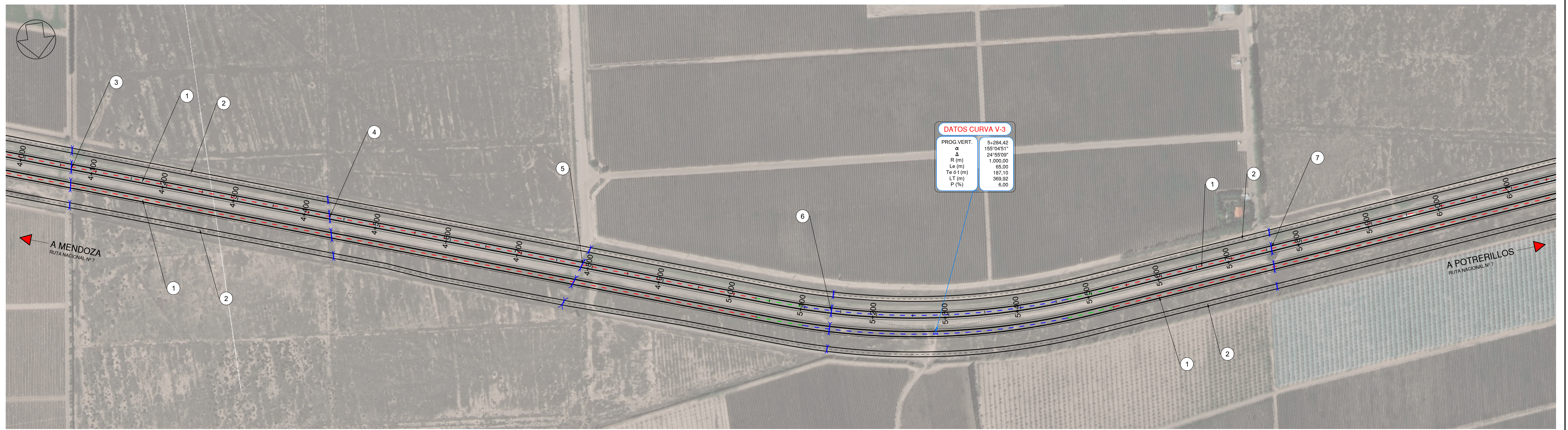


DATOS CURVA VERT	
PR. VERT.	1+980.00 m
COTA V.	988.78 m
α	3.31%
L	250.00 m
K	75.47 m/m%

DATOS CURVA VERT	
PR. VERT.	2+360.00 m
COTA V.	1005.25 m
α	-3.57%
L	500.00 m
K	74.74 m/m%

DATOS CURVA VERT	
PR. VERT.	2+740.00 m
COTA V.	996.30 m
α	-3.57%
L	250.00 m
K	69.99 m/m%

SIGNIFICADO DE LOS NÚMEROS DE LAS OBRAS PROYECTADAS	1	2	3	4	5	6	7	ESCALAS: Planimetría Esc. H. = 1:2500		Altimetría Esc. H. = 1:2500 Esc. V. = 1:250		F.R.M. U.T.N.	PROYECTO FINAL	AÑO 2023
	8	9	10	11	12	13	14	Alumnos	Director de Trabajo	Integrantes de la Cátedra				
	15	16	17	18	19	20	21	Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz	Ing. Antonio Cereseto	Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Grii				
	1 CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE CON ASFALTO MODIFICADO INCLUIDO RIEGO DE LIGA, DE 0.05m DE ESPESOR, PARA CALZADA PRINCIPAL	2 BASE DE AGREGADO PÉTRICO Y SUELO, DE 0.40m. DE ESPESOR, PARA COLECTORAS	3 CONSTRUCCIÓN DE CORDÓN DE ALTURA VARIABLE PARA ISLETAS DE RAMAS ENTRADA Y SALIDA.	4 CONSTRUCCIÓN DE PUENTES, CALLE COBOS.	5 CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA TIPO O-41211-C, "A2", J=17.00m, H=1.50m, L=2,00m $\alpha=7^{\circ}$	6 CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA TIPO O-41211-C, "A3", J=17.00m, H=0.75m, L=1,00m $\alpha=7^{\circ}$	7 CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA TIPO O-41211-C, "A4", J=16.00m, H=1.00m, L=1,00m $\alpha=8^{\circ}$	Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7 Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizzarro Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo, Provincia de Mendoza			PLANIEALTIMETRÍA CALZADA PRINCIPAL SUR Prog. 2+000 a 4+000			

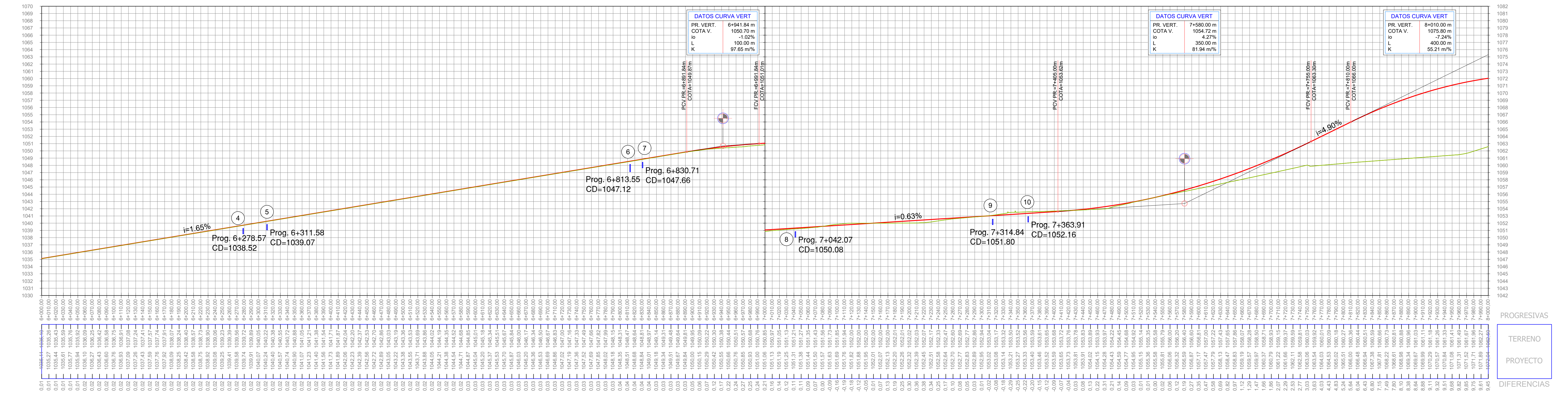
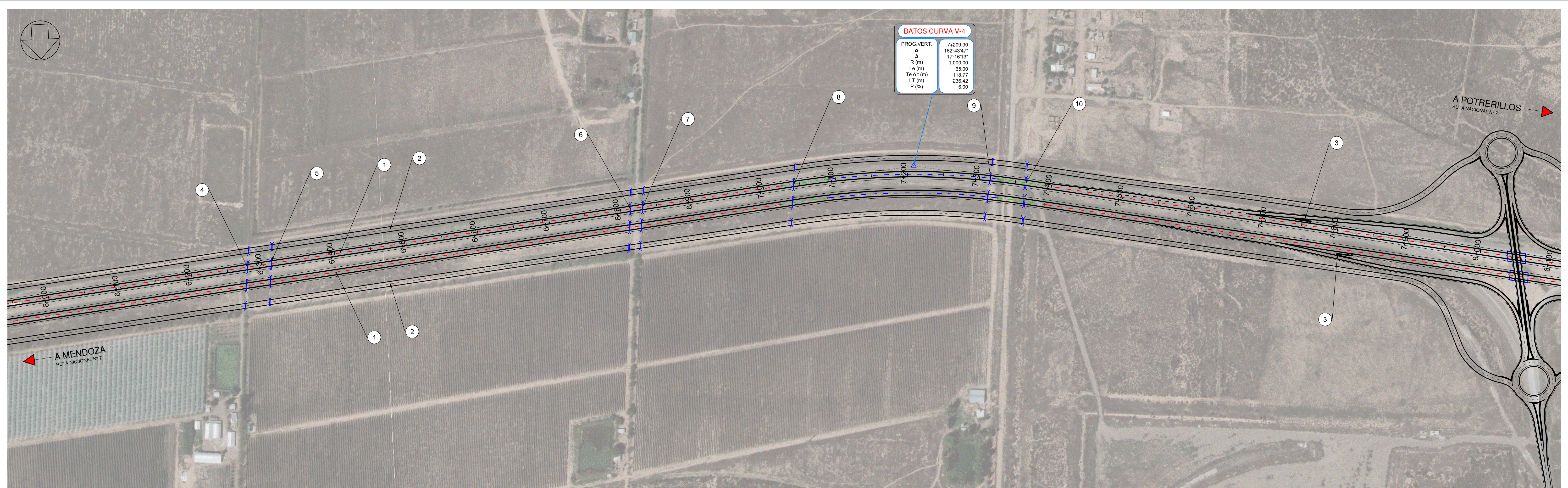


SIGNIFICADO DE LOS NÚMEROS DE LAS OBRAS PROYECTADAS	1	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE CON ASFALTO MODIFICADO INCLUIDO RIEGO DE LIGA, DE 0.05m DE ESPESOR, PARA CALZADA PRINCIPAL	2	BASE DE AGREGADO PÉTRICO Y SUELO, DE 0.40m. DE ESPESOR, PARA COLECTORAS	3	CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA. TIPO O-41211-C. "A5". J=16.00m. H=0.75m. L=1.00m. $\alpha=82^\circ$	4	CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA. TIPO O-41211-C. "A6". J=16.00m. H=0.75m. L=1.00m. $\alpha=73^\circ$	5	CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA. TIPO O-41211-C. "A7". J=16.00m. H=0.75m. L=1.00m. $\alpha=74^\circ$	6	CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA. TIPO O-41211-C. "A8". J=16.00m. H=0.75m. L=1.00m. $\alpha=90^\circ$	7	CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLA. TIPO O-41211-C. "A9". J=16.00m. H=0.75m. L=1.00m. $\alpha=84^\circ$
	8		9		10		11		12		13			
	15		16		17		18		19		20	21		

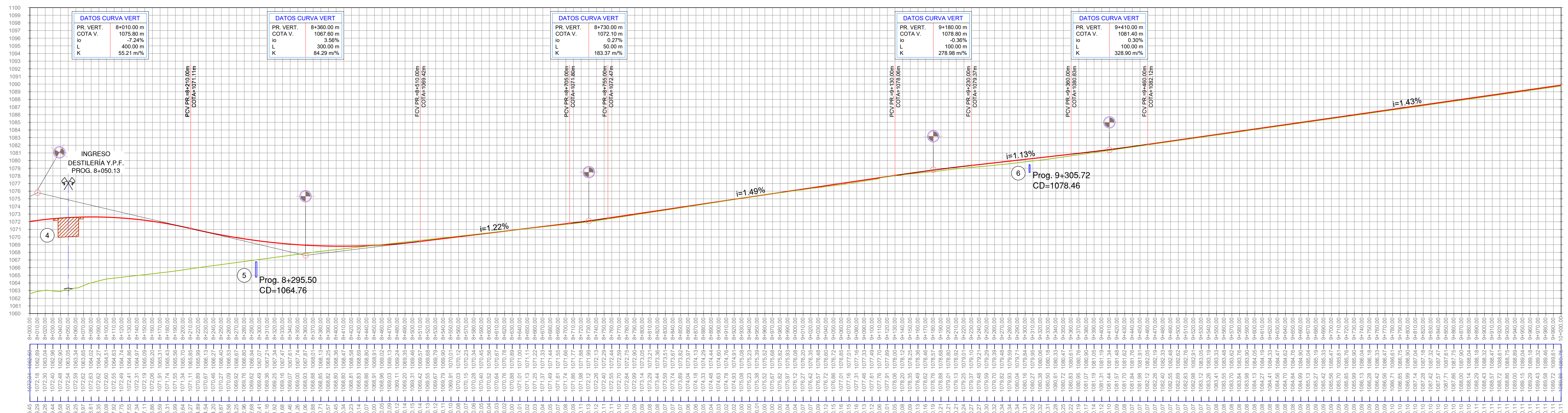
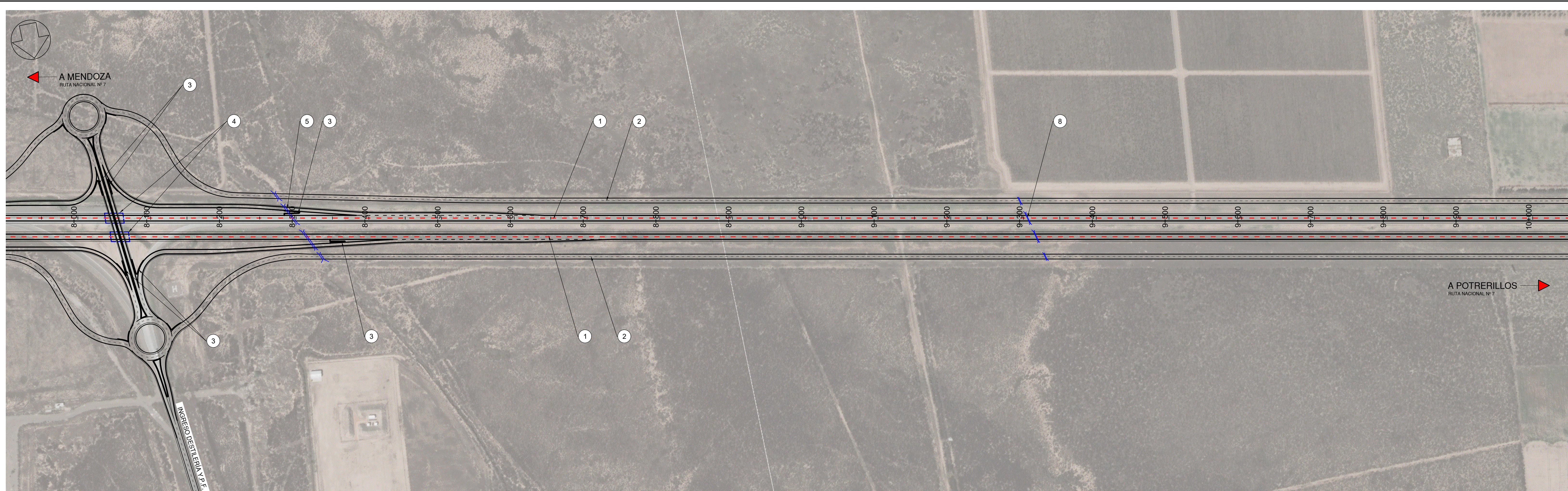
ESCALAS:	Planimetría	Altimetría
	Esc. H. = 1:2500	Esc. H. = 1:2500
		Esc. V. = 1:250

F.R.M. U.T.N.	PROYECTO FINAL	AÑO 2023
Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7		
Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizzarro		
Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza		
PLANIEALTIMETRÍA CALZADA PRINCIPAL SUR Prog. 4+000 a 6+000		

Alumnos	Director de Trabajo	Integrantes de la Cátedra
Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz	Ing. Antonio Cereseto	Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Griii



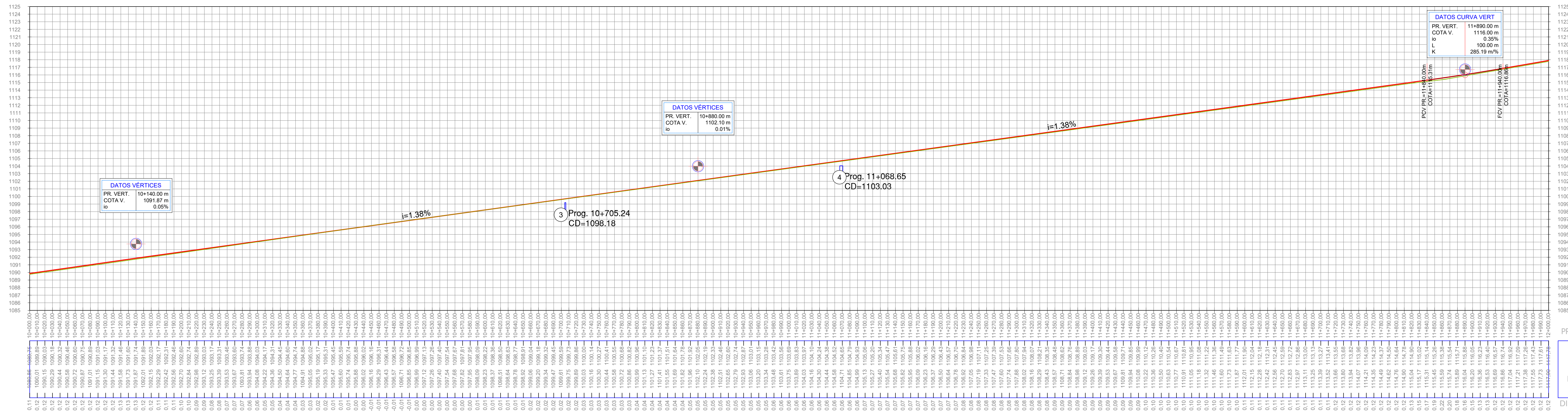
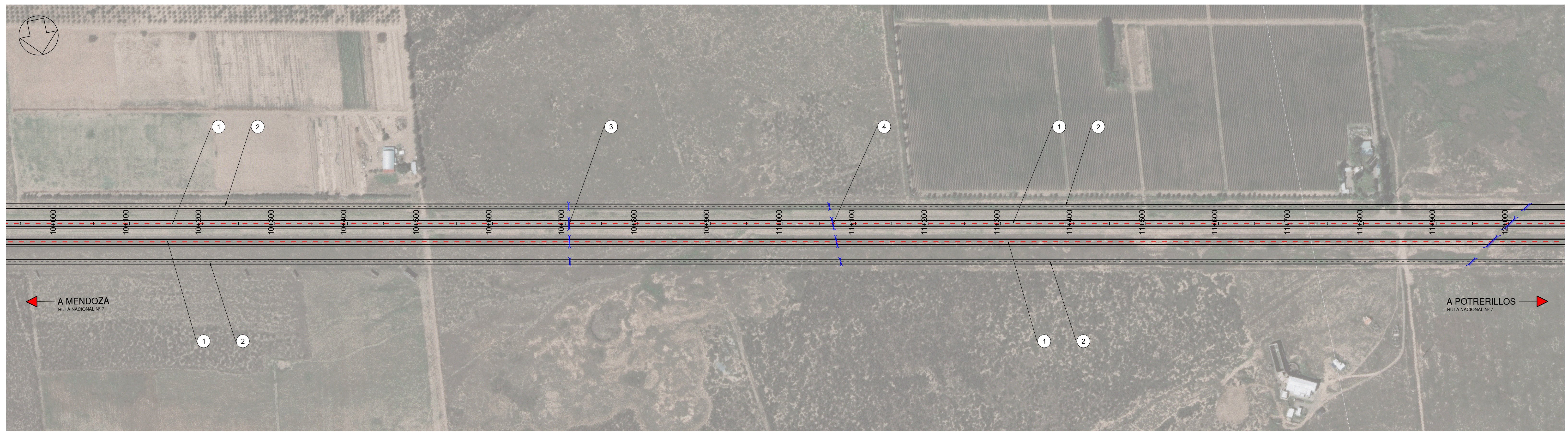
SIGNIFICADO DE LOS NÚMEROS DE LAS OBRAS PROYECTADAS	DESCRIPCIÓN DE OBRAS										ESCALAS:		F.R.M. U.T.N.	PROYECTO FINAL	AÑO 2023										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Planimetría Esc. H. = 1:2500	Altimetría Esc. H. = 1:2500 Esc. V. = 1:250													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Alumnos	Director de Trabajo	Integrantes de la Cátedra	Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7 Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizzarro Ubicación: Dpto. Luján de Mayo. Provincia de Mendoza PLANIEALTIMETRÍA CALZADA PRINCIPAL SUR Progr. 6+000 a 8+000	
																						Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz	Ing. Antonio Cereseto	Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Grii	



SIGNIFICADO DE LOS NÚMEROS DE LAS OBRAS PROYECTADAS	1	2	3	4	5	6	7
	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	13	14

ESCALAS: Planimetría Esc. H. = 1:2500	Altimetría Esc. H. = 1:2500 Esc. V. = 1:250
Alumnos Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz	Director de Trabajo Ing. Antonio Cereseto
Integrantes de la Cátedra Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Grii	

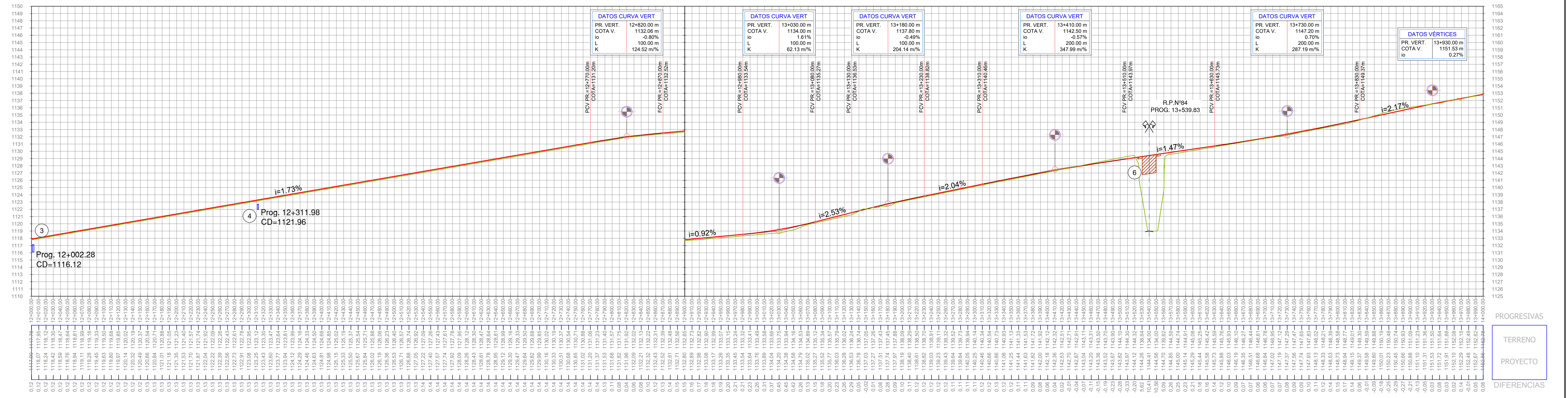
	PROYECTO FINAL Año 2023



SIGNIFICADO DE LOS NÚMEROS DE LAS OBRAS PROYECTADAS	1	2	3	4	5	6	7	ESCALAS: Planimetría Esc. H. = 1:2500 Altimetría Esc. H. = 1:2500 Esc. V. = 1:250	F.R.M. U.T.N.	PROYECTO FINAL AÑO 2023
	8	9	10	11	12	13	14			
	15	16	17	18	19	20	21	Alumnos Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz	Director de Trabajo Ing. Antonio Cereseto	Integrantes de la Cátedra Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Grii
	Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7 Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizzarro Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza PLANIEALTIMETRÍA CALZADA PRINCIPAL SUR Prog. 10+000 a 12+000									



DATOS CURVA V-5	
PROG. VERT.	13+875.51
α	136°00'47"
A	13°58'13"
R (m)	1.200,00
L (m)	65,00
Te (4 m)	114,32
LT (m)	227,94
P (%)	6,00



DATOS CURVA VERT	
PR. VERT.	12+820.00 m
COTA V.	1132.06 m
ρ	-0.90%
L	100.00 m
K	124.52 m ²

DATOS CURVA VERT	
PR. VERT.	13+030.00 m
COTA V.	1134.50 m
ρ	-0.81%
L	100.00 m
K	62.13 m ²

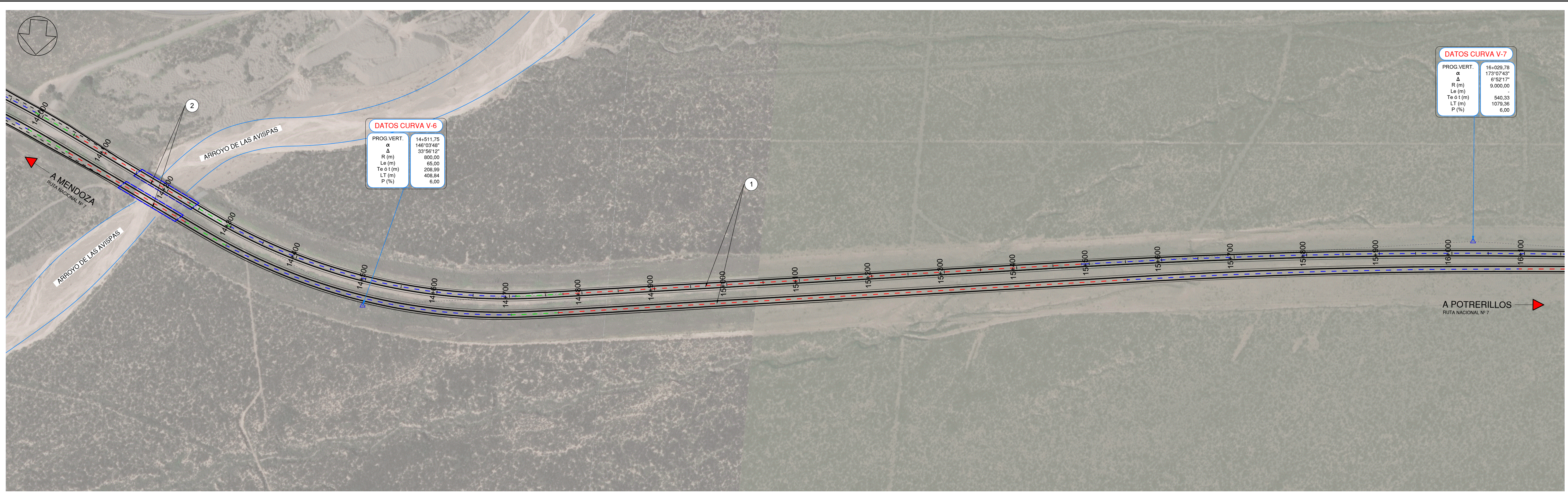
DATOS CURVA VERT	
PR. VERT.	13+180.00 m
COTA V.	1142.80 m
ρ	-0.49%
L	100.00 m
K	204.14 m ²

DATOS CURVA VERT	
PR. VERT.	13+410.00 m
COTA V.	1147.20 m
ρ	0.70%
L	200.00 m
K	347.99 m ²

DATOS CURVA VERT	
PR. VERT.	13+730.00 m
COTA V.	1147.20 m
ρ	0.70%
L	200.00 m
K	287.19 m ²

DATOS VÉRTICES	
PR. VERT.	13+930.00 m
COTA V.	1151.53 m
ρ	0.27%

SIGNIFICADO DE LOS NÚMEROS DE LAS OBRAS PROYECTADAS	DESCRIPCIÓN DE OBRAS																		ESCALAS:		F.R.M. U.T.N.	AÑO 2023		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			21	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Planimetría	Altimetría	F.R.M. U.T.N.	AÑO 2023
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Esc. H. = 1:2500		Esc. H. = 1:2500		Esc. V. = 1:250		Esc. H. = 1:2500		Esc. V. = 1:250		
15	16	17	18	19	20	21	Alumnos		Director de Trabajo		Integrantes de la Cátedra		Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz		Ing. Antonio Cereseto		Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Griii		Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7 Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizzarro Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza PLANIEALTIMETRÍA CALZADA PRINCIPAL SUR Prog. 12+000 a 14+000					

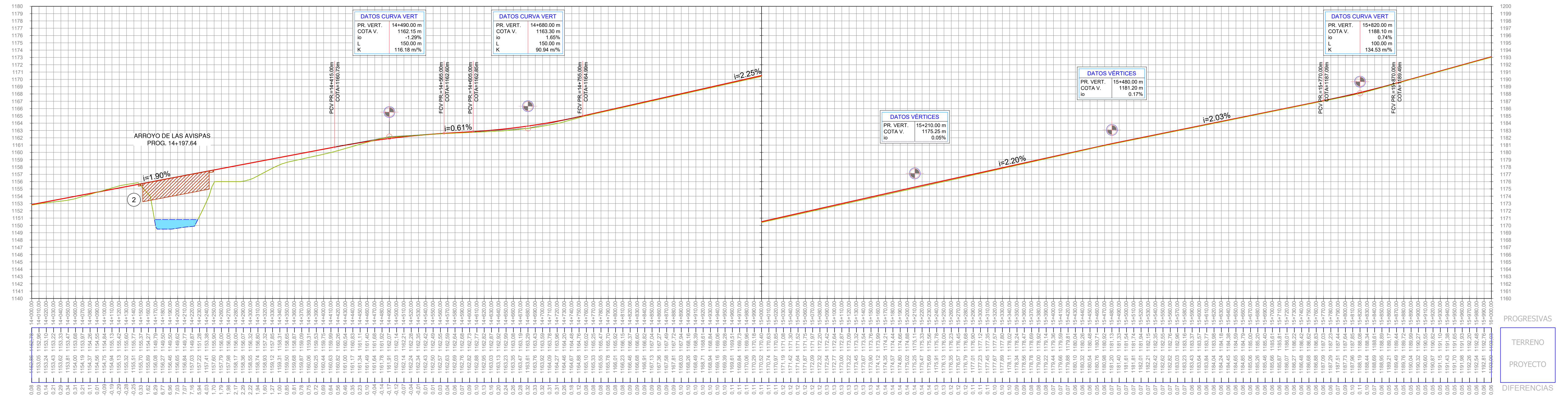


DATOS CURVA V-6

PROG. VERT.	14+511.75
α	146°03'48"
Δ	33°56'12"
R (m)	800.00
Le (m)	65.00
Te ó t (m)	208.99
LT (m)	408.84
P (%)	6.00

DATOS CURVA V-7

PROG. VERT.	16+020.78
α	173°07'43"
Δ	6°52'17"
R (m)	9.000.00
Le (m)	-
Te ó t (m)	540.33
LT (m)	1079.36
P (%)	6.00



DATOS CURVA VERT

PR. VERT.	14+490.00 m
COTA V.	1162.15 m
ρ	1.29%
L	150.00 m
K	116.18 m ³

DATOS CURVA VERT

PR. VERT.	14+680.00 m
COTA V.	1163.30 m
ρ	1.65%
L	150.00 m
K	90.94 m ³

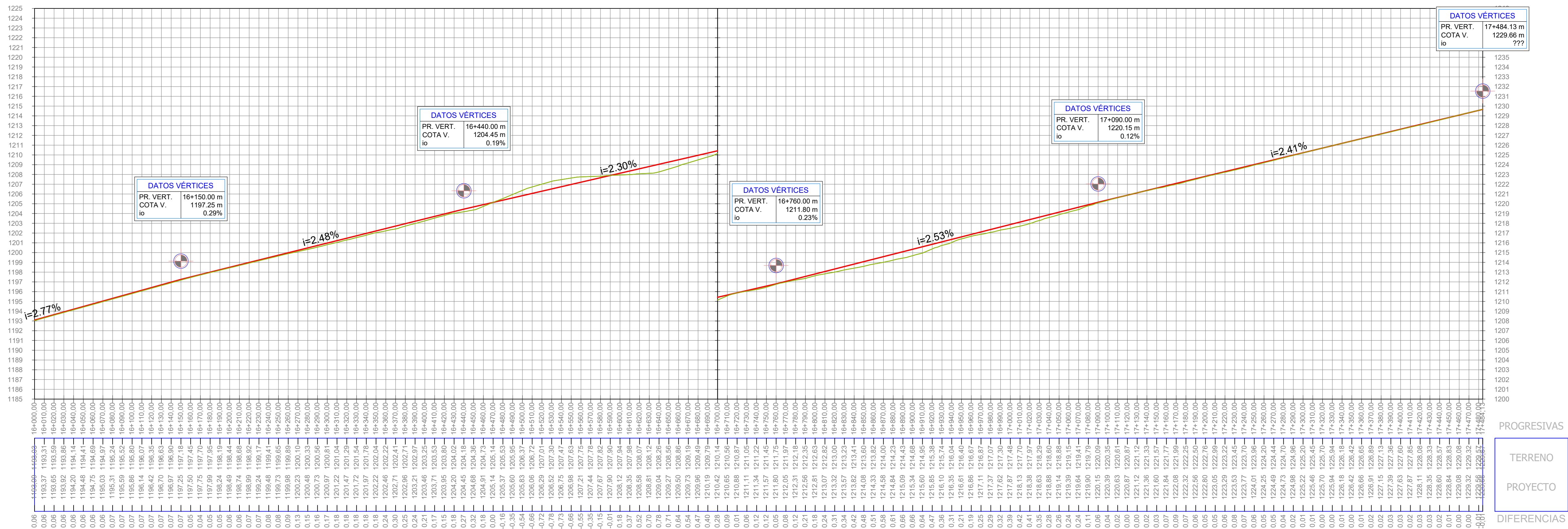
DATOS VERTICES

PR. VERT.	15+480.00 m
COTA V.	1161.20 m
ρ	0.17%

DATOS CURVA VERT


PR. VERT.	15+820.00 m
COTA V.	1188.10 m
ρ	0.74%
L	100.00 m
K	134.53 m ³

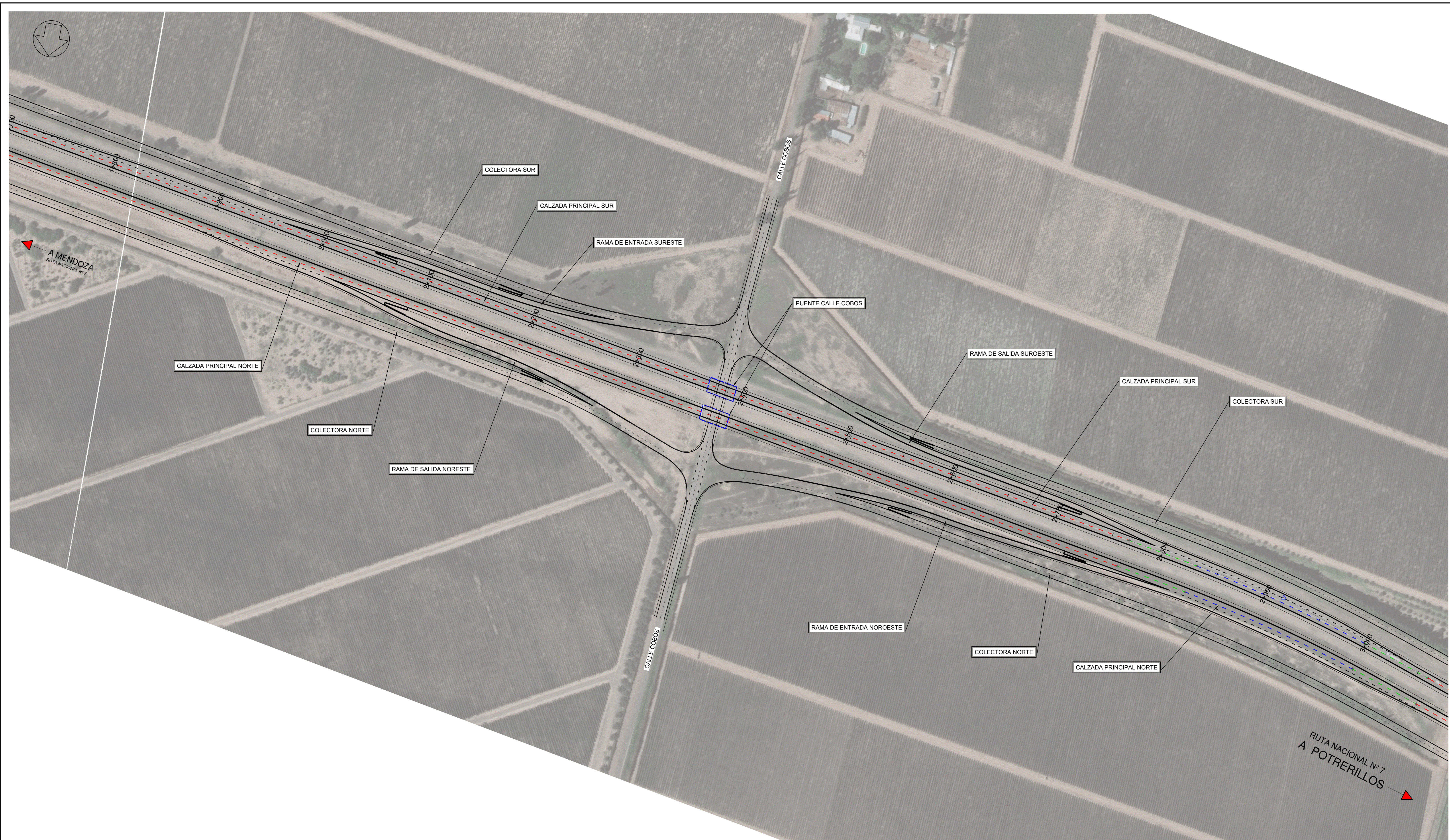
SIGNIFICADO DE LOS NÚMEROS DE LAS OBRAS PROYECTADAS	1	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE CON ASFALTO MODIFICADO INCLUIDO RIEGO DE LIGA, DE 0.05m DE ESPESOR, PARA CALZADA PRINCIPAL	8		ESCALAS: Planimetría Esc. H. = 1:2500 Altimetría Esc. H. = 1:2500 Esc. V. = 1:250		PROYECTO FINAL AÑO 2023			
	2	CONSTRUCCIÓN DE PUENTES. ARROYO DE LAS AVISPAS	9					Alumnos: Franco Faccio, Maximiliano Olguín, Gerónimo Sindoni Lenz Director de Trabajo: Ing. Antonio Cereseto Integrantes de la Cátedra: Ing. Pablo Martín, Ing. Gustavo Castro, Ing. Helvio Grii	Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7 Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizzarro Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza	
	3		10					PLANIEALTIMETRÍA CALZADA PRINCIPAL SUR Progr. 14+000 a 16+000		
	15		16	17	18	19	20	21		



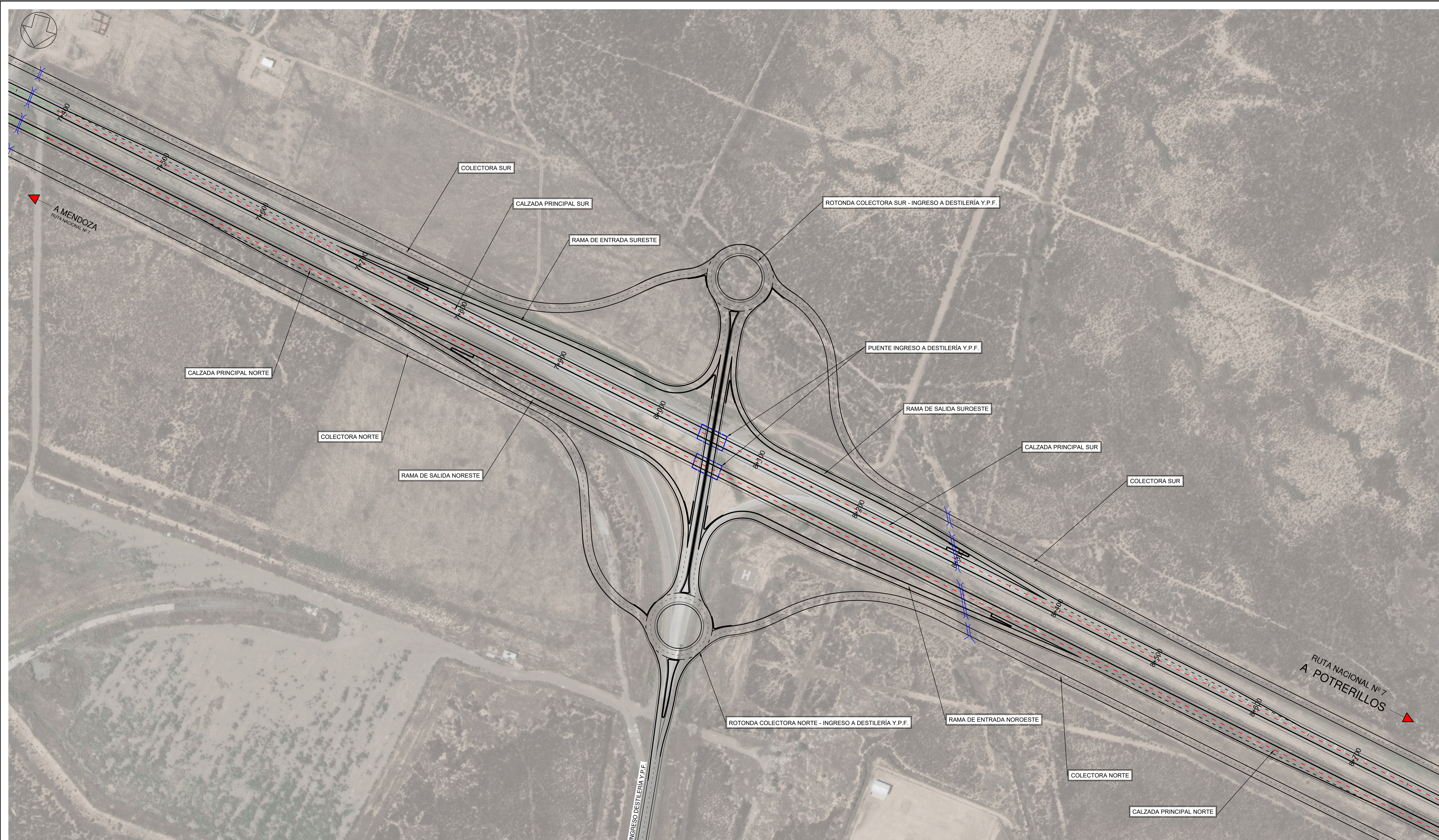
SIGNIFICADO DE LOS NÚMEROS DE LAS OBRAS PROYECTADAS	1	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE CON ASFALTO MODIFICADO INCLUIDO RIEGO DE LIGA, DE 0.05m DE ESPESOR, PARA CALZADA PRINCIPAL	2	CONSTRUCCIÓN DE CORDÓN DE ALTURA VARIABLE PARA ISLETA DE BIFURCACION DE CALZADA.	3		4		5		6		7		ESCALAS: Planimetría Esc. H. = 1:2500	Altimetría Esc. H. = 1:2500 Esc. V. = 1:250	F.R.M. U.T.N.	PROYECTO FINAL	AÑO 2023		
	8		9		10		11		12		13		14		Alumnos	Director de Trabajo				Integrantes de la Cátedra	Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7
	15		16		17		18		19		20		21		Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz	Ing. Antonio Cereseto				Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Grii	Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizarro
																		Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza		PLANIEALTIMETRÍA CALZADA PRINCIPAL SUR Progr. 16+000 a 17+484,13	




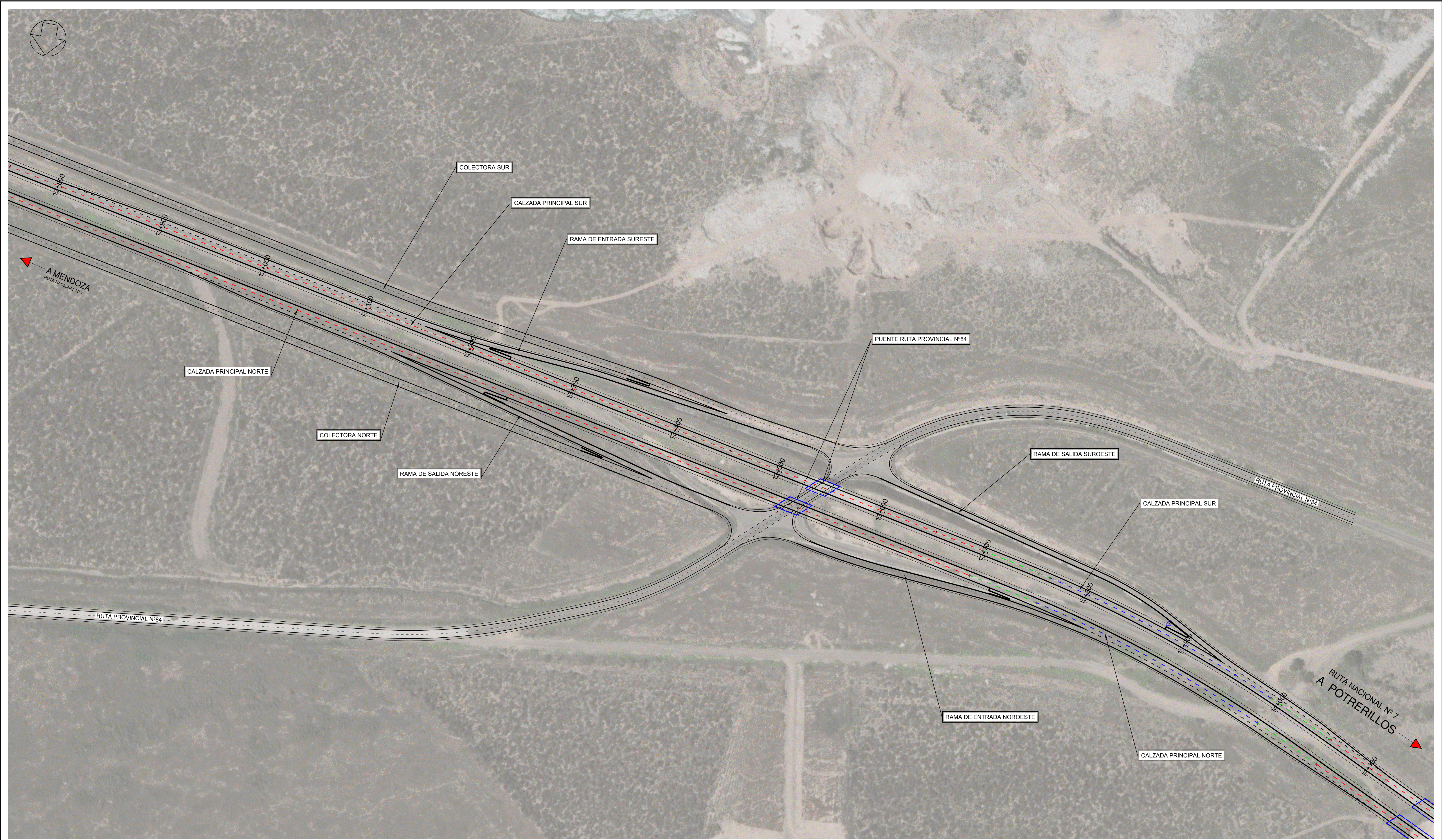
ESCALAS: Planimetría Esc. H. = 1:1500			 F.R.M. U.T.N.	PROYECTO FINAL	AÑO 2023
Alumnos Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz	Director de Trabajo Ing. Antonio Cereseto	Integrantes de la Cátedra Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Griii			




ESCALAS: Planimetría Esc. H. = 1:1500			F.R.M. U.T.N.	PROYECTO FINAL	AÑO 2023
Alumnos Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz	Director de Trabajo Ing. Antonio Cereseto	Integrantes de la Cátedra Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Griii	Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL Nº 7 Tramo : Empalme R.N. Nº 40 - Aguas del Pizarro Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza PLANIEMETRÍA INTERCAMBIADOR COBOS		



ESCALAS: Planimetría Esc. H. = 1:2500			 F.R.M. U.T.N.	PROYECTO FINAL	AÑO 2023
Alumnos Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz	Director de Trabajo Ing. Antonio Cereseto	Integrantes de la Cátedra Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Griii			



ESCALAS: Planimetría Esc. H. = 1:2500			 F.R.M. U.T.N.	PROYECTO FINAL	AÑO 2023
Alumnos Franco Faccio Maximiliano Olguín Gerónimo Sindoni Lenz	Director de Trabajo Ing. Antonio Cereseto	Integrantes de la Cátedra Ing. Pablo Martín Ing. Gustavo Castro Ing. Helvio Griii			



Capítulo 7. Intersecciones y cruces

I. Estudio de puentes

a. Generalidades

Como consecuencia de la transformación de la RNN°7 en autopista se deberán generar varios nuevos cruces los cuales tendrán como resultado la construcción de puentes carreteros.

Los nuevos cruces estarán proyectados sobre las intersecciones de calle Cochabamba, calle Cobos, intersección con el ingreso a destilería y la intersección con la ruta provincial N°84.

En el caso del cauce aluvional arroyo las avispas, el puente carretero será de las mismas características del puente existente.

Para verificaciones, dimensionamiento y diseño de estructuras existentes y nuevas se utilizarán los siguientes reglamentos:

- Reglamento CIRSOC 201
- Normas antisísmicas argentinas NAA 80
- Cargas de tránsito para puentes carreteros de la Dirección Nacional de Vialidad

b. Materiales

Según el elemento estructural resiste que se trate tendrás las siguientes calidades de hormigón, descritos en el reglamento CIRSOC 201, primera parte.

- Vigas: H30
- Losas: H25
- Muros de contención: H30
- Pilotes: H21
- Cabezales: H21

c. Cargas actuantes

Las cargas que se tienen en cuenta son:

- Aplanadora A30

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

- Muchedumbre compacta
- Sismo
- Viento
- Nieve
- Dilataciones térmicas

d. Puentes carreteros ubicados sobre Cochabamba y Cobos

El cruce sobre Cochabamba se encuentra ubicado en la progresiva 621m que atraviesa a la misma por dos puentes carreteros, la intervención será la construcción de un puente de dos calzadas en el mismo sentido de 3.65m cada uno, la longitud de cálculo es de 24m.

El puente sobre calle Cobos se encuentra sobre la progresiva 2+167m, y el puente carretero tiene la misma longitud de calculo que el ubicado sobre Cochabamba, por consiguiente, los cálculos serán los mismos para ambos casos.

e. Puentes carreteros ubicados sobre el ingreso a destilería como ruta provincial N°84

El puente proyectado sobre el cruce con el ingreso a destilería se encuentra sobre la progresiva 8.047 m, el perfil transversal de este puente es idéntico a los anteriores, constituido por dos calzadas en el mismo sentido de 3,65m cada uno, la longitud de cálculo en este casi asciende a los 31m.

También tenemos el cruce con la ruta provincial N°84 que es la que llega al complejo penitenciario Cacheuta, este cruce se encuentra en la progresiva 13+492m, y el perfil transversal es idéntico al anterior.

II. Cálculo de puente cruce Cochabamba y Cobos

a. Losa

La siguiente será de hormigón armado, de dimensiones 14 m de ancho por 24 m de largo. Para el cálculo de la losa, se realizará con el programa computacional SAP2000, teniendo en cuenta las líneas de influencia y así obtener solicitaciones máximas y mínimas en tramos como apoyos.



Las cargas asociadas tenidas en cuenta son el paso de una aplanadora A30 y una muchedumbre compacta sobre la calzada de 6KN/m², y el coeficiente de impacto para tableros de calzada es de 1,4, este coeficiente de sobrecarga tiene en cuenta características de la estructura.

La armadura inferior de la losa es 1 hierro de $\phi 16$ cada 14 cm y la armadura de repartición de la misma es 1 hierro de $\phi 8$ cada 10 cm, y la armadura superior de la losa es 1 hierro de $\phi 12$ cada 10 cm En el anexo se muestra un detalle constructivo con despiece de armaduras.

b. Vigas

Según la tabla aportada por vialidad nacional para un pre-dimensionado de vigas, la altura de la misma seria de 135 cm de altura con una base de 60 cm, como se muestra en la Figura 34. Predimensionado de viga s/Vialidad Nacional. También la tabla proporciona valores de apoyos y otras dimensiones útiles para su construcción.

Luz calc	Long.	A	B	C	E	K	Hv	Ht	Np	Np	ΔL	Vol	Gv.	βv	Pv	2 $\beta v/Pv$
[m]	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[t]	[t]	[cm]	[m ³]	[t]	[m ³]		
15,00	15,60	18,00	50,00	8,00	47,00	15,00	95,00	110,00	200,00	250,00	30,00	4,954	11,889	0,2846	276,60	0,2095
17,50	18,10	18,00	50,00	8,00	52,00	20,00	105,00	120,00	250,00	313,00	30,00	6,324	15,177	0,3186	291,60	0,2185
20,00	20,60	18,00	55,00	10,00	60,00	20,00	115,00	130,00	290,00	363,00	30,00	8,229	19,749	0,3643	324,60	0,2245
22,50	23,10	18,00	55,00	10,00	70,00	20,00	125,00	140,00	335,00	419,00	30,00	9,655	23,179	0,3829	344,60	0,2210
25,00	25,80	18,00	60,00	15,00	70,00	25,00	135,00	150,00	390,00	488,00	40,00	12,963	31,112	0,4635	378,20	0,2451
27,50	28,30	18,00	60,00	15,00	80,00	25,00	145,00	160,00	435,00	544,00	40,00	14,753	35,407	0,4815	398,20	0,2413

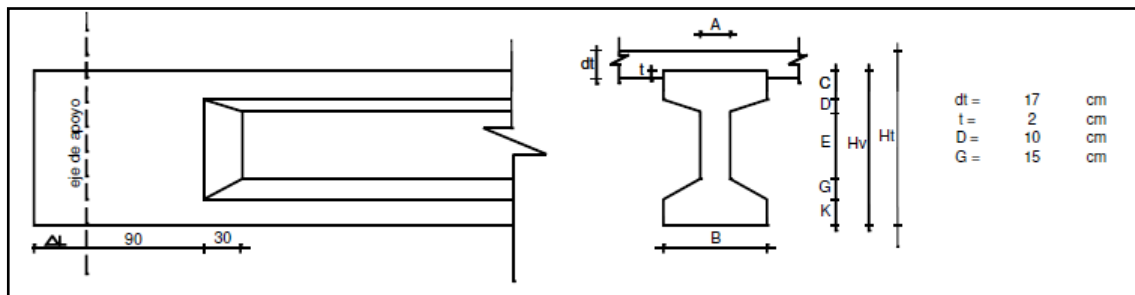


Figura 34. Predimensionado de viga s/Vialidad Nacional

Las vigas aparte de tener una armadura de flexión serán vigas postensadas, con un sistema tipo TESIT, las cuales cuentan con una vaina interior que cubre un cable acerado con tensión, que se da con gatos hidráulicos posterior al fraguado de la viga.

En ambos puentes contienen dos vainas de con 10 tensores cada una, cada tensor es de un diámetro de 0,6", estas vainas siguen una trayectoria curva a lo largo de la viga, en el anexo se muestran las secciones de apoyo y tramo de las mismas.



Aparte del sistema TESIT de postensado, las vigas cuentan con una armadura de flexión en la zona inferior de la misma de 3 hierros de $\phi 12$, ya que con esta cantidad de tensores se llegaba a cubrir la demanda de flexión.

Según el cálculo de corte, se obtuvo que la armadura del mismo es un estribo de 2 ramas $\phi 12$ cada 15cm, esto se da en la zona de apoyo que tiene una demanda mayor de corte, y en la zona de apoyo el estribo es de 2 ramas de $\phi 10$ cada 15cm.

La viga también cuenta con una armadura que une la viga con el tablero, esta armadura que funciona como perno de corte esta materializada por un estribo cerrado, de 2 ramas que se encuentra en el centro de la viga y el mismo es de $\phi 12$ cada 15cm a lo largo de todo el largo de la viga.

Los puentes llegan a una viga de aproximación de dimensiones según calculo, en la cual descansan sobre placas de neoprene las vigas principales.

En la viga cabecera se disponen aparatos de apoyo y elementos de control de desplazamientos extraordinarios que impiden el deslizamiento del tramo de puente fuera de las zonas de apoyo. Las acciones debidas al efecto sísmico son transferidas a los estribos pues el tablero se proyecta con losa de continuidad.

III. Cálculo de puente de ingreso a destilería y cruce RP N° 82

a. Losa

La losa de este puente es idéntica a los anteriores ya que, al ser el mismo perfil transversal, la losa no cambia de espesor ni armadura.

b. Vigas

Según la tabla aportada por vialidad nacional para un pre dimensionado de vigas, la altura de la misma sería de 160 cm de altura con una base de 65 cm, como se muestra en la Figura 35. Predimensionado viga ingreso destilería.



Luz calc	Long.	A	B	C	E	K	Hv	Ht	Nφ	Np	ΔL	Vol	Gv.	βv	Pv	2βv/Pv
[m]	[m]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[t]	[t]	[cm]	[m ³]	[t]	[m ²]		
15,00	15,60	18,00	50,00	8,00	47,00	15,00	95,00	110,00	200,00	250,00	30,00	4,954	11,889	0,2846	276,60	0,2095
17,50	18,10	18,00	50,00	8,00	52,00	20,00	105,00	120,00	250,00	313,00	30,00	6,324	15,177	0,3186	291,60	0,2185
20,00	20,60	18,00	55,00	10,00	60,00	20,00	115,00	130,00	290,00	363,00	30,00	8,229	19,749	0,3643	324,60	0,2245
22,50	23,10	18,00	55,00	10,00	70,00	20,00	125,00	140,00	335,00	419,00	30,00	9,655	23,172	0,3823	344,60	0,2219
25,00	25,80	18,00	60,00	15,00	70,00	25,00	135,00	150,00	390,00	488,00	40,00	12,963	31,112	0,4635	378,20	0,2451
27,50	28,30	18,00	60,00	15,00	80,00	25,00	145,00	160,00	435,00	544,00	40,00	14,753	35,407	0,4815	398,20	0,2419
30,00	30,80	18,00	65,00	20,00	90,00	25,00	160,00	175,00	470,00	588,00	40,00	18,593	44,622	0,5583	441,80	0,2527
32,50	33,30	18,00	65,00	20,00	90,00	25,00	160,00	175,00	470,00	588,00	40,00	18,593	44,622	0,5583	441,80	0,2527
35,00	35,80	20,00	70,00	25,00	105,00	30,00	185,00	200,00	580,00	725,00	40,00	27,969	67,126	0,7075	502,20	0,2019

Figura 35. Predimensionado viga ingreso destilería

Las vigas serán postensadas, con un sistema tipo TESIT, las cuales cuentan con una vaina interior que cubre un cable acerado con tensión, que se da con gatos hidráulicos posterior al fraguado de la viga.

Las vigas contienen dos vainas de con 12 tensores cada una, cada tensor es de un diámetro de 0,6", estas vainas siguen al igual que las otras vigas siguen una trayectoria curva a lo largo de la viga, en el anexo se muestran las secciones de apoyo y tramo de las mismas.

La armadura de corte en el apoyo es de un estribo cerrado de φ12 cada 15 cm de separación, y en el resto de la viga es de φ10 cada 15 cm.

Como en los casos anteriores las vigas cabeceras cuentan con dispositivos anti desplazamiento lateral, que quede por fuera de la zona de apoyo.

IV. Calculo estribos de puente

a. Estribos

Cada uno de los apoyos extremos de los puentes se ha resuelto mediante estribos cerrados de hormigón armado con muros de ala en reversa fundado en pilotes macizos excavados y hormigonados in situ.

Para poder resolver este problema ingenieril, lo que se hace es darles dimensiones a los estribos para poder verificarlos al vuelco y al deslizamiento, este proceso se realizó gracias al software GEO5.

En la Figura 36. Estribo de puente – Soft GEO5, se puede ver las dimensiones de los estribos en corte, imagen generada por el software GEO5.

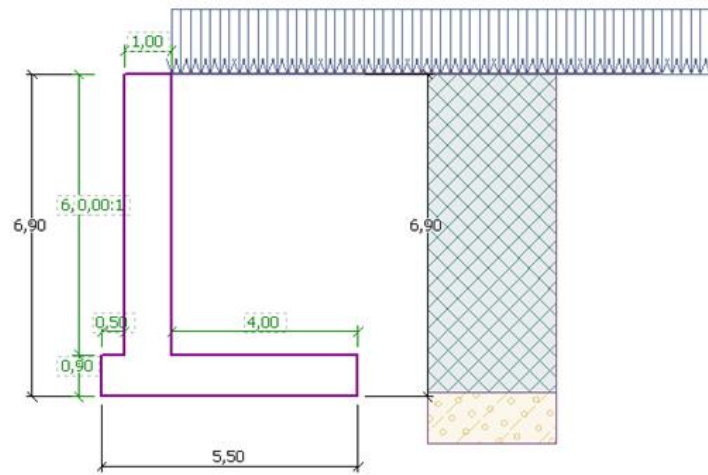


Figura 36. Estribo de puente – Soft GEOS

La carga aplicada es una carga accidental de 50KN/m² de forma accidental, simulando cualquier paso de vehículos.

Las condiciones del suelo de relleno para la generación del talud son las que se muestra en la Figura 37. Condiciones de suelo.

suelo relleno Peso unitario : $\gamma = 1700,00 \text{ kN/m}^3$ Estado de tensión : efectivo Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} = 32,00^\circ$ Cohesión de suelo : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$ Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 0,00^\circ$ Suelo : granular Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 1800,00 \text{ kN/m}^3$	
suelo fundacion Peso unitario : $\gamma = 1800,00 \text{ kN/m}^3$ Estado de tensión : efectivo Ángulo de fricción interna : $\phi_{ef} = 32,00^\circ$ Cohesión de suelo : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$ Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 0,00^\circ$ Suelo : granular Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 1900,00 \text{ kN/m}^3$	

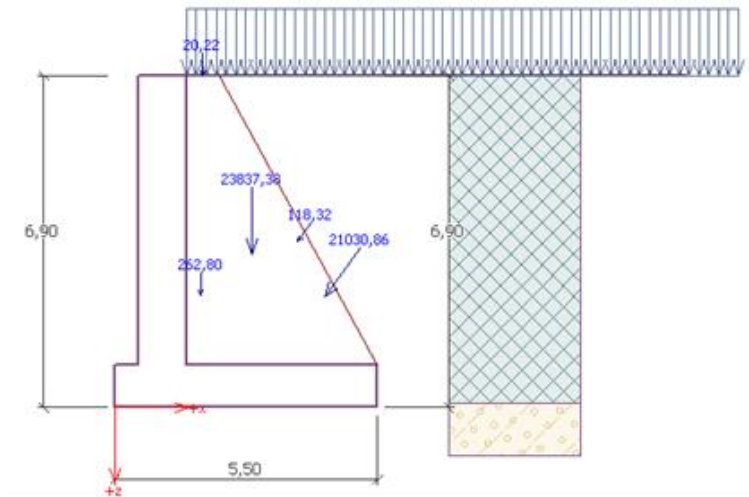
Figura 37. Condiciones de suelo



Teniendo el suelo de fundación una densidad mayor, debido a toda la carga de pre consolidación a la que ha sido expuesto.

Las verificaciones de vuelco y al deslizamiento son las que se muestra en la

Figura 38. Verificación vuelco y deslizamiento en GEO5



Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador $M_{res} = 143686,36 \text{ kNm/m}$

Momento de vuelco $M_{ovr} = 28816,59 \text{ kNm/m}$

Factor de seguridad = $4,99 > 1,50$

Muro para vuelco **ES SATISFACTORIA**

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente $H_{res} = 25733,24 \text{ kN/m}$

Fuerza horizontal activa $H_{act} = 12497,46 \text{ kN/m}$

Factor de seguridad = $2,06 > 1,50$

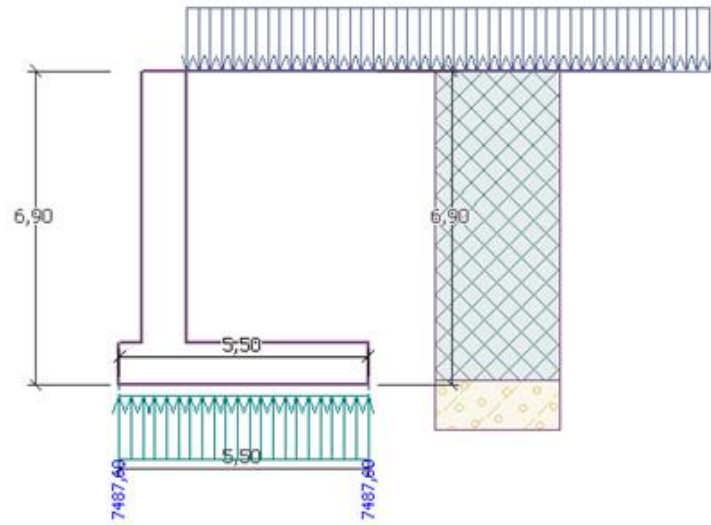
Muro para deslizamiento **ES SATISFACTORIA**

Verificación completa - **MURO ES SATISFACTORIA**

Figura 38. Verificación vuelco y deslizamiento en GEO5



Tomando del estudio de suelo que la capacidad portante del suelo es de 30.000 KPa, podemos obtener la verificación de capacidad portante, en la Figura 39. Verificación portante del suelo GEO5.



Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [-]	Tensión [kPa]
1	-1619,86	41181,79	12497,46	0,000	7487,60

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	-1619,86	41181,79	12497,46

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0,000$

Máxima excentricidad permitida $e_{allow} = 0,333$

Excentricidad de la fuerza normal **ES SATISFACTORIA**

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 7487,60$ kPa

Capacidad portante del terreno de cimentación $R_d = 100000,00$ kPa

Factor de seguridad = 13,36 > 1,50

Capacidad portante del terreno de cimentación **ES SATISFACTORIA**

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación **ES SATISFACTORIA**

Figura 39. Verificación portante del suelo GEO5

Como puede verse en el resultado, se puede obtener un coeficiente de seguridad de 13 que es mayor al planteado en el modelo.



b. Pilotes

Para el dimensionamiento de los pilotes, se toma el caso más desfavorable, dicho caso es el que tiene una carga de 300 toneladas, $P_v = 300$ t. El diámetro de los pilotes se adopta 50 cm.

Materiales

- Acero: ADN 420
- Hormigón: H21 – 210 kg/cm² (Resistencia a compresión)

Datos

- Profundidad de penetración del pilote: 50 cm
- Coeficiente de seguridad: 3.5
- Recubrimiento: 5 cm

Cálculo de capacidad de carga

Para determinar la capacidad de carga del pilote se utiliza la teoría de Terzaghi para verificar la capacidad a carga estáticas, para ello tenemos la Ecuación 7.1:

$$Q_{total} = Q_{fuste} + Q_{punta}$$

Ecuación 7.1

Como podemos ver en la Ecuación 7.1, está compuesta por una suma de dos partes, para ello vamos a analizar cada una de ellas por separado, comenzamos por la carga de fuste y luego por la carga de punta.

- Carga de Fuste

Para la determinación de la carga de fuste, también es una suma de dos partes para ello tenemos carga de fricción y carga de adherencia como se ve en la Ecuación 7.2

$$Q_{fuste} = Q_{friccion} + Q_{adherencia}$$

Ecuación 7.2



Carga de fricción:

$$Q_{friccion} = 0,5 * K \delta * H^2 * Perimetro * \gamma$$

Ecuación 7.3

Donde:

K tg δ , coeficiente de fricción entre suelo y pilote s/Caquot y Kerisel.

H; altura del estrato (m)

Perímetro; perímetro del pilote (m)

γ ; peso específico del estrato

Carga de Adherencia:

$$Q_{friccion} = \alpha * c' * Perimetro * H$$

Ecuación 7.4

Donde:

α ; coeficiente de adherencia entre el suelo y pilote s/ Caquot y Kerisel

c' ; 0,66

- Carga de Punta

$$Q_{punta} = (1,3 * c * N_c + \gamma * D_f * N_g) * A_p$$

Ecuación 7.5

En la Tabla 19. Valores para determinación de carga, se ven valores correspondientes a los diferentes estratos.

Tabla 19. Valores para determinación de carga

Estrato		1	2	3
Clasificación		GP	CL	GP
Profundidad	m	2	3	0,5
Angulo ϕ	°	32	22	37
Peso Especifico	kg/m ³	1700	1400	1750
Cohesión C	kg/cm ²	0	0,35	0
Nc		44,04	20,27	70,01
Nq		28,52	9,19	53,8
Ny		26,87	5,09	65,27
c'		0	0,231	0
α		1	0,95	1
Ktg δ		4,062	1,293	7,618

Determinación de cantidad de pilotes

Para la determinación de la cantidad de pilotes se utiliza una simple ecuación en relación con la capacidad de carga, factor de seguridad y carga de trabajo, se pueden ver dicha relación en la Ecuación 7.6.

$$F_s = \frac{n^{\circ} \text{ de pilotes} * Q_t}{P_v}$$

Ecuación 7.6

Reemplazando los valores ya calculados, obtenemos una cantidad de pilotes igual a 6.

Determinación de armadura

El código establece armaduras mínimas tanto longitudinal como transversal en función del área del pilote.

Para la separación de la armadura transversal, hay que tener en cuenta, que la separación calculada, se debe reducir a la mitad, en una extensión de tres veces el diámetro del pilote, debajo de la superficie inferior del cabezal o arriostamiento de la fundación.

Se adopta:


- bw = 50 cm
- Cc = 5 cm

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------


- $d_c = b_w - 2C_c = 30 \text{ cm}$
- $\phi = 0,65$ (estribos simples)
- $f'_c = 21 \text{ Mpa}$
- $f_y = 420 \text{ Mpa}$

Tabla 20. Cálculo de Armadura longitudinal

$P_n = P_u / \phi_i$	51,28	t				
$A_g = \pi \cdot b_w^2 / 4$	1.963,5	cm ²				
$\phi_i \cdot P_n =$	$0,8 \cdot \phi_i \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st})$					
Se despeja A_{st}						
A_{st}	-0,01	cm ²	-71,21	cm ²		
Dado que A_{st} es negativa se adopta						
$A_{st} = \rho_{g \text{ min}} \cdot A_g$						
A_{st}	19,63	cm ²				
Se Adopta	10	Fi16		10*2,01cm ²	$A_s = 20,11$	cm ²

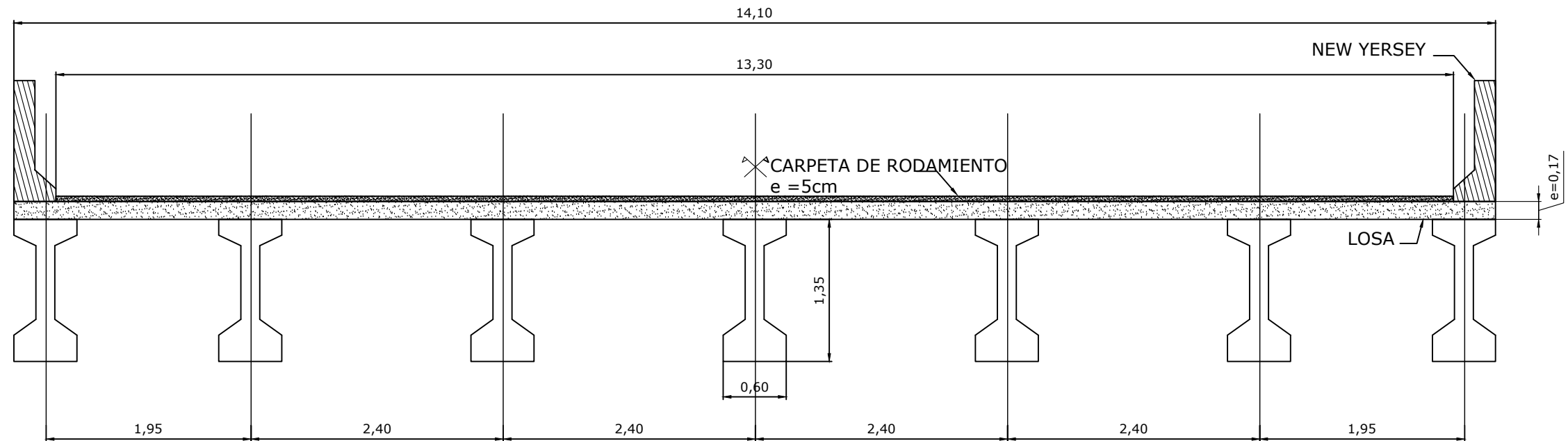
 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

Anexos

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

Anexo 7-I. Losa Cochabamba – Cobos

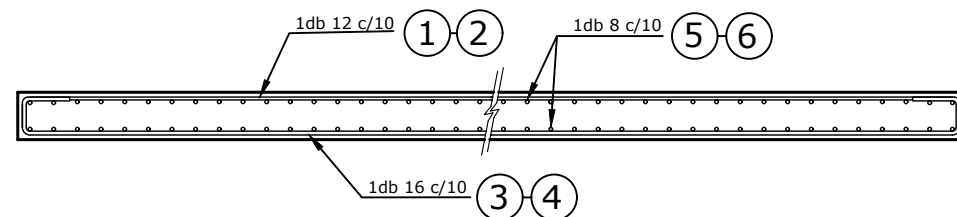
Esc. 1:50



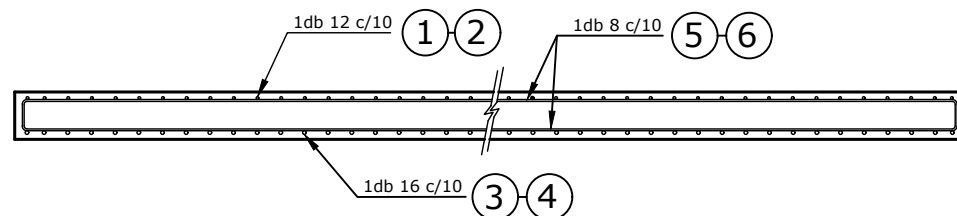
VIGAS ADOPTADAS DE TABLA TIPO DE DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD

Sin Esc.

LOSA DE TABLERO
Armadura transversal



Armadura longitudinal



PLANILLA DE DESPIECE

Ubicación	Posición	Ø [mm]	Cantidad	Long. de corte [cm]	Forma - Dimensiones [cm]
LOSA DE TABLERO	①	12	240	1200	
		12	240	260	
	②	12	480	120	
		16	336	1200	
	③	16	336	260	
		16	672	120	
④	16	672	120		
	8	280	1200		
⑤	8	140	750		
	8	80	750		
⑥	8	80	750		

ESCALAS: SIN ESCALA



PROYECTO FINAL

AÑO
2023

Alumnos

Director de Trabajo

Integrantes de la Cátedra

Franco Faccio
Maximiliano Olguín
Gerónimo Sindoni Lenz

Ing. Antonio Cereseto

Ing. Pablo Martín
Ing. Gustavo Castro
Ing. Helvio Grili

Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7

Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizarro

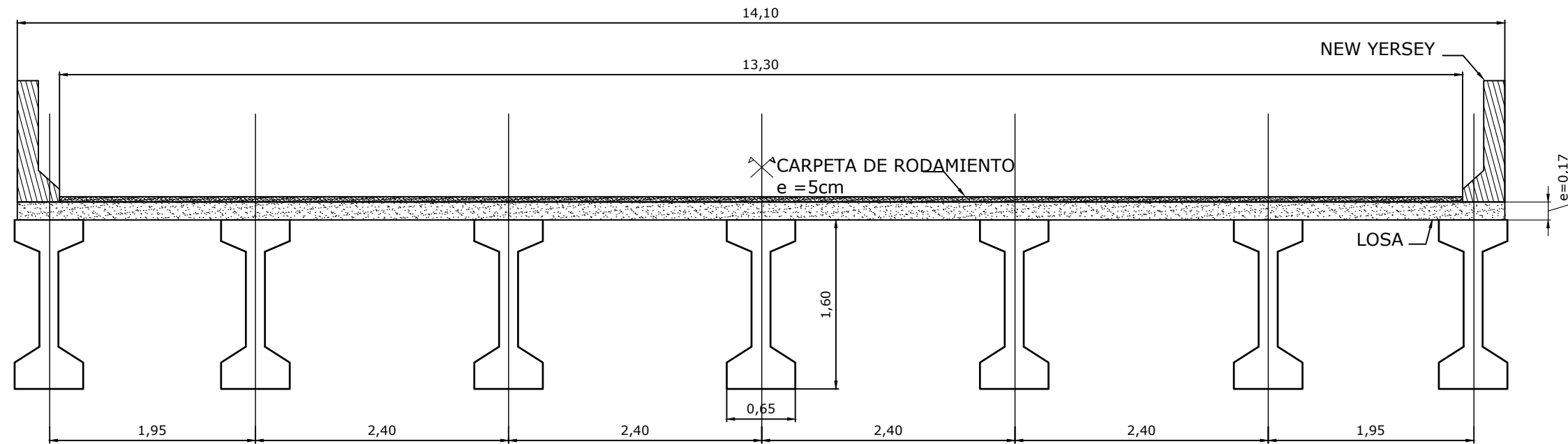
Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza

LOSAS DE PUENTE CALLE COCHABAMBA Y CALLE COBOS

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

Anexo 7-II. Losa RP84 – Losa Destilería

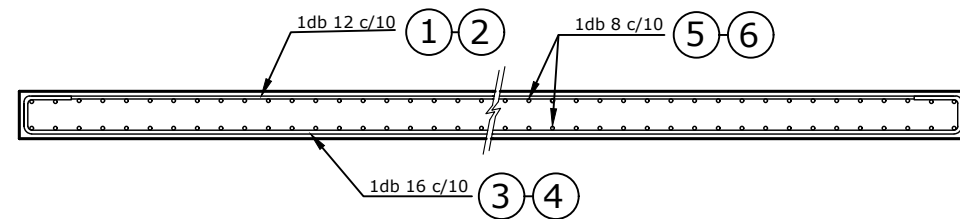
Esc. 1:50



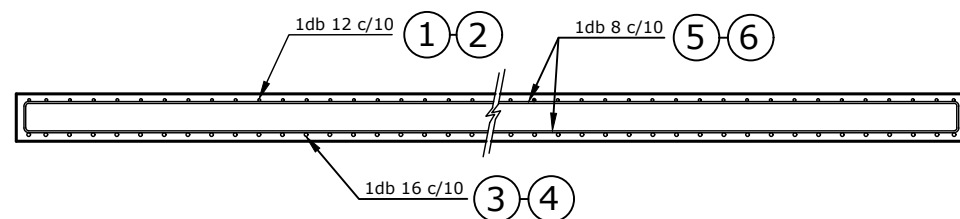
VIGAS ADOPTADAS DE TABLA TIPO DE DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD

Sin Esc.

LOSA DE TABLERO
Armadura transversal



Armadura longitudinal



PLANILLA DE DESPIECE

Ubicación	Posición	Ø (mm)	Cantidad	Long. de corte (cm)	Forma - Dimensiones (cm)
LOSA DE TABLERO	①	12	240	1200	1200 x 260 (hook 60)
		12	240	260	hook 60
	②	12	480	120	hook 85, 16, 19, 85, 16, 19
		16	336	1200	1200 x 260 (hook 60)
	③	16	336	260	hook 60
		16	672	120	hook 85, 16, 19, 85, 16, 19
	⑤	8	280	1200	1200 x 750 (hook 1200)
		8	140	750	hook 750
	⑥	8	80	750	hook 14, 85, 19, 85, 14, 19

ESCALAS: SIN ESCALA



PROYECTO FINAL

AÑO
2023

Alumnos

Director de Trabajo

Integrantes de la Cátedra

Franco Faccio
Maximiliano Olguín
Gerónimo Sindoni Lenz

Ing. Antonio Cereseto


Ing. Pablo Martín
Ing. Gustavo Castro
Ing. Helvio Grili

Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7

Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizzarro

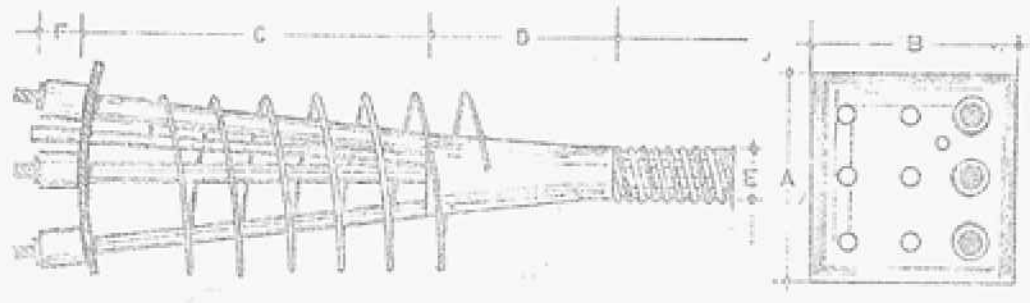
Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza

LOSAS DE PUENTE INGRESO A DESTILERÍA Y.P.F.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

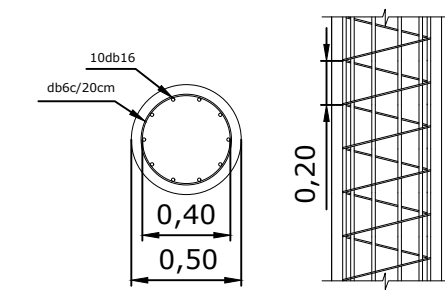
Anexo 7-III. Viga RP84 – Viga Destilería

SECCION DEL TENSOR Y CARACTERISTICA GEOMETRICA DE LA UNIDAD DE ANCLAJE TIPO N



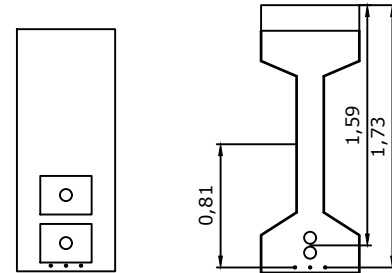
Tipo de TENSOR	A mm.	B mm.	C mm.	D mm.	E mm.	F mm.	Cable de Ø por Tensor	Sección Momento mm ⁴	Peso Teórico kg/ml	CARGA MAXIMA Inicial 65% Teó. 100 kg/m ²	Servicio 60% Teó. 100 kg/m ²
N 106	95	95	—	—	32/38	50	1	140	1,11	19	15
N 206	95	170	450	200	32/38	50	2	200	2,22	38	30
N 306	95	255	450	250	38/44	50	3	420	3,33	57	45
N 406	170	170	450	200	42/48	50	4	560	4,44	76	60
N 506	170	255	450	250	53/59	50	5	700	5,55	95	75
N 606	170	340	450	250	53/59	50	6	840	6,66	114	90
N 706	170	340	450	300	65/71	50	7	980	7,77	133	105
N 806	170	340	450	300	65/71	50	8	1120	8,88	152	120
N 906	255	255	450	250	65/71	50	9	1260	9,99	171	135
N 1006	170	425	450	300	75/81	50	10	1400	11,10	190	150
N 1106	255	340	450	300	75/81	50	11	1540	12,21	209	165
N 1206	255	425	450	300	75/81	50	12	1680	13,32	228	180
N 1306	255	425	450	300	80/86	50	13	1820	14,43	248	195
N 1406	255	425	450	300	80/86	50	14	1960	15,54	267	210

DETALLE DE PILOTES DE FUNDACIÓN

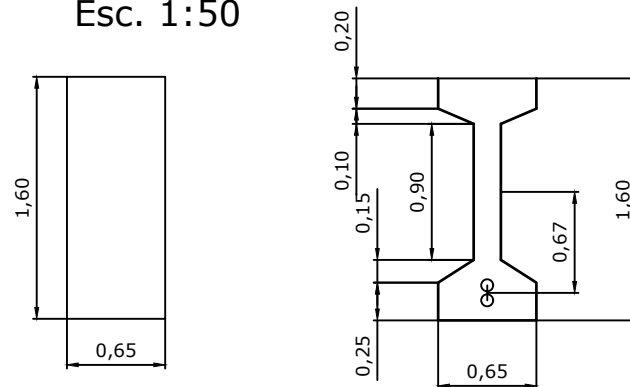


VIGAS	Forma - Dimensiones [cm]	12		10		
	Posición	①	②	③	④	
	Ø [mm]	12	12	10	10	
	Long. de corte [cm]	442	372	196	184	
	Cantidad	22	210	180	180	

Esc. 1:50



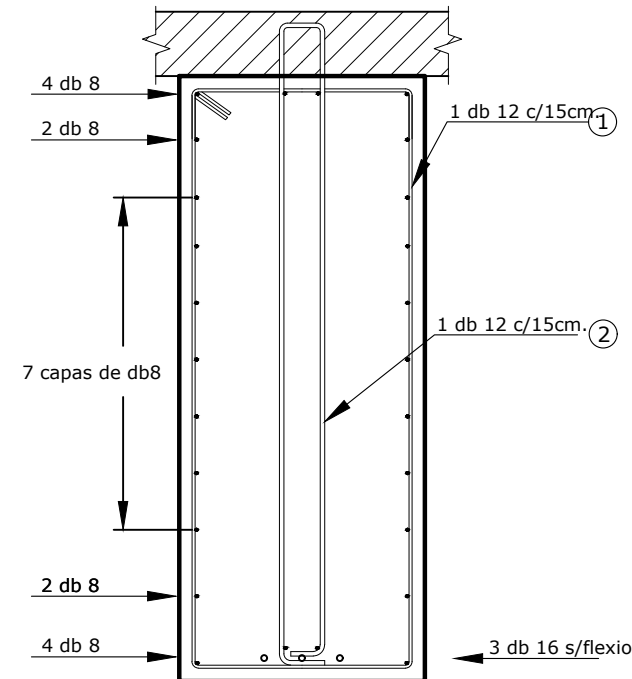
Esc. 1:50



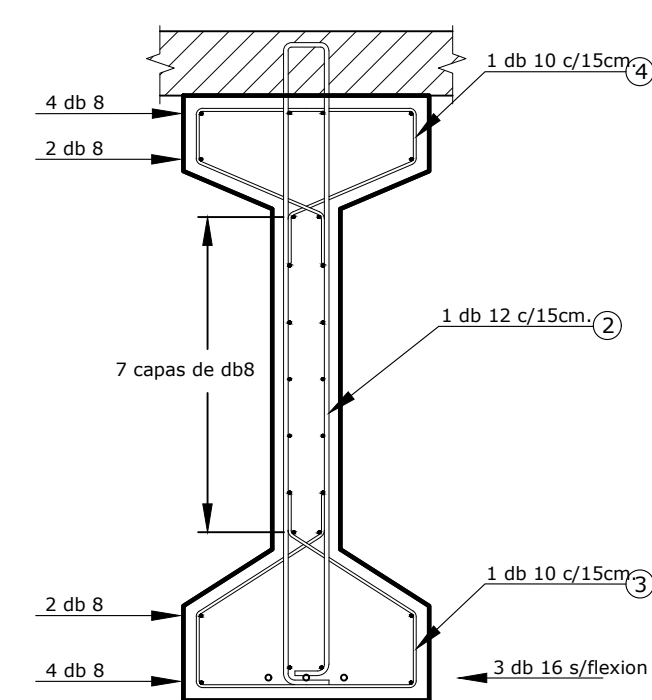
sección apoyo
10400cm²

sección tramo
5582cm²

Esc 1:20



SECCION EN APOYO



SECCION EN TRAMO

ESCALAS: SIN ESCALA



PROYECTO FINAL

AÑO
2023

Alumnos

Director de Trabajo

Integrantes de la Cátedra

Franco Faccio
Maximiliano Olguín
Gerónimo Sindoni Lenz

Ing. Antonio Cereseto

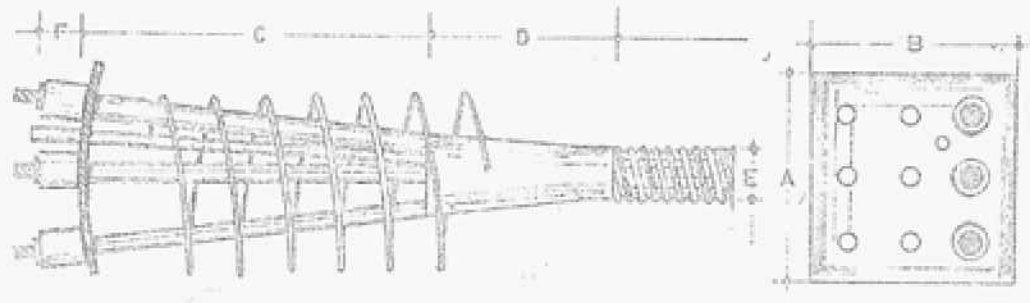
Ing. Pablo Martín
Ing. Gustavo Castro
Ing. Helvio Grili

Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7
Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizarro
Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza
VIGAS DE PUENTE INGRESO A DESTILERÍA Y.P.F.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	----------------	------

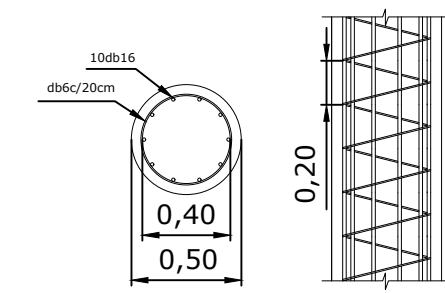
Anexo 7-IV. Viga Cochabamba – Cobos

SECCION DEL TENSOR Y CARACTERISTICA GEOMETRICA DE LA UNIDAD DE ANCLAJE TIPO N



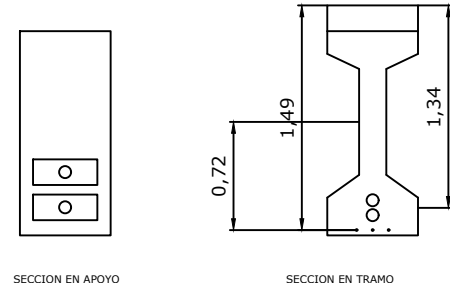
Tipo de TENSOR	A mm.	C mm.	D mm.	E d.int/ext. mm.	F mm.	Cable de Ø Qd por Tensor	Sección Nominal mm²	Peso Teórico kg/ml	CARGA MAXIMA		
									Inicial 85% de R. 200 kg/mm²	Servicio 60% de R. 100 kg/mm²	
N 106	85	85	—	—	32/38	50	1	140	1,11	19	15
N 206	85	170	450	200	32/38	50	2	280	2,22	38	30
N 306	85	255	450	250	38/44	50	3	420	3,33	57	45
N 406	170	170	450	200	42/48	50	4	560	4,44	76	60
N 506	170	255	450	250	53/59	50	5	700	5,55	95	75
N 606	170	255	450	250	53/59	50	6	840	6,66	114	90
N 706	170	340	450	300	65/71	50	7	980	7,77	133	105
N 806	170	340	450	300	65/71	50	8	1120	8,88	152	120
N 906	255	255	450	250	65/71	50	9	1260	9,99	171	135
N 1006	170	425	450	300	75/81	50	10	1400	11,10	190	150
N 1106	255	340	450	300	75/81	50	11	1540	12,21	209	165
N 1206	255	340	450	300	75/81	50	12	1680	13,32	228	180
N 1306	255	425	450	300	80/88	50	13	1820	14,43	248	195

DETALLE DE PILOTES DE FUNDACIÓN



VIGAS	Forma - Dimensiones [cm]				
	Posición	①	②	③	④
	Ø [mm]	12	12	8	8
	Long.de corte [cm]	382	312	191	165
	Cantidad	22	160	138	138

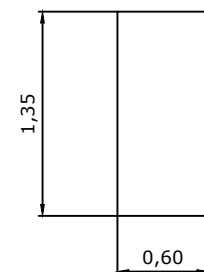
Esc. 1:50



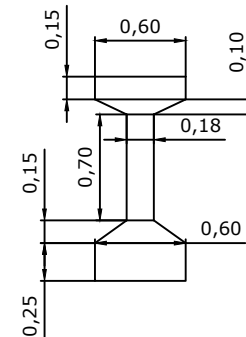
SECCION EN APOYO

SECCION EN TRAMO

Esc. 1:50

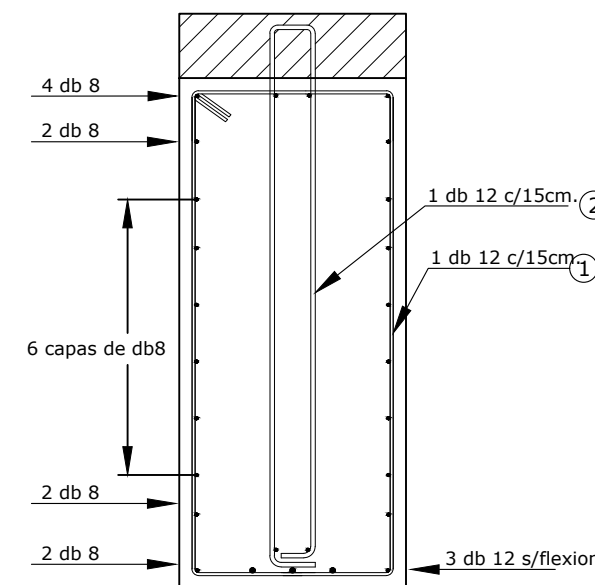


sección apoyo 8100cm2

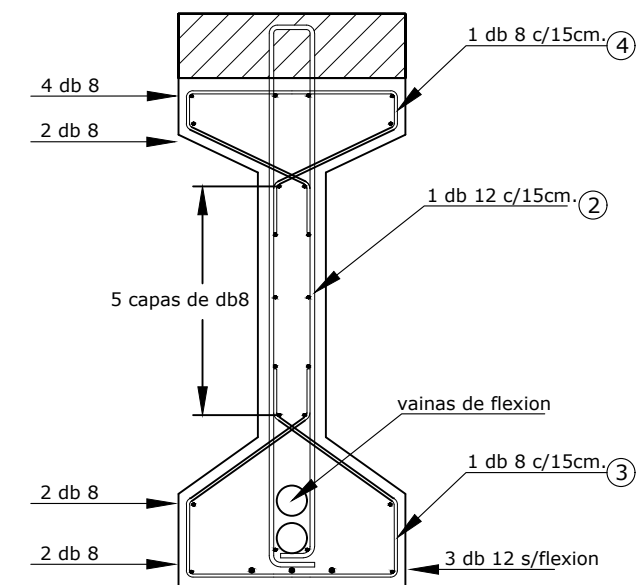


sección tramo 4635cm2

Esc 1:20



SECCION EN APOYO



SECCION EN TRAMO

ESCALAS: SIN ESCALA



PROYECTO FINAL

AÑO 2023

Alumnos

Franco Faccio
Maximiliano Olguín
Gerónimo Sindoni Lenz

Director de Trabajo

Ing. Antonio Cereseto

Integrantes de la Cátedra

Ing. Pablo Martín
Ing. Gustavo Castro
Ing. Helvio Grili

Obra: AUTOPISTA RUTA NACIONAL N° 7

Tramo : Empalme R.N.N° 40 - Aguas del Pizarro

Ubicación: Dpto. Luján de Cuyo. Provincia de Mendoza
VIGAS DE PUENTE CALLE COCHABAMBA Y CALLE COBOS

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Capítulo 8. Evaluación Económica

I. Origen del proyecto y objetivo de estudio

La ubicación del proyecto es en el tramo de la ruta nacional N°7 desde la intersección con la ruta nacional N°40 hasta la ubicación del ingreso a aguas del Pizarro, la situación que da origen a este proyecto es la ineficiencia en el traslado de bienes y servicios hacia el puerto en Chile, esta conexión es por medio del corredor bioceánico que une al Mercosur con oriente.

La ineficiencia está dada en que existen elevados tiempos de viaje y por consiguiente aumentos de costos generalizados de viaje. Las alternativas que pueden tenerse en cuenta son planteos de nuevas autopistas sobre la ruta provincial N°145 con el cruce Pehuenche, este cruce tiene conexión con el puerto de Constitución en Chile. Esta alternativa se descartó ya que uno de los principales puertos de Chile es el puerto de San Antonio, este puerto tiene conexión con Santiago de Chile y el corredor bioceánico.

El promotor del proyecto es el BID (Banco Interamericano de Desarrollo), el cual cuenta con tasa de interés muy bajas para países en desarrollo.

II. Cronograma de proyecto

Luego de que (DNV, s.f.) estudiará las factibilidades técnica, económica y coyuntural de la obra, se genera un anteproyecto del cual se analizan las variables intervinientes para poder llegar luego a un proyecto definitivo.

El proyecto ejecutivo se desarrollará en un tiempo de un año calendario, este se lleva a cabo por una consultora seleccionada por medio de contratación directa por vialidad nacional, esta contratación se da por la capacidad de la consultora.

Luego de esto se debe contar con la imputación del presupuesto de vialidad nacional, el cual se aprueba en el Congreso de la Nación, esto se daría en el año 2021.

Dentro de este periodo de un año, se prepara el proyecto ejecutivo para el llamado a licitación del mismo y firma de contrato, luego de que se firman los contratos con la constructora o UTE según corresponda, se comienza con la construcción de la misma.

Para la construcción del proyecto se prevé que tenga un tiempo de 48 meses, este periodo está comprendido entre los años 2022-2025. La habilitación al tránsito se efectuará el día 1 de enero de 2026, y en consecuencia el periodo comprendido luego desde el año 2026 hasta el año 2045, con el cual se llega a los 20 años de en periodo de análisis.

III. Diagnóstico de situación actual

Si analizamos la red vial existente notamos que, dentro del tramo de estudio tenemos dos tramos bien diferenciados, como se muestra a continuación:

- Tramo intersección RNN°40 - Destilería

Tipo de vía:	1+1 convencional
Tipo de terreno:	Llano
Categoría de camino:	Troncal
Ancho de carril:	3,65 m
Ancho de banquina:	3,00 m
Tipo de superficie de rodamiento	Pavimento asfáltico
Índice de rugosidad	18

- Tramo Destilería – Agua de las Avispas

Tipo de vía:	1+1 convencional
Tipo de terreno:	ondulado
Categoría de camino:	Troncal
Ancho de carril:	3,65 m
Ancho de banquina:	3,00 m
Tipo de superficie de rodamiento	Pavimento asfáltico
Índice de rugosidad	20



El nivel de servicio de estos tramos es de D, siendo un nivel bastante bajo para ser un corredor bioceánico.

IV. Situación sin proyecto

a. Evolución del tránsito y nivel de servicio

En una situación sin proyecto con un crecimiento del 2% anual y al hacer una progresión al año 2045 se puede obtener que el nivel de servicio es E, con un TMDA de 15.194 veh/día. En la Tabla 21. Composición del tránsito futuro, puede detallarse la composición del tránsito futuro.

Tabla 21. Composición del tránsito futuro

Tránsito futuro			
TMDA	Composición [%]		
	Autos	Buses	Camiones
15.194	70%	15%	15%
Vehículos.	10.635,8	2.279,1	2.279,1
TOTAL	10.636	2.279	2.279

b. Evolución de velocidades medias y tiempos medios de viaje

Al fin del periodo de estudios, se puede obtener que, en la operación del tramo, el conductor que utilice esta vía en el año 2045, sin ningún tipo de mejora vial, destinará el 100% de su tiempo en cola, detrás de un vehículo, y, además, lo hará con una velocidad promedio de 8,5 km/h. Esto implica una pérdida total de tiempo, por lo tanto, esto lleva a pérdidas económicas y lo que es peor aún posibles pérdidas de vidas en accidentes.

c. Evolución de costos medios operativos

En el caso de no contar con proyecto para poder tener una estimación de los costos operativos se debe tener en cuenta algunos datos auxiliares que se muestra en la Tabla 22. Datos auxiliares para estimación de costos operativos.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Tabla 22. Datos auxiliares para estimación de costos operativos

Datos auxiliares						
Tipo de camino	Pavimento		Pavimento		Pavimento	
Tipo de vehículo automotor	Automóvil		Camión Mediano		Ómnibus mediano	
Costo del vehículo Automotor	800000	[\$]	5000000	[\$]	7000000	[\$]
Recorrido anual	20000	km	55000	km	130000	Km
Consumo de combustible	0,1	lt/km	0,3	lt/km	0,3	lt/km
Costo del neumático completo	10000	[\$/unidad]	100000	[\$/unidad]	200000	[\$/unidad]
Amortización neumáticos	54000	km	40000	km	35000	Km
Interés bancario	16%	anual	12%	anual	12%	Anual
Seguro	20000	[\$/año]	50000	[\$/año]	100000	[\$/año]
Patente e impuestos	15000	[\$/año]	50000	[\$/año]	80000	[\$/año]
Lavado	500	[\$ cada 700km]	1500	[\$ cada 1400km]	2500	[\$ cada 700km]
Engrase	300	[\$ cada 3500km]	500	[\$ cada 4200km]	500	[\$ cada 4200km]
Precio combustible	65	[\$/lt]	50	[\$/lt]	50	[\$/lt]
Precio del aceite lubricante	1200	[\$/lt]	3000	[\$/lt]	3000	[\$/lt]
Consumo de aceite lubricante	0,001	lt/km	0,004	lt/km	0,004	lt/km
Reparaciones y repuestos	40%	amortización	60%	amortización	60%	amortización
Vida útil	15	años	10	años	8	Años

Con estos datos auxiliares podemos calcular los costos medios de operación por kilómetro por los diferentes tipos de vehículos, tal como se muestra en las Tabla 23. Costo de operación Vehículo, Tabla 24. Costo de operación Camión y en Tabla 25. Costo de operación Ómnibus mediano.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Tabla 23. Costo de operación Vehículo

Vehículo		
A) Costos fijos por km recorrido		
Depreciación	0,88	\$/km
Seguro, patente e impuestos	1,75	\$/km
Interés del capital	3,20	\$/km
Total	5,84	\$/km
B) Costos en función del recorrido		
Depreciación	1,778	\$/km
Reparaciones	1,067	\$/km
Combustible	6,500	\$/km
Lubricantes	1,200	\$/km
Neumáticos	2,000	\$/km
Lavado	0,714	\$/km
Engrase	0,086	\$/km
Subtotal de B	13,344	\$/km
Costo total de operación	19,18	\$/km

Tabla 24. Costo de operación Camión

Camión		
A) Costos fijos por km recorrido		
Depreciación	3,03	\$/km
Seguro, patente e impuestos	1,81	\$/km
Interés del capital	5,45	\$/km
Total	10,30	\$/km
B) Costos en función del recorrido		
Depreciación	6,06	\$/km
Reparaciones	5,45	\$/km
Combustible	15,00	\$/km
Lubricantes	12,00	\$/km
Neumáticos	10,90	\$/km
Lavado	1,07	\$/km
Engrase	0,12	\$/km
Subtotal de B	50,61	\$/km
Costo total de operación	60,91	\$/km

Tabla 25. Costo de operación Ómnibus mediano

Ómnibus Mediano		
A) Costos fijos por km recorrido		
Depreciación	2,24	\$/km
Seguro, patente e impuestos	1,38	\$/km
Interés del capital	3,23	\$/km
Total	6,86	\$/km
B) Costos en función del recorrido		
Depreciación	4,48	\$/km
Reparaciones	4,04	\$/km
Combustible	15,00	\$/km
Lubricantes	12,00	\$/km
Neumáticos	9,23	\$/km
Lavado	1,78	\$/km
Engrase	0,12	\$/km
Subtotal de B	46,66	\$/km
Costo total de operación	53,52	\$/km

Tenido los datos de costos unitarios de operación, la variación del TMDA en el tiempo de estudio y la variación de los costos medios de operación obtenidos del formulario COSTOP de la DNV, se pudo obtener los costos de operación vehicular en el tiempo.

Los costos de operación se obtienen de multiplicar el TMDA del tipo de vehículo por los costos medios de operación unitarios por el costo total de operación por km y por la longitud del tramo en estudio. Por lo tanto, en la Tabla 26. Costo de operación total, se puede ver un resumen extendido en el tiempo hasta el año 2045.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Tabla 26. Costo de operación total

Año	Costos medios de operación unitarios por veh/km			TMDA			Costos de operación total por año
	Automóvil	Ómnibus	Camión Mediano	Automóvil	Ómnibus	Camión Mediano	
2026	4,91	21,85	10,33	6018	1605	2407	\$ 85.820.396
2027	4,91	21,86	10,33	6168	1645	2467	\$ 87.977.554
2028	4,91	21,86	10,33	6322	1686	2529	\$ 90.179.886
2029	4,91	21,87	10,34	6481	1728	2592	\$ 92.481.454
2030	4,91	21,88	10,35	6643	1771	2657	\$ 94.845.594
2031	4,91	21,89	10,35	6809	1816	2723	\$ 97.241.646
2032	4,92	21,92	10,37	6979	1861	2792	\$ 99.850.622
2033	4,92	21,96	10,39	7153	1908	2861	\$ 102.494.235
2034	4,92	21,98	10,40	7332	1955	2933	\$ 105.132.247
2035	4,93	22,06	10,43	7479	1994	2992	\$ 107.568.053
2036	4,95	22,23	10,50	7628	2034	3052	\$ 110.451.740
2037	4,95	22,40	10,57	7781	2075	3112	\$ 113.305.088
2038	4,95	22,57	10,64	7937	2116	3175	\$ 116.245.690
2039	4,96	22,74	10,71	8095	2159	3238	\$ 119.299.688
2040	4,96	22,91	10,78	8257	2202	3303	\$ 122.382.937
2041	4,97	23,08	10,85	8422	2246	3369	\$ 125.585.757
2042	4,97	23,25	10,92	8591	2291	3436	\$ 128.817.561
2043	4,97	23,42	10,99	8763	2337	3505	\$ 132.141.329
2044	4,98	23,59	11,06	8938	2384	3575	\$ 135.590.128
2045	4,98	23,76	11,13	9117	2431	3647	\$ 139.067.604

d. Evolución de los costos por tiempo de viaje

Con respecto a los tiempos de viaje, se tomó el criterio de que luego de tener los valores de velocidad promedio de viaje del estudio de tránsito, en el cual se obtuvo que la velocidad en tiempo presente es de 79Km/h y en tiempo a futuro disminuye a 8,5 Km/h, esta variación se repartió de forma igualitaria en todos los años de estudio.

Esta variación se multiplico por el costo por hora según la tipología del vehículo y por la longitud del tramo, y se obtuvieron los siguientes costos sociales unitarios por tiempo de viaje y por vehículo, que se detalla a continuación en Tabla 27. Costo por tiempo de viaje.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Tabla 27. Costo por tiempo de viaje

PARÁMETROS \ VEHÍCULOS	Automóvil	Ómnibus	Camión Mediano
Número de Pasajeros	2	32	0,6
Hora de Viaje Pasajero - Trabajo	200	200	600
Hora de Viaje Pasajero - Ocio	100	100	0

Año	TMDA Vehículo	TMDA Ómnibus	TMDA Camión Mediano	VPV sin proyecto	Vehículo	Ómnibus	Camión Mediano	Valor de tiempo de viaje sin proyecto
2026	6018	1605	2407	79,0	0,9	18,3	2,1	\$ 22.338.767
2027	6168	1645	2467	75,3	0,9	18,3	2,1	\$ 24.023.939
2028	6322	1686	2529	71,6	0,9	18,3	2,1	\$ 25.902.212
2029	6481	1728	2592	67,9	0,9	18,3	2,1	\$ 27.999.026
2030	6643	1771	2657	64,2	0,9	18,3	2,1	\$ 30.358.785
2031	6809	1816	2723	60,4	0,9	18,3	2,1	\$ 33.030.024
2032	6979	1861	2792	56,7	0,9	18,3	2,1	\$ 36.073.854
2033	7153	1908	2861	53,0	0,9	18,3	2,1	\$ 39.560.388
2034	7332	1955	2933	49,3	0,9	18,3	2,1	\$ 43.598.403
2035	7479	1994	2992	45,6	0,9	18,3	2,1	\$ 48.090.875
2036	7628	2034	3052	41,9	0,9	18,3	2,1	\$ 53.399.962
2037	7781	2075	3112	38,2	0,9	18,3	2,1	\$ 59.752.826
2038	7937	2116	3175	34,5	0,9	18,3	2,1	\$ 67.511.237
2039	8095	2159	3238	30,8	0,9	18,3	2,1	\$ 77.169.601
2040	8257	2202	3303	27,1	0,9	18,3	2,1	\$ 89.510.208
2041	8422	2246	3369	23,3	0,9	18,3	2,1	\$ 105.811.900
2042	8591	2291	3436	19,6	0,9	18,3	2,1	\$ 128.321.050
2043	8763	2337	3505	15,9	0,9	18,3	2,1	\$ 161.404.316
2044	8938	2384	3575	12,2	0,9	18,3	2,1	\$ 214.666.270
2045	9117	2431	3647	8,5	0,9	18,3	2,1	\$ 314.533.668

e. Evolución de accidentes

Sin tener el proyecto realizado se puede llegar a analizar que la tasa de accidentabilidad se verá en mayor medida que en el caso de que se llevara a cabo el proyecto, y a su vez los costos de vidas humanas serán incalculables, es por este motivo que se debe llegar a la construcción de la autopista.

Se deben tener en cuenta que los costos sociales constituyen un reflejo de los siniestros, traumatismos y defunciones, dado que aluden tanto a los costos subjetivos o intangibles (correspondientes a los daños y perjuicios asociados a la calidad de vida y al sufrimiento de las



víctimas y sus familiares), como a los costos económicos objetivos que supone la ocurrencia de un siniestro vial.

Al momento de calcular el impacto económico de esta problemática es necesario tener en consideración al menos cinco grandes categorías de costos:

- Costos médicos
- Costos por pérdida de productividad
- Costos humanos
- Daños a la propiedad
- Costos administrativos

Para poder analizar esto se toman datos de accidentes viales a nivel nacional (ver

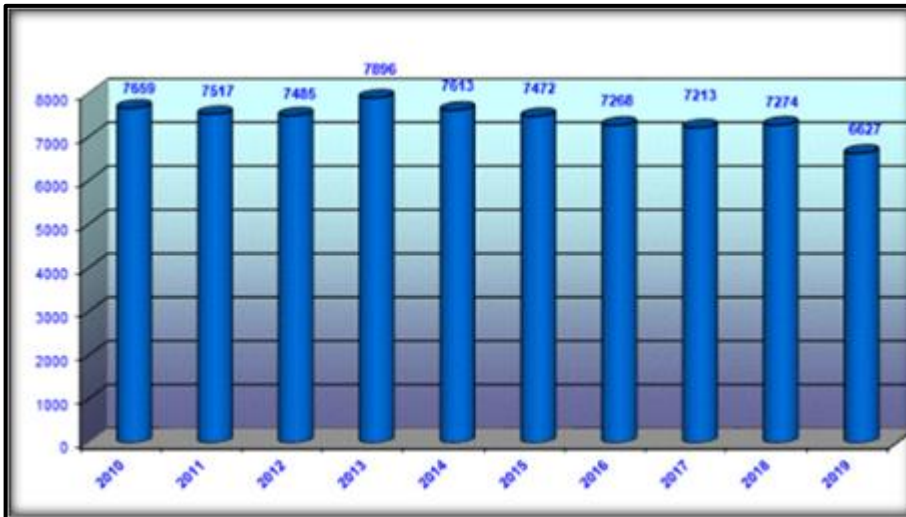


Figura 40. Datos Accidentes viales), estos datos se obtuvieron de la estadística llevada a cabo por la organización luchemos por la vida, estos datos demuestran una tendencia de descenso del 13% en accidentes viales fatales, esto puede estar atribuido a concientización en el manejo de los conductores o mayor seguridad de los vehículos para con los conductores.

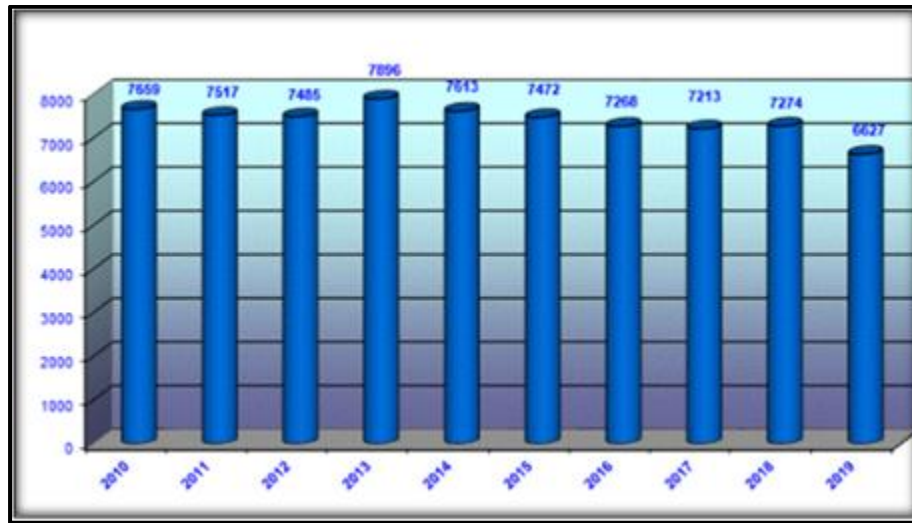


Figura 40. Datos Accidentes viales

También con datos obtenidos de un estudio realizado por vialidad nacional de la situación de seguridad vial del año 2016 podemos ver que sobre la ruta 7 los siniestros son un total de 574, también hay que aclarar que el tramo de proyecto representa el 5,1% de la longitud de la RN 7 a nivel nacional, entonces del valor nacional, se multiplicara por 0,051(5.1%). Dichos datos mencionados se pueden ver en la Figura 41. Datos de seguridad vial s/ Vialidad Nacional

Ruta Nacional	Cantidad de siniestros 2016	Ruta Nacional	Cantidad de siniestros 2016	Ruta Nacional	Cantidad de siniestros 2016	Ruta Nacional	Cantidad de siniestros 2016	Ruta Nacional	Cantidad de siniestros 2016
9	1.889	19	172	81	25	1V66	11	252	4
12	716	146	132	60	20	75	8	281	4
34	662	205	130	86	20	147	8	26	3
40	623	35	126	95	20	150	8	76	3
14	606	174	119	118	19	152	8	131	3
7	574	237	85	127	19	242	8	232	3
3	537	20	72	259	19	142	7	A015	3
16	497	A014	71	119	17	154	7	77	2
8	434	18	68	74	16	149	6	135	2
11	416	151	60	144	16	24CJ	6	136	2
38	410	25	55	50	15	105	5	229	2
5	365	A012	46	64	15	117	5	1S40	2
143	328	79	45	231	15	145	5	249	1
188	317	52	34	123	12	251	5	1V38	1
A008	285	68	29	141	12	23	4	A026	1
226	219	157	29	193	12	51	4	V146	1
33	197	228	29	234	12	78	4		
66	180	250	27	36	11	89	4		
22	173	A005	26	130	11	101	4		

Figura 41. Datos de seguridad vial s/ Vialidad Nacional

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Con datos de costos de la siniestralidad vial de la Argentina a cargo del Observatorio Nacional Vial del año 2016 podemos obtener los siguientes datos.

Teniendo en cuenta que en este apartado se estudian los casos donde no se construye el nuevo proyecto, y también teniendo en cuenta que las condiciones de manejo se van a ver con mayores complicaciones por el aumento del TMDA es que se tomara como razonamiento que la tasa de accidentabilidad se verá en un aumento del 10%, contrario a los valores obtenidos de estadísticas por parte de la organización (Luchemos por la vida, s.f.), la cual registra disminuciones en accidentes viales a un descenso del 13%.

El valor de 10% en aumento se toma como criterio de plantear valores que tengan un margen de seguridad.

Tipo de costos	Fallecidos	Heridos graves	Heridos leves	Total
costos médicos	\$ 3.787.425	\$ 111.089.435	\$ 43.035.651	\$ 157.912.511
costos pérdida de productividad	\$ 16.129.062.133	\$ 421.567.478	\$ 63.886.849	\$ 16.614.516.460
costos humanos	\$ 155.099.979.800	\$ 3.266.446.262	\$ -	\$ 158.366.426.062
costos de la propiedad	\$ 21.853.753	\$ 31.670.557	\$ 253.222.262	\$ 306.746.572
costos administrativos	\$ 171.426.109	\$ 30.893.337	\$ 6.601.431	\$ 208.920.877
total	\$ 171.426.109.220	\$ 3.861.667.069	\$ 366.746.193	\$ 175.654.522.482
Total, ponderado	\$ 34.285.221.844	\$ 1.158.500.121	\$ 256.722.335	\$ 35.700.444.300

Del valor total de cada columna, se pondera para llegar al 100%, estos valores se verán disminuidos en un 20% en el caso de fallecidos, un 30% en el caso de heridos graves y heridos leves en un 70%, estas suposiciones generaran una disminución en el total de gastos de un 80%, por ese motivo es que se tomara un promedio ponderado.

El valor de \$35.700.444 que figura esta tomado en referencia a todos los accidentes en rutas a nivel nacional, este valor fue dividido por la cantidad de accidentes del año 2016 que figura en el estudio de situación de seguridad vial del año 2016, el valor promedio por accidente será de \$3.175.349.

- Accidentes en rutas nacionales en 2016: 11.243
- Promedio por accidentes: \$3.175.349,00

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Con todos estos datos podemos hacer regresiones y progresiones y obtener los valores de accidentes en el tramo de estudio desde el año 2016 al 2045.

Tabla 28. Proyección de costos por accidentes

Año	accidentes viales a nivel nacional	accidentes viales en RN7 tramo Mendoza sin proyecto	costos de siniestros en RN7 tramo Mendoza sin proyecto
2026	1489	76	\$ 241.101.732
2027	1638	84	\$ 265.211.905
2028	1801	92	\$ 291.733.096
2029	1982	101	\$ 320.906.405
2030	2180	111	\$ 352.997.046
2031	2398	122	\$ 388.296.751
2032	2638	135	\$ 427.126.426
2033	2901	148	\$ 469.839.068
2034	3191	163	\$ 516.822.975
2035	3511	179	\$ 568.505.273
2036	3862	197	\$ 625.355.800
2037	4248	217	\$ 687.891.380
2038	4673	238	\$ 756.680.518
2039	5140	262	\$ 832.348.570
2040	5654	288	\$ 915.583.427
2041	6219	317	\$ 1.007.141.769
2042	6841	349	\$ 1.107.855.946
2043	7525	384	\$ 1.218.641.541
2044	8278	422	\$ 1.340.505.695
2045	9105	464	\$ 1.474.556.264

f. Tabulación de costos de mantenimiento

Debido a que en este apartado se estudia la no construcción del proyecto, pero si hay mantenimiento del mismo, este mantenimiento se divide en:

- **Mantenimiento rutinario:**

Limpieza general, tratamientos de impermeabilización, protección contra la erosión, bacheo, sellado de grietas, reparación y sellado de juntas, etc. Este mantenimiento se llevará a cabo anualmente, y también para los cálculos se tuvo en cuenta que para el bacheo localizado la superficie es la total de la calzada todos los años, siendo que la realidad puede ser menor.

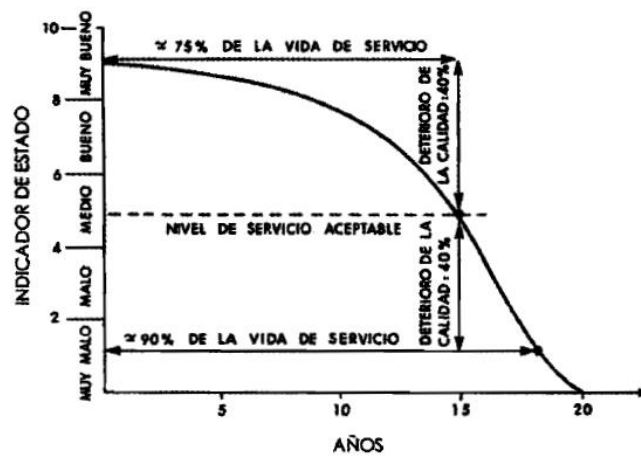
- **Mantenimiento o actuaciones extraordinarias:**

Incluye renovación superficial, recalce de losas, refuerzos, reconstrucción parcial o total de la calzada, etc. En cuanto al mantenimiento estructurales como el refuerzo de concreto asfaltico se

llevarán a cabo cada 20 años, según los estudios realizados, que se demuestran en la siguiente grafico de la bibliografía, hay que aclarar que este grafico es generalizado, y los tiempos pueden ser menores o mayores, pero a priori es lo que se puede llegar a estimar.


Datos generales:

- Distancia (Km): 18
- Vo : 200.000.000 \$/km



Costos de construcción y mantenimiento sin Proyecto		
	Característica Geométricas	unidad
Sup. doble carril de 3,65 en ambos sentidos	131.400	m2

Costos de construcción y mantenimiento			
Datos	Costo	Unidad	Costo sin proyecto
costos de construcción	\$15.000.000,00	\$/Km	-
mantenimiento de rutina de autopistas	\$80.000,00	\$/Km/año	-
mantenimiento de rutina de rutas de 2 trochas	20.000,00	\$/Km/año	\$360.000,00
refuerzo de concreto asfaltico, 5cm de espesor	\$500,00	\$/m2/20 años	\$65.700.000,00
lechada asfáltica correctiva	\$60,00	\$/m2/10 años	\$7.884.000,00
batcheo localizado	\$600,00	\$/m2/	\$78.840.000,00

	F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
---	------------------------------	-----------------------	-------------

total	\$152.784.000,00
-------	------------------

Año	Sin proyecto				total
	mantenimiento de rutina de rutas de 2 trochas	refuerzo de concreto asfáltico, 5cm de espesor	lechada asfáltica correctiva	bacheo localizado	
2022	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2023	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2024	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2025	\$ 360.000		\$ 7.884.000		\$ 8.244.000
2026	\$ 360.000				\$ 360.000
2027	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2028	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2029	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2030	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2031	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2032	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2033	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2034	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2035	\$ 360.000		\$ 7.884.000		\$ 8.244.000
2036	\$ 360.000				\$ 360.000
2037	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2038	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2039	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2040	\$ 360.000			\$ 3.942.000	\$ 4.302.000
2041	\$ 360.000	\$ 65.700.000			\$ 66.060.000
2042	\$ 360.000				\$ 360.000
2043	\$ 360.000				\$ 360.000
2044	\$ 360.000				\$ 360.000
2045	\$ 360.000		\$ 7.884.000		\$ 8.244.000

g. Resumen de costos sin proyecto

En el siguiente apartado veremos una tabla resumen sobre costos anuales de usuarios respecto a operación de vehículos, costos de operación de viajes y costos por siniestros viales.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Año	Resumen de costos anuales de usuarios sin proyecto			
	Costo de operación vehicular	Costo de operación de viaje	Costo de siniestros viales	Total
2026	\$ 85.820.396	\$ 22.338.767	\$ 241.101.732	\$ 349.260.895
2027	\$ 87.977.554	\$ 24.023.939	\$ 265.211.905	\$ 377.213.399
2028	\$ 90.179.886	\$ 25.902.212	\$ 291.733.096	\$ 407.815.194
2029	\$ 92.481.454	\$ 27.999.026	\$ 320.906.405	\$ 441.386.885
2030	\$ 94.845.594	\$ 30.358.785	\$ 352.997.046	\$ 478.201.425
2031	\$ 97.241.646	\$ 33.030.024	\$ 388.296.751	\$ 518.568.421
2032	\$ 99.850.622	\$ 36.073.854	\$ 427.126.426	\$ 563.050.902
2033	\$ 102.494.235	\$ 39.560.388	\$ 469.839.068	\$ 611.893.691
2034	\$ 105.132.247	\$ 43.598.403	\$ 516.822.975	\$ 665.553.625
2035	\$ 107.568.053	\$ 48.090.875	\$ 568.505.273	\$ 724.164.200
2036	\$ 110.451.740	\$ 53.399.962	\$ 625.355.800	\$ 789.207.502
2037	\$ 113.305.088	\$ 59.752.826	\$ 687.891.380	\$ 860.949.294
2038	\$ 116.245.690	\$ 67.511.237	\$ 756.680.518	\$ 940.437.444
2039	\$ 119.299.688	\$ 77.169.601	\$ 832.348.570	\$ 1.028.817.859
2040	\$ 122.382.937	\$ 89.510.208	\$ 915.583.427	\$ 1.127.476.572
2041	\$ 125.585.757	\$ 105.811.900	\$ 1.007.141.769	\$ 1.238.539.426
2042	\$ 128.817.561	\$ 128.321.050	\$ 1.107.855.946	\$ 1.364.994.557
2043	\$ 132.141.329	\$ 161.404.316	\$ 1.218.641.541	\$ 1.512.187.186
2044	\$ 135.590.128	\$ 214.666.270	\$ 1.340.505.695	\$ 1.690.762.093
2045	\$ 139.067.604	\$ 314.533.668	\$ 1.474.556.264	\$ 1.928.157.536

V. Situación con proyecto

a. Evolución del tránsito y nivel de servicio

En el caso de que el proyecto se llevase a cabo, la evolución del tránsito en el tiempo es igual que la situación sin proyecto, la situación que se podría analizar es que, al tener dos carriles por sentidos, se podría asumir que el TMDA de 15.194 vehículos, podría ser dividido en dos.

El nivel de servicio sé que pretende llegar en el año horizonte es D, esto sería una mejora para un corredor bioceánico al mayor puerto de Chile, que une el comercio del Mercosur con oriente.

b. Evolución de velocidades medias y tiempo medios de viaje

Las velocidades medias que se desarrollaran en el proyecto, teniendo en cuenta que se quiere llegar a el nivel de servicio D, según Figura 42. Velocidades vs Intensidades y así obtener de forma gráfica una velocidad de 75km/h y así poder mantener que los vehículos no pasen gran porcentaje del tiempo de viaje detrás de cola.



Esta velocidad se toma del grafico el cual tiene una tendencia a la baja, pero se toma este valor de velocidad para que el nivel de servicio se mantenga en estos valores.

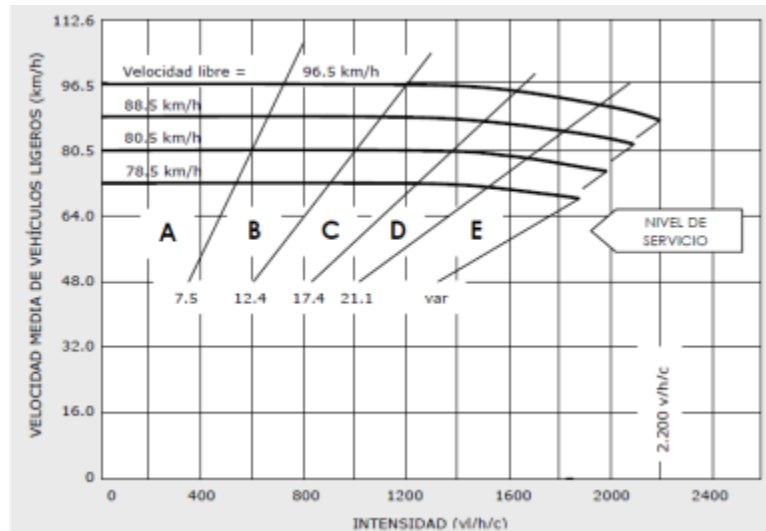


Figura 42. Velocidades vs Intensidades

c. Evolución de costos operativos y costos por tiempo de viaje

Los costos operativos por vehículo serán igual en la situación sin proyecto y con proyecto, con respecto a los tiempos de viaje, debido a que las velocidades promedio de viaje son mayores, los tiempos de viaje serán menores, lo cual hace que los costos también se vean disminuidos, como se muestra en la Tabla 29. Tiempo de viajes.

Tabla 29. Tiempo de viajes

PARÁMETROS \ VEHÍCULOS	Automóvil	Ómnibus	Camión Mediano
Número de Pasajeros	2	32	0,6
Hora de Viaje Pasajero - Trabajo	200	200	600
Hora de Viaje Pasajero - Ocio	100	100	0

Estos valores serán multiplicados por el TMDA del año por la variación unitaria en el tiempo, también multiplicada por la longitud del tramo y dividido por la velocidad promedio de viaje, con su supuesta variación en el tiempo, dando la siguiente

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Tabla 30. Valores tiempo de viaje

Año	TMDA Vehículo	TMDA Ómnibus	TMDA Camión Mediano	VPV con proyecto	Vehículo	Ómnibus	Camión Mediano	Valor de tiempo de viaje con proyecto
2026	6018	1605	2407	79,0	0,9	18,3	2,1	\$ 22.338.767
2027	6168	1645	2467	78,0	0,9	18,3	2,1	\$ 23.189.099
2028	6322	1686	2529	77,0	0,9	18,3	2,1	\$ 24.078.611
2029	6481	1728	2592	76,0	0,9	18,3	2,1	\$ 25.003.285
2030	6643	1771	2657	75,0	0,9	18,3	2,1	\$ 25.970.076
2031	6809	1816	2723	74,0	0,9	18,3	2,1	\$ 26.980.784
2032	6979	1861	2792	73,0	0,9	18,3	2,1	\$ 28.037.213
2033	7153	1908	2861	72,0	0,9	18,3	2,1	\$ 29.135.300
2034	7332	1955	2933	71,0	0,9	18,3	2,1	\$ 30.282.953
2035	7479	1994	2992	70,0	0,9	18,3	2,1	\$ 31.331.386
2036	7628	2034	3052	69,0	0,9	18,3	2,1	\$ 32.422.860
2037	7781	2075	3112	68,0	0,9	18,3	2,1	\$ 33.553.154
2038	7937	2116	3175	67,0	0,9	18,3	2,1	\$ 34.736.732
2039	8095	2159	3238	66,0	0,9	18,3	2,1	\$ 35.969.403
2040	8257	2202	3303	65,0	0,9	18,3	2,1	\$ 37.253.641
2041	8422	2246	3369	64,0	0,9	18,3	2,1	\$ 38.591.758
2042	8591	2291	3436	63,0	0,9	18,3	2,1	\$ 39.986.426
2043	8763	2337	3505	62,0	0,9	18,3	2,1	\$ 41.447.203
2044	8938	2384	3575	61,0	0,9	18,3	2,1	\$ 42.970.297
2045	9117	2431	3647	60	0,9	18,3	2,1	\$ 44.558.936

d. Evolución de accidentes

Los accidentes se verán reducidos en un 70 % ya que al tener un cantero central que divide los ambos sentidos de circulación, los accidentes frontales se verán en baja a lo largo del tiempo.

También se tendrá en cuenta un promedio ponderado ya que, estos valores se verán disminuidos en un 20% en el caso de fallecidos, un 30% en el caso de heridos graves y heridos leves en un 70%.

También se aclara como en la situación sin proyecto, que de los valores de accidentes a nivel nacional se tomaran solo el 5,1% del total, que es porcentaje referido al tramo en estudio.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Año	Accidentes viales a nivel nacional	Accidentes viales en RN7 tramo Mendoza con proyecto	Costos de siniestros en RN7 tramo Mendoza con proyecto
2026	1489	23	\$ 72.330.520
2027	1638	25	\$ 79.563.572
2028	1801	28	\$ 87.519.929
2029	1982	30	\$ 96.271.922
2030	2180	33	\$ 105.899.114
2031	2398	37	\$ 116.489.025
2032	2638	40	\$ 128.137.928
2033	2901	44	\$ 140.951.720
2034	3191	49	\$ 155.046.893
2035	3511	54	\$ 170.551.582
2036	3862	59	\$ 187.606.740
2037	4248	65	\$ 206.367.414
2038	4673	71	\$ 227.004.155
2039	5140	79	\$ 249.704.571
2040	5654	87	\$ 274.675.028
2041	6219	95	\$ 302.142.531
2042	6841	105	\$ 332.356.784
2043	7525	115	\$ 365.592.462
2044	8278	127	\$ 402.151.708
2045	9105	139	\$ 442.366.879

e. Tabulación de costos de construcción y mantenimiento

Debido a que se va a realizar la construcción del proyecto y este también tiene un mantenimiento, los costos de los mismo serian.

Costos de construcción y mantenimiento con proyecto		
	Característica Geométricas	unidad
Sup. doble carril de 3,65 en ambos sentidos	262800	m2

Costos de construcción y mantenimiento			
Datos	Costo	unidad	Costo con proyecto
Costos de construcción	\$ 200.000.000,00	\$/Km	\$ 3.600.000.000,00
Mantenimiento de rutina de autopistas	\$ 80.000,00	\$/Km/año	\$ 1.440.000,00
Mantenimiento de rutina de rutas de 2 trochas	\$ 20.000,00	\$/Km/año	\$ 360.000,00
Refuerzo de concreto asfaltico, 5cm de espesor	\$ 500,00	\$/m2/20 años	\$ 131.400.000,00
Lechada asfáltica correctiva	\$ 60,00	\$/m2/10 años	\$ 15.768.000,00
Bacheo localizado	\$ 600,00	\$/m2/	\$ 157.680.000,00
Total			\$ 3.906.648.000,00

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Mantenimiento de la autopista

Año	Situación con proyecto				Total
	Mantenimiento de rutina de autopistas	Refuerzo de concreto asfáltico, 5cm de espesor	Lechada asfáltica correctiva	Bacheo localizado	
2022	\$ -				\$ -
2023	\$ -				\$ -
2024	\$ -				\$ -
2025	\$ -				\$ -
2026	\$ 1.440.000				\$ 1.440.000
2027	\$ 1.440.000				\$ 1.440.000
2028	\$ 1.440.000			\$ 10.512.000	\$ 11.952.000
2029	\$ 1.440.000				\$ 1.440.000
2030	\$ 1.440.000			\$ 10.512.000	\$ 11.952.000
2031	\$ 1.440.000				\$ 1.440.000
2032	\$ 1.440.000			\$ 10.512.000	\$ 11.952.000
2033	\$ 1.440.000				\$ 1.440.000
2034	\$ 1.440.000			\$ 10.512.000	\$ 11.952.000
2035	\$ 1.440.000		\$ 15.768.000,00		\$ 17.208.000
2036	\$ 1.440.000				\$ 1.440.000
2037	\$ 1.440.000				\$ 1.440.000
2038	\$ 1.440.000			\$ 10.512.000	\$ 11.952.000
2039	\$ 1.440.000				\$ 1.440.000
2040	\$ 1.440.000			\$ 10.512.000	\$ 11.952.000
2041	\$ 1.440.000	\$ 131.400.000			\$ 132.840.000
2042	\$ 1.440.000				\$ 1.440.000
2043	\$ 1.440.000				\$ 1.440.000
2044	\$ 1.440.000				\$ 1.440.000
2045	\$ 1.440.000		\$ 15.768.000		\$ 17.208.000

f. Resumen de Costos con Proyecto

En la Tabla 31. Resumen con proyecto sobre costos anuales de usuarios respecto a operación de vehículos, costos de operación de viajes y costos por siniestros viales.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Tabla 31. Resumen con proyecto

Año	Resumen de costos anuales de usuarios con proyecto			
	Costo de operación vehicular	Costo de operación de viaje	Costo de siniestros viales	Total
2026	\$ 85.820.396	\$ 22.338.767	\$ 72.330.520	\$ 180.489.683
2027	\$ 87.977.554	\$ 23.189.099	\$ 79.563.572	\$ 190.730.225
2028	\$ 90.179.886	\$ 24.078.611	\$ 87.519.929	\$ 201.778.426
2029	\$ 92.481.454	\$ 25.003.285	\$ 96.271.922	\$ 213.756.660
2030	\$ 94.845.594	\$ 25.970.076	\$ 105.899.114	\$ 226.714.784
2031	\$ 97.241.646	\$ 26.980.784	\$ 116.489.025	\$ 240.711.455
2032	\$ 99.850.622	\$ 28.037.213	\$ 128.137.928	\$ 256.025.763
2033	\$ 102.494.235	\$ 29.135.300	\$ 140.951.720	\$ 272.581.256
2034	\$ 105.132.247	\$ 30.282.953	\$ 155.046.893	\$ 290.462.092
2035	\$ 107.568.053	\$ 31.331.386	\$ 170.551.582	\$ 309.451.020
2036	\$ 110.451.740	\$ 32.422.860	\$ 187.606.740	\$ 330.481.340
2037	\$ 113.305.088	\$ 33.553.154	\$ 206.367.414	\$ 353.225.656
2038	\$ 116.245.690	\$ 34.736.732	\$ 227.004.155	\$ 377.986.577
2039	\$ 119.299.688	\$ 35.969.403	\$ 249.704.571	\$ 404.973.662
2040	\$ 122.382.937	\$ 37.253.641	\$ 274.675.028	\$ 434.311.606
2041	\$ 125.585.757	\$ 38.591.758	\$ 302.142.531	\$ 466.320.046
2042	\$ 128.817.561	\$ 39.986.426	\$ 332.356.784	\$ 501.160.770
2043	\$ 132.141.329	\$ 41.447.203	\$ 365.592.462	\$ 539.180.995
2044	\$ 135.590.128	\$ 42.970.297	\$ 402.151.708	\$ 580.712.134
2045	\$ 139.067.604	\$ 44.558.936	\$ 442.366.879	\$ 625.993.419

VI. Evaluación socioeconómica del proyecto

a. Comparación de alternativas

Como primer punto de evaluación que tomara serán la comparación de la alternativa con proyecto vs la alternativa sin proyecto en dos aspectos fundamentales como los beneficios y diferencias de construcción y mantenimiento.

En la siguiente tabla resumen de costos diferenciales anuales de construcción para cada año del periodo de construcción, esta tabla va a mostrar cuanto más va a costar construir y mantener la alternativa con proyecto (autopista), con respecto a mantener la alternativa sin proyecto (calzada única 1+1).

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Año	Costos diferenciales anuales de construcción			Costos diferenciales anuales de mantenimiento		
	Situación sin proyecto	Situación con proyecto	total	Situación sin proyecto	Situación con proyecto	total
2022	\$ -	\$ 90.000.000	-\$ 90.000.000	\$ 4.302.000	\$ -	-\$ 4.302.000
2023	\$ -	\$ 324.000.000	-\$ 324.000.000	\$ 4.302.000	\$ -	-\$ 4.302.000
2024	\$ -	\$ 720.000.000	-\$ 720.000.000	\$ 4.302.000	\$ -	-\$ 4.302.000
2025	\$ -	\$ 1.800.000.000	-\$ 1.800.000.000	\$ 8.244.000	\$ -	-\$ 8.244.000
2026	\$ -	\$ 180.000.000	\$ 180.000.000	\$ 360.000	\$ 1.440.000	\$ 1.080.000
2027	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.302.000	\$ 1.440.000	-\$ 2.862.000
2028	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.302.000	\$ 11.952.000	\$ 7.650.000
2029	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.302.000	\$ 1.440.000	-\$ 2.862.000
2030	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.302.000	\$ 11.952.000	\$ 7.650.000
2031	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.302.000	\$ 1.440.000	-\$ 2.862.000
2032	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.302.000	\$ 11.952.000	\$ 7.650.000
2033	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.302.000	\$ 1.440.000	-\$ 2.862.000
2034	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.302.000	\$ 11.952.000	\$ 7.650.000
2035	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8.244.000	\$ 17.208.000	\$ 8.964.000
2036	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 360.000	\$ 1.440.000	\$ 1.080.000
2037	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.302.000	\$ 1.440.000	-\$ 2.862.000
2038	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.302.000	\$ 11.952.000	\$ 7.650.000
2039	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.302.000	\$ 1.440.000	-\$ 2.862.000
2040	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.302.000	\$ 11.952.000	\$ 7.650.000
2041	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 66.060.000	\$ 132.840.000	\$ 66.780.000
2042	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 360.000	\$ 1.440.000	\$ 1.080.000
2043	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 360.000	\$ 1.440.000	\$ 1.080.000
2044	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 360.000	\$ 1.440.000	\$ 1.080.000
2045	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8.244.000	\$ 17.208.000	\$ 8.964.000

También podremos hacer una tabla de beneficios diferenciales anuales, que serían costos de operación de viaje, operación vehicular y siniestros viales, para cada año del periodo de servicio a partir de su puesta en servicio la obra.



Año	Beneficios diferenciales anuales sobre costos anuales de usuarios		
	Costo anual de usuarios de situación sin proyecto	Costo anual de usuarios de situación con proyecto	total
2026	\$ 349.260.895	\$ 180.489.683	\$ 168.771.212
2027	\$ 377.213.399	\$ 190.730.225	\$ 186.483.174
2028	\$ 407.815.194	\$ 201.778.426	\$ 206.036.768
2029	\$ 441.386.885	\$ 213.756.660	\$ 227.630.224
2030	\$ 478.201.425	\$ 226.714.784	\$ 251.486.641
2031	\$ 518.568.421	\$ 240.711.455	\$ 277.856.965
2032	\$ 563.050.902	\$ 256.025.763	\$ 307.025.139
2033	\$ 611.893.691	\$ 272.581.256	\$ 339.312.435
2034	\$ 665.553.625	\$ 290.462.092	\$ 375.091.532
2035	\$ 724.164.200	\$ 309.451.020	\$ 414.713.180
2036	\$ 789.207.502	\$ 330.481.340	\$ 458.726.162
2037	\$ 860.949.294	\$ 353.225.656	\$ 507.723.637
2038	\$ 940.437.444	\$ 377.986.577	\$ 562.450.867
2039	\$ 1.028.817.859	\$ 404.973.662	\$ 623.844.196
2040	\$ 1.127.476.572	\$ 434.311.606	\$ 693.164.966
2041	\$ 1.238.539.426	\$ 466.320.046	\$ 772.219.380
2042	\$ 1.364.994.557	\$ 501.160.770	\$ 863.833.787
2043	\$ 1.512.187.186	\$ 539.180.995	\$ 973.006.191
2044	\$ 1.690.762.093	\$ 580.712.134	\$ 1.110.049.959
2045	\$ 1.928.157.536	\$ 625.993.419	\$ 1.302.164.117
	VAN		\$17.056.103

b. Parámetros de evaluación económica

Ahora determinaremos el valor neto que consta de llevar todos los costos diferenciales y todos los beneficios diferenciales a un mismo instante de tiempo considerando una tasa de descuento, que para nuestro caso será del 10%, que es un valor muy comúnmente usado en este tipo de proyectos.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Costos de construcción y mantenimiento			Diferencia entre costos
Año	Sin proyecto	Con proyecto	
2022	\$ 4.302.000	\$ 90.000.000	\$ 85.698.000
2023	\$ 4.302.000	\$ 324.000.000	\$ 319.698.000
2024	\$ 4.302.000	\$ 720.000.000	\$ 715.698.000
2025	\$ 8.244.000	\$ 1.800.000.000	\$ 1.791.756.000
2026	\$ 360.000	\$ 181.440.000	\$ 181.080.000
2027	\$ 4.302.000	\$ 1.440.000	-\$ 2.862.000
2028	\$ 4.302.000	\$ 11.952.000	\$ 7.650.000
2029	\$ 4.302.000	\$ 1.440.000	-\$ 2.862.000
2030	\$ 4.302.000	\$ 11.952.000	\$ 7.650.000
2031	\$ 4.302.000	\$ 1.440.000	-\$ 2.862.000
2032	\$ 4.302.000	\$ 11.952.000	\$ 7.650.000
2033	\$ 4.302.000	\$ 1.440.000	-\$ 2.862.000
2034	\$ 4.302.000	\$ 11.952.000	\$ 7.650.000
2035	\$ 8.244.000	\$ 17.208.000	\$ 8.964.000
2036	\$ 360.000	\$ 1.440.000	\$ 1.080.000
2037	\$ 4.302.000	\$ 1.440.000	-\$ 2.862.000
2038	\$ 4.302.000	\$ 11.952.000	\$ 7.650.000
2039	\$ 4.302.000	\$ 1.440.000	-\$ 2.862.000
2040	\$ 4.302.000	\$ 11.952.000	\$ 7.650.000
2041	\$ 66.060.000	\$ 132.840.000	\$ 66.780.000
2042	\$ 360.000	\$ 1.440.000	\$ 1.080.000
2043	\$ 360.000	\$ 1.440.000	\$ 1.080.000
2044	\$ 360.000	\$ 1.440.000	\$ 1.080.000
2045	\$ 8.244.000	\$ 17.208.000	\$ 8.964.000

VAN	\$ 11.094.076
-----	---------------

La relación Beneficio-Costo es el cociente entre el VAN de los beneficios diferenciales y el VAN de los costos diferenciales.

En este caso la división arroja el siguiente resultado:

Relación Costo-Beneficio: 1,537

Los valores actuales netos son positivos y mayores a uno, y la relación costo beneficio es mayor a uno, lo cual dice que la construcción del proyecto es una buena inversión.

 F. R. M. U. T. N.	PROYECTO FINAL	2023
--	-----------------------	-------------

Si tomamos las diferencias entre costos totales y beneficios totales podemos ver que en el año 2036 se podrían recuperar la inversión, esa inversión se vería reflejado mayormente en los costos de los tiempos de viaje.

Año	Diferencia entre costos totales y beneficios totales	Sumatoria de beneficios
2022	-\$ 94.302.000	-\$ 94.302.000
2023	-\$ 328.302.000	-\$ 422.604.000
2024	-\$ 724.302.000	-\$ 1.146.906.000
2025	-\$ 1.808.244.000	-\$ 2.955.150.000
2026	-\$ 12.308.788	-\$ 2.967.458.788
2027	\$ 189.345.174	-\$ 2.778.113.614
2028	\$ 198.386.768	-\$ 2.579.726.846
2029	\$ 230.492.224	-\$ 2.349.234.622
2030	\$ 243.836.641	-\$ 2.105.397.981
2031	\$ 280.718.965	-\$ 1.824.679.016
2032	\$ 299.375.139	-\$ 1.525.303.877
2033	\$ 342.174.435	-\$ 1.183.129.441
2034	\$ 367.441.532	-\$ 815.687.909
2035	\$ 405.749.180	-\$ 409.938.729
2036	\$ 457.646.162	\$ 47.707.432
2037	\$ 510.585.637	\$ 558.293.070
2038	\$ 554.800.867	\$ 1.113.093.937
2039	\$ 626.706.196	\$ 1.739.800.133
2040	\$ 685.514.966	\$ 2.425.315.099
2041	\$ 705.439.380	\$ 3.130.754.479
2042	\$ 862.753.787	\$ 3.993.508.266
2043	\$ 971.926.191	\$ 4.965.434.457
2044	\$ 1.108.969.959	\$ 6.074.404.416
2045	\$ 1.293.200.117	\$ 7.367.604.533

tasa de descuento	10%
-------------------	-----

Siendo la tasa de descuento igual o mayor a la tomada para el cálculo del VAN, en este caso es igual, lo cual significa que el proyecto es factible también.

Con estos resultados se puede llegar a la conclusión que el proyecto mejorara la efectividad del corredor bioceánico, y generara un crecimiento a futuro en comunidad de Mercosur, también teniendo en cuenta un futuro para las regiones cercanas con el turismo atraído por las buenas condiciones, y el crecimiento de economías regionales que pueden exportar sus productos y sumergirlos en nuevos mercados.



Capítulo 9. Conclusiones

I. Conclusiones

Se puede decir que con los estudios realizados se concluye que para la resolución de esta problemática en la cual los niveles de servicio del tramo bajo estudio un el conductor que utilice esta vía en el año 2045, sin ningún tipo de mejora vial, destinará el 100% de su tiempo detrás de un vehículo, lo cual es una situación completamente inviable. Esto implica una pérdida total de tiempo, por lo tanto, esto lleva a pérdidas económicas y lo que es peor aún posibles pérdidas de vidas en accidentes. Por lo tanto, se realizan mejoras en lo que respecta a condiciones geométricas, por consiguiente, mejoras en la operación y capacidad para atender los volúmenes de vehículos proyectados para el año 2045.

Estas mejoras que se desarrollaron fueron:

- Verificación geométrica y funcionamiento de alcantarillas, con el respectivo estudio hidrológico, se concluye en mantener y replicar las alcantarillas y en otros casos aumentar la capacidad de ellas.
- Duplicación y transformación de la calzada 1+1 a una autopista 2+2. Con lo cual se diseña el paquete estructural correspondiente para el tránsito futuro proyectado al año 2045.
- De la mano con esta duplicación de calzada se diseña una propuesta con las intersecciones y sus respectivos intercambiadores a desnivel. La resolución de estos cruces se realiza con las calles Cochabamba, Cobos e ingreso a Destilería. Este último muy importante por la cantidad de vehículos pesados que lo demandan.
- Al realizar intercambiadores tipo diamantes, se diseñan y verifican los puentes necesarios para levantar la rasante de la Ruta Nacional N°7.
- Respecto a la situación económica se puede verificar que la relación Costo/Beneficio es superior al uno y medio por ciento (1,5%), lo cual hace que el proyecto sea rentable. Otra forma de evaluarlo es en los términos de la tasa interna de retorno que es igual a la ocupada para el cálculo del valor actual neto, esto hace que sea un proyecto factible y el tiempo de recuperación de la inversión sería de 15 años.



Capítulo 10. Bibliografía

AASHTO. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington.

Autodesk. (s.f.). *Software infrawork*. Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com/products/infraworks>

Banco Mundial de Desarrollo. (s.f.). *Banco Mundial de Desarrollo*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/pais/argentina>

Bürkli-Ziegler, A. (1867). *Código de construcción para los edificios nuevos de la ciudad de Suiza*. Zurich, Suiza.

Chow, V. T. (1994). *Hydrologia Aplicada*. Illinois.

DNRPA. (s.f.). *Dirección Nacional de Registro de la Propiedad Automotor*. Obtenido de http://www.dnrpa.gov.ar/portal_dnrpa/boletines_estadisticos2.php#

DNV. (s.f.). *Dirección nacional de Vialidad*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/vialidad-nacional>

Federal Highway Administration de Estados Unidos. (Edición 2010.). *Manual de Capacidad de Carreteras*.

INA. (2005). Instituto Nacional del Agua. <https://www.argentina.gob.ar/ina>.

INDEC. (s.f.). *Instituto Nacional de estadística y Censos*. Obtenido de <https://www.indec.gob.ar/>

Izzard, C. F. (1918). *Método de caudales*.

Jarocki, I. W. (1973). *Periodos de Recurrencia*.

Luchemos por la vida. (s.f.). *Luchemos por la vida*. Obtenido de <https://www.luchemos.org.ar/es/>

Norte, F. (2010). *Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT)*. Mendoza.

SMN. (s.f.). *Servicio Meteorológico Nacional*. Obtenido de <https://www.smn.gob.ar/>